

AWWR-Mitglieder



Die Arbeitsgemeinschaft der Wasserwerke an der Ruhr e.V. (AWWR) ist ein freiwilliger Zusammenschluss von Wasserversorgungsunternehmen, die Wasser aus der Ruhr zu Trinkwasser aufbereiten und dies an die Endverbraucher verteilen.

Hervorgegangen ist die AWWR aus dem 1947 gegründeten „Ausschuss der Ruhrwasserwerke“, der wegen akuten Wassermangels und damals gefährdeter Trinkwasserversorgung vom nordrhein-westfälischen Wirtschaftsminister ins Leben gerufen wurde. 1986 wurde der Ausschuss in AWWR umbenannt. Seit Februar 2010 ist die AWWR ein eingetragener Verein mit einem ehrenamtlichen Präsidium und einem Geschäftsführer. Die Unternehmen zwischen Brilon und Mülheim bündeln so ihre Interessenvertretung und fungieren als Ansprechpartner der Wasserwirtschaft an der Ruhr. Im Fokus steht eine gesicherte Trinkwasserversorgung im Ruhreinzugsgebiet und den aus der Ruhr mit Trinkwasser versorgten Siedlungsgebieten an Lippe, Emscher und Ems. Dabei gilt es auch, die Ruhr als Rohwasserressource für eine naturnahe Wassergewinnung, die zur Trinkwasserversorgung von mehr als 4 Millionen Menschen im Ruhrgebiet sowie im Münsterland und Sauerland dient, nachhaltig zu schützen.

ISSN 1613-4729

AWWR Arbeitsgemeinschaft der Wasserwerke an der Ruhr

100 JAHRE 2013 Ruhrverband WISSEN, WERTE, WASSER

Ruhrgütebericht 2012



AWWR Arbeitsgemeinschaft der Wasserwerke an der Ruhr

c/o Vereinsitz: Wasserwerke Westfalen GmbH Zum Kellerbach 52 58239 Schwerte Telefon (023 04) 95 75-302 Fax (023 04) 95 75-333

Geschäftsstelle: GELSENWASSER AG Willy-Brandt-Allee 26 45891 Gelsenkirchen Telefon (02 09) 708-274 Fax (02 09) 708-708

www.awwr.de

100 JAHRE 2013 Ruhrverband WISSEN, WERTE, WASSER

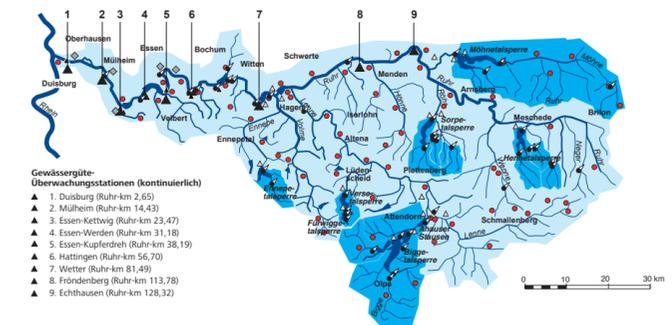
Kronprinzenstraße 37, 45128 Essen Postfach 103242, 45032 Essen Telefon (02 01) 1 78-0 Fax (02 01) 1 78-1425 www.ruhrverband.de

Nachdruck – auch auszugsweise – nur mit Quellenangabe gestattet.

Gedruckt auf umweltfreundlich hergestelltem Papier aus 50% recycelten Fasern.

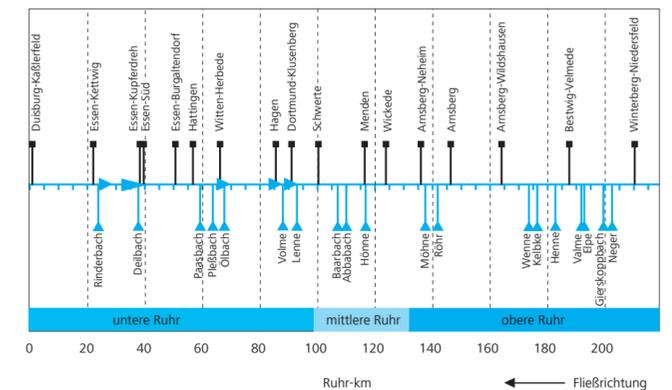
Gewinner des weltweiten AWARD 2010 der internationalen Wasservereinigung IWA: "Best promoted water protection activity"

Abflussganglinie und Abkürzungsverzeichnis auf der Innenklappe

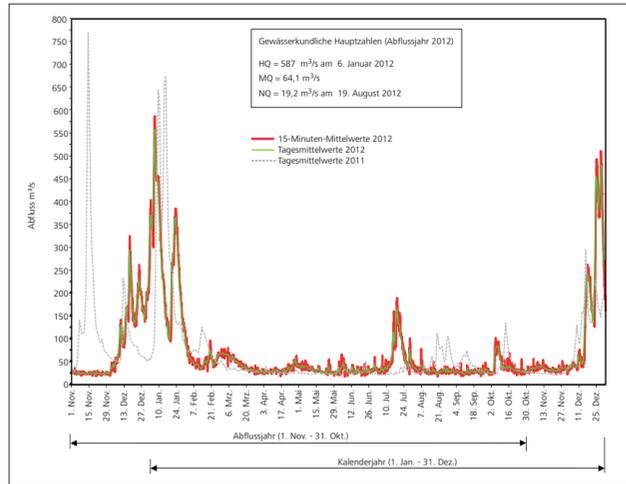


- 8 Talsperren Einzugsgebiete der Talsperren
- 5 Stauseen
- 68 Kläranlagen mit insgesamt 556 Niederschlagswasserbehandlungsanlagen
- 5 Rückpumpwerke
- 47 Gewässerpegel (RV anteilig)
- 17 Wasserkraftwerke
- 9 Gewässergüte-Überwachungsstationen
- 117 Pumpwerke

Charakterisierung des Ruhreinzugsgebiets nach EG-WRRL
 Fläche: 4.485 km²
 Höhenverhältnisse: 20 bis 800 m ü. NN
 Anzahl der Planungseinheiten: 9
 Gesamtlänge der Fließgewässer: ~7.000 km
 Anzahl Gewässer im Einzugsgebiet: > 10 km²: 122
 Anzahl Grundwasserkörper: 30
 185 natürliche und 80 als erheblich verändert ausgewiesene Wasserkörper



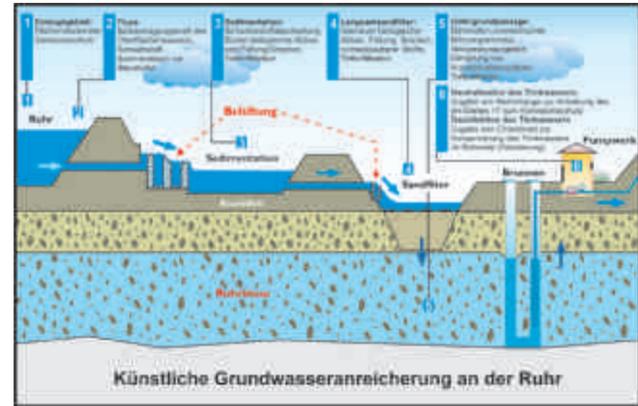
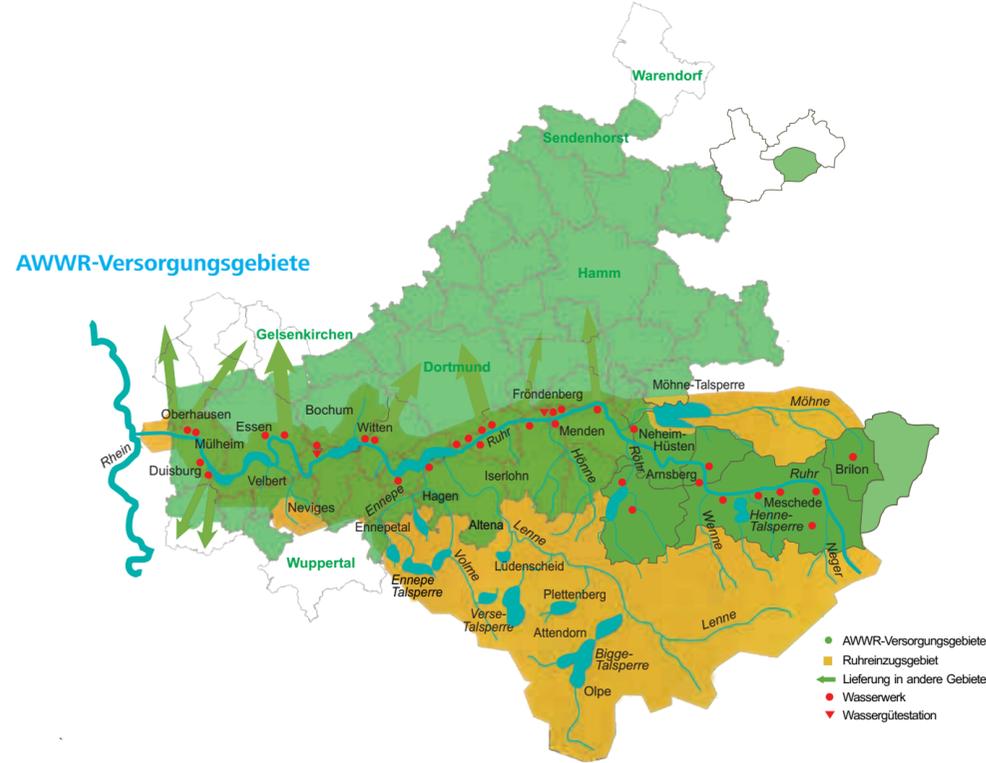
Ruhrgütebericht 2012



15-Minuten-Mittelwerte und Tagesmittelwerte des Abflusses der Ruhr am Pegel Hattingen im Abfluss- und Kalenderjahr 2012
 Runoff means during 15 minutes and 24 hours at the gauging station Hattingen in the water year and calendar year 2012

Abkürzungsverzeichnis

Kurzname	Kenngröße	Einheit	Kurzname	Kenngröße	Einheit
AbfSt	Abfiltrierbare Stoffe	mg/l	o-PO ₄ -P	Orthophosphat-Phosphor (o-Phosphat)	mg/l
AOX	Adsorbierbare Organisch Gebundene Halogene	mg/l	PAK	Polycyclische Aromatische Kohlenwasserstoffe	µg/l
BIAS	Bismutaktive Substanzen (nichtionische Tenside)	mg/kg	PAKf	Gelöste Polycyclische Aromatische Kohlenwasserstoffe	mg/kg
BO ₂ -B	Borat-Bor	mg/l	PBDE	Polybromierte Diphenylether	µg/kg
BSB ₅₍₂₎	Biochemischer Sauerstoffbedarf in 5 (2) Tagen	mg/l	PBSP/PSM	Pflanzenbehandlungs- und Schädlingsbekämpfungsmittel/ Pflanzenschutzmittel	ng/l
BTXE	Aromatische Kohlenwasserstoffe	µg/l	PCB	Polychlorierte Biphenyle	mg/kg
CHLA	Chlorophyll-a	µg/l	PCDD	Polychlorierte Dibenzodioxine	ng/kg
CSB	Chemischer Sauerstoffbedarf (der Gesamtprobe)	mg/l	PCDF	Polychlorierte Dibenzofurane	ng/kg
DEHP	Diethylhexylphthalate	mg/kg	PFT	Perfluorierte Tenside	mg/l
DOC	Gelöster Organisch Gebundener Kohlenstoff	mg/l	pH	pH-Wert	m ³ /s
DTPA	Diethylentriäthylendiamin	µg/l	Q	Abfluss	m ³ /s
EDTA	Ethylendinitriлотetraessigsäure	µg/l	S	Saprobienindex	
EG-WRRL	EG-Wasserrahmenrichtlinie		SAK 254	Spektraler Absorptionskoeffizient bei 254 nm	m ⁻¹
HMWb	Erheblich veränderter Wasserkörper (Heavily Modified Water Body)		SAK 436	Spektraler Absorptionskoeffizient bei 436 nm	m ⁻¹
ISS	Sauerstoffsättigungsindex (relative Sauerstoffsättigung)	%	ST	Sichttiefe	dm
IVF	In vivo Fluoreszenz	mV	TBP	Tributylphosphat	µg/l
K _{s,4.3}	Säurekapazität	mmol/l	TCEP	Tris-(2-chloroethyl)-phosphat	µg/l
LAS	Lineare Alkylbenzolsulfonate	µg/l	TCEP	Tris-(2-chloropropyl)-phosphat	µg/l
LF	Elektrische Leitfähigkeit	µS/cm	TEP	Triethylphosphat	µg/l
LHKW	Leichtflüchtige Halogenkohlenwasserstoffe	µg/l	TIC	Gesamter Anorganisch Gebundener Kohlenstoff	mg/l
MBAS	Methylenblauaktive Substanzen (anionische Tenside)	mg/l	TIN	Gesamter Anorganisch Gebundener Stickstoff	mg/l
MCPA	2-Methyl-4-Chlorphenoxyessigsäure	mg/l	TN	Gesamtstickstoff	mg/l
m	Trockenmasse	g	TOC	Gesamter Organisch Gebundener Kohlenstoff	mg/l
MTBE	Methy-tertiär-Butylether	µg/l	TON	Gesamter Organisch Gebundener Stickstoff	mg/l
NH ₃ -N	Ammonium-Stickstoff	mg/l	TP	Gesamtphosphor	mg/l
NO ₂ -N	Nitrit-Stickstoff	mg/l	TPf	Gesamtphosphor im Filtrat (mit Aufschluss)	µg/l
NO ₃ -N	Nitrat-Stickstoff	mg/l	T _w	Wassertemperatur	°C
NPE	Nonylphenoethoxylate	mg/kg	w ₁	Trockenrückstand	%
NTA	Nitrioltriessigsäure	µg/l			
O ₂	Gelöster Sauerstoff	mg/l			



Kooperation zwischen Landwirtschaft und Wasserwirtschaft im Einzugsgebiet der Ruhr

Zur Durchführung eines vorbeugenden Gewässer- und Bodenschutzes wurde bereits 1992 die Kooperation zwischen Wasserwirtschaft und Landwirtschaft durch die Arbeitsgemeinschaft der Wasserwerke an der Ruhr (AWWR) und die Landwirtschaftskammer Westfalen-Lippe gegründet. Derzeit sind rund 800 Landwirte im Ruhrinzugsgebiet Mitglied dieser Kooperation. Der Landwirt bekundet durch Unterzeichnung einer Kooperationserklärung seine Mitgliedschaft und verpflichtet sich, an der Umsetzung gemeinsam festgelegter Ziele und Aufgaben mitzuwirken.

Ziel der für die Landwirtschaft im Rahmen der Kooperation erbrachten Beratungen im Bereich Pflanzenschutz und Düngung ist es, die Ruhr und ihre Zuflüsse als Trinkwasserreservoir für ca. fünf Millionen Menschen vor schädlichen Einträgen durch Pflanzenbehandlungs- und Düngemittel zu schützen.

Beratungsschwerpunkte im außerlandwirtschaftlichen Bereich sind Verfahren der Flächenpflege ohne den Einsatz von chemischen Wirkstoffen zur Bewuchselimination. Beratungen richten sich hier an den Bürger als möglichen Anwender, Kommunen, Gartenbau- und Verkehrsbetriebe, Straßenbaubehörden, Industrie und Gewerbe sowie Verkaufsstellen für chemische Pflanzenschutzmittel.

Die AWWR-Mitglieder finanzieren diese Kooperation. Mit Einführung des Wasserentnahmeentgeltes in Nordrhein-Westfalen sind diese Aufwendungen verrechnungsfähig.

Ruhrgütebericht **2012**

Bericht des Ruhrverbands	4	Die Arbeitsgemeinschaft der Wasserwerke an der Ruhr e. V. (AWWR) im Jahr 2012	126
<hr/>		<hr/>	
Vorwort	6	Bericht des Vorsitzenden der AWWR	128
<hr/>		<hr/>	
In Kürze	8	13 AWWR-Ausschusstätigkeit	130
<hr/>		– Ausschuss Wassergüte	130
1 Wasserführung der Ruhr	16	– Ausschuss Wassergewinnung und -aufbereitung	132
<hr/>		– Ausschuss Öffentlichkeitsarbeit	133
2 Zeitlich dichte physikalisch-chemische Überwachungen der Ruhr	17	<hr/>	
– Ergebnisse der wöchentlichen Ruhruntersuchungen	17	Beiträge aus Wasserwerken und Institutionen	134
– Messstelle Ruhr bei Essen-Rellinghausen und Gewässerüberwachungsstationen	21	14 Orientierende Untersuchungen über Titan und Silber in der Ruhr bei Schwerte	134
<hr/>		15 Monitoring von organischen Spurenstoffen in der Ruhr	136
3 Die Ruhr und ihre Nebengewässer	30	16 Erweiterung der Wasseraufbereitung im Wasserwerk Langel des Wasserbeschaffungsverbandes Arnsberg	145
– Physikalisch-chemische Ruhrlängsuntersuchung	30	17 Investition in gemeinsame Trinkwasseraufbereitung – Kooperation der Stadtwerke Menden und Fröndenberg	149
– Physikalisch-chemische Untersuchungen gemäß EG-WRRL	37	18 Aktuelle Forschungsansätze für eine nachhaltige und vorsorgende Wasserwirtschaft	153
– Hydrobiologische Untersuchungen	47	<hr/>	
– Trophische Situation in der Ruhr	58	19 Organisation der Arbeitsgemeinschaft der Wasserwerke an der Ruhr e.V. (AWWR)	160
<hr/>		– Mitglieder und ständige Gäste	160
4 Talsperrenuntersuchungen		– Kontakte	160
– Ennepetalsperre	71	– Ausschüsse und Arbeitskreise	161
<hr/>		<hr/>	
5 Organische Mikroverunreinigungen in der Ruhr	80	20 Die AWWR in Zahlen	163
<hr/>		<hr/>	
Spezielle Untersuchungsprogramme	99	21 Analyseergebnisse des Ausschusses Wassergüte	164
6 Auftreten von seltenen Erden (Lanthaniden) im Ruhrwasser	99	– Einführung	164
7 Untersuchungen zur Eliminierung von organischen Mikroverunreinigungen auf der Kläranlage Schwerte	102	– Erläuterung und Kommentierung	166
8 Biologische Nachweisführung zum Einfluss von Einleitungen der Siedlungsentwässerung	110	<hr/>	
9 Maßnahmen des Ruhrverbands aus den Umsetzungsplänen EG-WRRL	115	Auswahl der Veröffentlichungen	206
<hr/>		<hr/>	
10 Registrierte Gewässerverunreinigungen des Jahres 2012	119		
<hr/>			
11 Leistungen der Kläranlagen des Ruhrverbands	120		
<hr/>			
12 Der Ruhrverband in Zahlen	124		
<hr/>			

Report of the Ruhrverband	4	Association of Ruhr Waterworks (AWWR) in 2012	126
<hr/>		<hr/>	
Preface	7	Report of the AWWR Chairman	128
<hr/>		<hr/>	
In brief	12	13 Activities of AWWR committees	130
<hr/>		– Water quality committee	130
1 Flow of the River Ruhr	16	– Water catchment and treatment committee	132
<hr/>		– Public relations committee	133
2 Continuous physico-chemical Ruhr water monitoring	17	Reports from waterworks and institutions	134
– Results of the weekly Ruhr examinations	17	14 Examinations on titanium and silver in	
– Measuring point Ruhr at Essen-Rellinghausen		the Ruhr at Schwerte	134
and water monitoring stations	21	15 Monitoring of organic trace substances in the Ruhr	136
<hr/>		16 Expansion of water treatment at the waterworks	
3 The Ruhr and its tributaries	30	Langel of the water association Arnsberg	145
– Physico-chemical examinations along the Ruhr	30	17 Investments into the joint drinking water treatment	
– Physico-chemical examinations in line with the		– cooperation of the municipal utilities Menden	149
European Water Framework Directive	37	and Fröndenberg	
– Hydrobiological examinations	47	18 Current research approaches to a sustainable	
– Trophic situation in the Ruhr	58	and provident water management	153
<hr/>		<hr/>	
4 Reservoir examinations		19 Structure of the AWWR	160
– Ennepe Reservoir	71	– Members and permanent guests	160
<hr/>		– Contacts	160
5 Organic micropollutants in the Ruhr	80	– Committees and working groups	161
<hr/>		<hr/>	
Special research programmes	99	20 The AWWR – facts and figures	163
6 Occurrence of rare-earth metals (lanthanides)		<hr/>	
in the Ruhr’s water	99	21 Analytical findings of the water quality committee	164
7 Examinations on the elimination of		– Introduction	164
organic micropollutants at the		– Explanation and annotation	166
sewage treatment plant Schwerte	102	<hr/>	
8 Biological verification procedure on the impact of		Selection of publications	206
inflow from urban drainage	110	<hr/>	
9 Ruhrverband measures from the EU Water			
Framework Directive implementation plans	115		
<hr/>			
10 Registered cases of water pollution in 2012	119		
<hr/>			
11 Performance of the Ruhrverband’s sewage			
treatment plants	120		
<hr/>			
12 The Ruhrverband – facts and figures	124		
<hr/>			



Spillenburger Wehr bei Essen-Steele und Gebäude des Wasserwerks Essen-Überruhr



Im 100. Jahr seines Bestehens veröffentlicht der Ruhrverband gemeinsam mit der Arbeitsgemeinschaft der Wasserwerke an der Ruhr (AWWR) zum 40. Mal den Ruhrgütebericht. Der vorliegende Bericht informiert die Fachöffentlichkeit und den interessierten Bürger transparent und nachvollziehbar über den aktuellen Zustand der Ruhr und ihrer Nebengewässer. Nach 100 Jahren Wasserwirtschaft an der Ruhr ist festzustellen: Das Ruhrwasser hat in Bezug auf die biologisch abbaubaren organischen Stoffe, ebenso wie auf die Nährstoffe und auch bei den meisten Schwermetallen, nach den Maßstäben der Europäischen Wasserrahmenrichtlinie (EG-WRRL) ein gutes bis sehr gutes Qualitätsniveau erreicht.

Die im Ruhrgütebericht dokumentierten Messwerte geben den wasserwirtschaftlichen Akteuren und der Politik auch Hinweise für die Optimierung zukünftigen Handelns. Deswegen wird beispielsweise der Analyse, Bewertung und Dokumentation organischer Mikroverunreinigungen im Ruhrgütebericht ein immer größerer Stellenwert beigemessen. Die Bedeutung hat angesichts zunehmender gesetzlicher Regelungen im europäischen und nationalen Bereich und der gestiegenen Sensibilität für das Thema zugenommen. In den unterschiedlichen Messprogrammen werden über 300 organische Einzelverbindungen erfasst. Die Bewertung zeigt, dass die große Mehrzahl der Stoffe für die Ruhr keine Relevanz hat. Aufgrund immer neuer chemischer Stoffe, die verwendet werden und die dann auch zwangsläufig in den Wasserkreislauf gelangen, muss das Untersuchungsprogramm zu den organischen Mikroverunreinigungen stetig angepasst werden. In diesem Jahr wurden eine Reihe synthetischer Süßstoffe in das Prüfprogramm aufgenommen. Biozide und Pflanzenschutzmittel bilden die größte Gruppe des Messprogramms organischer Mikroverunreinigungen im Ruhrwasser. Sämtliche Werte dieser Gruppe lagen unter den Grenzwerten der Trinkwasserverordnung und den Anforderungen der Oberflächengewässerverordnung (OGewV).

Am 2. Juli 2013 hat der Europäische Rat zwölf neue Substanzen in die Liste der prioritären Stoffe aufgenommen und bereits existierende Werte zum Teil verschärft. Für die neuen Stoffe werden die maximal zulässigen Konzentrationen in Oberflächengewässern, die in den Umweltqualitätsnormen (UQN) festgelegt wurden, ab 2018 in Kraft treten. Die EU-Mitgliedsstaaten sind nun verpflichtet, der Kommission bis 2018 zusätzliche Maßnahmen- und Überwachungsprogramme vorzulegen. Zwar begrüßt der Ruhrverband grundsätzlich die Anstrengungen der EU zur Stärkung des europäischen Gewässerschutzes. Allerdings definiert die neue Verordnung für Mikroverunreinigungen in Gewässern Grenzwerte bis hinunter in den Piko- und Femtogrammbereich. Diese Vorgaben basieren größtenteils auf den Ergebnissen ökotoxikologischer Tests. Sie heben darauf ab, alle Wasserlebewesen, auch sehr empfindliche, zu schützen, und beinhalten deshalb in vielen Fällen hohe Sicherheitsfaktoren. Die neuen und verschärften UQN für Mikroverunreinigungen in unseren Flüssen und Seen sind damit oft um ein Vielfaches schärfer als die Anforderungen an unser Trinkwasser! Über ihre Angemessenheit gibt es unterschiedliche Auffassungen. Zusätzlich ist problematisch, dass Piko- und Femtogrammkonzentrationen zwar abgeleitet, aber selbst mit der modernen hochsensitiven Analytik bisher nicht bestimmt werden können. Eine Kontrolle, ob solch niedrige Grenzwerte eingehalten werden, ist daher in etlichen Fällen nicht möglich.

Mindestens acht von zwölf der neu in die Prioritätenliste aufgenommenen Stoffe, also der größte Teil, gelangen weit überwiegend über diffuse Quellen in unsere Gewässer. Die Konzentrationen dieser Stoffe

in den Oberflächengewässern können daher durch weitergehende Maßnahmen auf kommunalen Kläranlagen nicht nennenswert verringert werden. Hinzu kommt, dass aufwendige Verfahren der Abwasserreinigung, wie der Ruhrverband sie derzeit in einem groß angelegten Versuchsvorhaben auf der Kläranlage Schwerte erprobt, Mikroverunreinigungen zwar minimieren, aber nicht restlos aus dem Abwasser entfernen können. Konsequenterweise müssten die neuen UQN daher zu einem Anwendungsverbot der Stoffe führen. Es ist davon auszugehen, dass die Ruhr, genauso wie viele andere deutsche Flüsse, etliche Werte der neuen Verordnung nicht unterschreiten wird.

Die derzeit diskutierte Aufsuchung und Gewinnung unkonventioneller Erdgasvorkommen mittels Fracking birgt ein hohes Gefährdungspotenzial für das Grund- und Oberflächenwasser im Ruhreinzugsgebiet. Beim Fracking wird mit Chemikalien versetztes Wasser mit hohem Druck in Bohrlöcher gepresst, um das im Gestein gespeicherte Erdgas zu gewinnen. Zusätzlich kann mit Metallen belastetes Tiefenwasser freigesetzt werden. Die Vorschläge der Bundesregierung, die das Fracking nur in Wasserschutzzonen verbieten will, reichen nicht aus, um bei der Trinkwassergewinnung aus Oberflächenwasser die Wasserressourcen zu schützen. Im Ruhrgebiet und im Sauerland wird Trinkwasser überwiegend aus Flüssen und Seen, d. h. aus Oberflächengewässern, gewonnen. Das Flusssystem der Ruhr versorgt mehr als vier Millionen Menschen mit Trinkwasser. Schadstoffeinträge in die Ruhr, deren Einzugsgebiet nur zu 8 % aus Wasserschutzgebieten besteht, können bei einer Schadstoffeinleitung daher verheerende Wirkungen auslösen, auch wenn der Schadstoffeintrag außerhalb des Wasserschutzgebietes stattgefunden hat.

Aufgrund der an der Ruhr vorhandenen zahlreichen Trinkwasserentnahmestellen durchquert der Fluss auf seinem Weg zum Rhein innerhalb kurzer Zeit zahlreiche Wasserschutzgebiete. Je nach räumlicher Lage eines Schadstoffeintrags können dabei sogar eine Vielzahl von Wasserschutzgebieten und somit Wasserwerken betroffen sein. Der Ruhrverband fordert daher, ein Frackingverbot für die Einzugsgebiete von Flüssen, Talsperren und Seen einzurichten, die der öffentlichen Wasserversorgung dienen.

Den Akteuren der Wasserwirtschaft an der Ruhr danken wir für ihre stetigen Bemühungen zur Verbesserung und Erhaltung der Ruhrwasserqualität. Wir wünschen allen Lesern des vorliegenden Ruhrgüteberichts eine anregende Lektüre.



Prof. Dr.-Ing. Harro Bode,
Vorstandsvorsitzender
des Ruhrverbands



*Professor Dr.-Ing.
Harro Bode*

In the year of its 100th anniversary, the Ruhrverband publishes the Ruhr Water Quality Report together with the Association of Ruhr Waterworks (AWWR) for the 40th time. This report informs the expert community as well as the general public about the current state of the Ruhr and its tributaries in a transparent and comprehensible manner. After 100 years of water management along the Ruhr, it can be stated that the Ruhr's water reaches a high to very high quality level in terms of biologically degradable organic substances and nutrients, and also regarding most heavy metals in accordance with the European Water Framework Directive.

The measured values documented in the Ruhr Water Quality Report serve as an indication for water management stakeholders and the political community on how to optimize their future actions. This is why an increasing importance is for example attached to the analysis, evaluation and documentation of micropollutants in the Ruhr Water Quality Report. They have become ever more significant in view of the rising number of legal regulations on a European and a national level and the raised awareness for this issue. More than 300 organic single compounds are being monitored with the different measuring programmes. Their evaluation shows that the majority of substance has no relevance for the Ruhr. Due to ever new chemical substances, which are being used and inevitably end up in the water cycle, the monitoring programme for organic micropollutants needs to be constantly adapted. This year, a number of synthetic sweeteners have been included in the programme. Biocides and crop protection agents account for the largest group of substances within the measuring programme of organic micropollutants in the Ruhr's water. All values for this group were below the threshold values of the Drinking Water Regulation and were in line with the requirements of the Surface Water Regulation.

On July 2, 2013, the European Council put 12 new compounds on the list of priority substances and partly tightened existing values. The permissible maximum concentrations in surface waters for the new substances have been laid down in the Environmental Quality Standards and will enter into force in 2018. All EU Member States are now required to put forward additional monitoring and action programmes to the European Commission by 2018. The Ruhrverband does generally welcome the European Union's efforts to strengthen European water protection. The new regulation, however, defines threshold values for

micropollutants in waters going down to picograms and femtograms. These requirements are largely based on the results of ecotoxicological tests. They are designed to protect all aquatic creatures, even very sensitive ones, and therefore in many cases include high safety measures. The new and tightened Environmental Quality Standards for micropollutants in rivers and lakes have therefore become in many cases several times stricter than the requirements for our drinking water! There are different opinions regarding their appropriateness. An additional problem lies in the fact that concentrations in the pico- to femtogram ranges can only be deducted. So far tough, they cannot be determined, not even with modern highly sensitive analytics. To control whether these low threshold values are being met or not is therefore impossible in many cases.

At least eight out of the 12 new substances on the priority list, and thus the majority, mostly make it into our water from diffuse sources. That's why the surface water concentrations of these substances cannot be reduced to a significant extent by stepping up the measures on municipal sewage treatment plants. In addition, elaborate water treatment processes – like those which the Ruhrverband is currently testing in a large-scale trial project at the sewage treatment plant Schwerte – can only minimize micropollutant concentrations but not completely eliminate them from the wastewater. As a consequence, the new Environmental Quality Standards would have to lead to a complete ban on these substances. It can be expected that the Ruhr, just like many other German rivers, will not come below many of the values laid down in the new regulation.

The detection and extraction of unconventional natural gas resources through fracking, or hydraulic fracturing, which is currently under discussion, harbours a great risk potential for the ground and surface water in the Ruhr catchment area. During the fracking process, highly pressurized fluids consisting of water and chemicals are being injected into drill holes in order to extract the natural gas stored in the rocks. In addition, this may release deep water loaded with metals. Suggestions from Germany's Federal Government to only ban fracking in water protection areas are not sufficient to protect our water resources for the drinking water abstraction from surface water. In the Ruhr area and the Sauerland region, drinking water is mostly sourced from rivers and lakes and thus surface water. The Ruhr's river system supplies drinking water for more than four million people. Contaminations with harmful substances in the Ruhr can therefore trigger devastating effects, even if the input happened outside of water protection areas, which only account for 8 % of the Ruhr's catchment area.

Due to the high number of drinking water abstraction points along the Ruhr, the river passes through many water protection areas within a short amount of time on its way to the Rhine. Depending on the location of the input of pollutants, a high number of water protection areas and thus waterworks could be affected. The Ruhrverband therefore demands a fracking ban for the catchment areas of rivers, reservoirs and lakes which contribute to public water supply.

We thank all water management stakeholders along the Ruhr for their constant commitment to improving and maintaining the Ruhr's water quality. We hope that this Ruhr Water Quality Report will be an inspiration for all its readers.

Wasserführung der Ruhr

Die meteorologisch geprägte Wasserführung eines Gewässers beeinflusst maßgeblich seine aquatische Flora und Fauna sowie sämtliche Nutzungen. Zur Abmilderung negativer Auswirkungen extrem hoher oder extrem niedriger Abflüsse betreibt der Ruhrverband ein entsprechend gesteuertes Talsperrenverbundsystem. Das Abflussjahr 2012 wies wie das Vorjahr – wenn auch in anderer zeitlicher Verteilung – extreme Abflussgegensätze auf. Der November 2011 war der trockenste November seit 100 Jahren und es herrschte Zuschusspflicht aus den Talsperren. Im Dezember 2011 fiel nahezu doppelt so viel Niederschlag wie im langjährigen Mittel und die Böden waren mit Wasser gesättigt. So kam es im Januar 2012 nach mehrtägigen Niederschlägen zu einem Hochwasserereignis ($HQ_{2012} = 587 \text{ m}^3/\text{s}$ am 6.1.2012, Pegel Hattingen). Niedrigwasserphasen lagen von April bis Juni und von August bis September vor. Der mittlere Abfluss am Pegel in Hattingen betrug im Berichtsjahr $64,1 \text{ m}^3/\text{s}$ und lag damit um gut 9 % unter dem langjährigen Mittel von $MQ_{1968-2011} = 70,7 \text{ m}^3/\text{s}$.

Zeitlich dichte physikalisch-chemische Überwachung der Ruhr

Zeitlich dichte Ruhrüberwachungen erfolgen einmal wöchentlich an sieben Probenahmestellen in der mittleren und unteren Ruhr und dreimal wöchentlich an der Probenahmestelle Essen-Rellinghausen sowie mittels neun kontinuierlich arbeitenden Messstationen entlang der Ruhr. Die Analyseergebnisse werden anhand festgelegter Qualitätskriterien aus dem Leitfaden „Monitoring Oberflächengewässer“ des Landes NRW sowie aus der Oberflächengewässerverordnung bewertet. Weitere Beurteilungen basieren auf der Fischgewässerverordnung, den LAWA Zielvorgaben sowie ergänzend auf der Trinkwasserverordnung.

Hinsichtlich der Allgemeinen Chemisch-Physikalischen Parameter (ACP) erreichten an der Probenahmestelle Essen-Rellinghausen der BSB_5 (ohne ATH) und der TOC einen „sehr guten“ Zustand, die Kenngrößen Wassertemperatur, Sauerstoffgehalt, Chlorid, Ammonium-Stickstoff, Gesamt- und o-Phosphat wurden mit „gut“ bewertet. Anlässlich der Algenentwicklung im Frühjahr überschritt der pH-Wert einige Male den Wert von 8,5 und ergab nur den Zustand „mäßig“. Die Schwermetalle Blei, Nickel und Chrom wurden mit „sehr gut“, Cadmium und Quecksilber mit „gut“ sowie Kupfer und Zink mit „mäßig“ bewertet.

Selbst die Anforderungen der Trinkwasserverordnung und der Fischgewässerverordnung wurden in der Ruhr für alle untersuchten Größen vollständig eingehalten. Die Kenngrößen Kupfer, Zink, Cadmium und Nitrat-Stickstoff überschritten in 2012 allerdings die noch schärferen und als Orientierung dienenden LAWA-Zielvorgaben.

Physikalisch-chemische Ruhrlängsuntersuchungen

Die 13 mal jährlich an zwölf repräsentativen Stellen durchgeführten Untersuchungen der Ruhr spiegeln sowohl die räumliche als auch die zeitliche Variabilität der Messgrößen wider, die durch

unterschiedliche meteorologische und hydrologische Bedingungen sowie verschiedene Belastungssituationen geprägt werden. Für die meisten Größen ergaben sich vergleichsweise niedrige Schwankungen, da auch die Abflüsse über ausgedehnte Zeitintervalle nur wenig schwankten. Hingegen wiesen die von den biologischen Prozessen Primärproduktion und Biomassenabbau beeinflussten Kenngrößen BSB_5 , CSB, pH-Wert, Sauerstoff, Phosphor, Ammonium- und Nitrat-Stickstoff während der Algenentwicklung im Frühjahr eine größere Bandbreite der Werte auf.

Bei fast allen physikalisch-chemischen Kenngrößen lag nach den Kriterien der EG-WRRL ein „guter“ bzw. „sehr guter“ Zustand vor. Lediglich die Konzentrationen der Schwermetalle Zink und Cadmium, die vor allem durch die geogene Hintergrundbelastung im östlichen Teil des Einzugsgebiets geprägt werden, führten im Oberlauf der Ruhr zu „mäßigen“ bis teilweise „schlechten“ Einstufungen. Im Unterlauf verbesserte sich die Bewertung bis zu „mäßig“ oder „gut“.

Physikalisch-chemische Untersuchungen gemäß EG-WRRL

Die Ruhr und ihre Nebengewässer wurden gemeinsam vom Ruhrverband und vom LANUV im Rahmen des operativen Monitorings nach EG-WRRL untersucht. In 2012 erfolgte dies an 62 Fließgewässern mit Einzugsgebieten $\geq 10 \text{ km}^2$. Hierbei führte der Ruhrverband an 48 Gewässern 164 Probenahmen durch. Die Bewertung der Untersuchungsbefunde erfolgte gemäß der Oberflächengewässerverordnung Anlage 5, 6 und 7 sowie des „Leitfadens Monitoring Oberflächengewässer des Landes NRW“ Anlage D4 und D5.

An den in 2012 untersuchten Messstellen lag für die meisten Kenngrößen überwiegend der Zustand „gut“ oder „sehr gut“ vor. Die Konzentration des geogenen aber auch anthropogen beeinflussten Schwermetalls Zink entsprach nur an 65 % der Probenahmestellen einem „guten“ oder „sehr guten“ Zustand, 9 % der Stellen wurden mit „schlecht“ eingestuft. Hingegen erreichten 83 % der Messungen für gelöstes Cadmium die Bewertung „gut“ oder „sehr gut“. Das Schwermetall Kupfer, dessen Konzentration neben der geogenen Herkunft deutlich durch gereinigte Abwässer aus kommunalen Kläranlagen geprägt ist, erreichte in 2012 an 90 % der Messstellen den Zustand „gut“ und „sehr gut“, an keiner die Bewertung „schlecht“.

Vorwiegend während der Vegetationsperiode im Frühjahr traten an einigen Stellen geringfügig erhöhte pH-Werte auf. Für den Pflanzennährstoff Phosphor verfehlten lediglich 13 von 99 Probenahmestellen den Zustand „gut“ oder „sehr gut“.

An einigen ausgewählten Messstellen wurden weitere flussgebietspezifische, prioritäre und gesetzlich nicht verbindliche Stoffe analysiert. Eine Einstufung mit „mäßig“ oder schlechter erfolgte nur selten. Auffällig waren dann meist das Antirheumatikum Ibuprofen, das Antibiotikum Clarithromycin, das Röntgenkontrastmittel Iopamidol sowie vereinzelt das Schmerzmittel Diclofenac.

Hydrobiologische Untersuchungen

Eine wichtige Komponente zur Beschreibung des ökologischen Gewässerzustands ist die Zusammensetzung der Wirbellosenfauna (Makrozoobenthos) mit den Modulen „Saprobie“, „Allgemeine Degradation“ und „Versauerung“. Von den 90 Probenahmestellen, die im Jahr 2012 nach EG-WRRL an den Nebengewässern und an einzelnen Abschnitten der Ruhr gemeinsam vom Ruhrverband und LANUV hydrobiologisch untersucht wurden, konnten bis auf zwei Stellen alle hinsichtlich des saprobiellen Zustands mit „gut“ oder „sehr gut“ bewertet werden. Seit 2007 liegt der Anteil der bisher untersuchten Stellen mit der Bewertung „gut“ oder „sehr gut“ bei konstant rund 95 %.

Die „Allgemeine Degradation“ wird geprägt durch Gewässerstrukturen, die im Falle der Ruhr durch Siedlungstätigkeiten, Hochwasserschutz, Wasserkraftnutzung, Schifffahrt, Trinkwassergewinnung und weitere Nutzungen verändert sind. Im Zeitraum 2007 bis 2012 wiesen 317 von den insgesamt 644 untersuchten Probenahmestellen (49 %) einen „guten“ bis „sehr guten“ Zustand auf.

Trophische Situation in der Ruhr

Das Jahr 2012 zeichnete sich durch eine fast ganzjährig leicht überdurchschnittliche Globalstrahlung aus. Vor allem in den Monaten März und April kam es bei niedrigen Abflüssen und son-nigem Wetter zu deutlichem Algenwachstum in der unteren Ruhr. Trotzdem blieb im Gegensatz zu 2011 der Saisonmittelwert für die Chlorophyll-a-Konzentration an der Probenahmestelle Essen-Rellinghausen wieder unter 20 µg/l, was als Schwellenwert für planktonführende Fließgewässer in NRW angesehen wird.

Dem Wachstum des Phytoplanktons wirkt die Fraßaktivität des algivoren Zooplanktons regulierend entgegen. Vor allem im Balde-neysee trat im Mai eine deutliche Verringerung der Algenpopulati-on auf, was auf den Fraßdruck des Zooplanktons zurückzuführen ist.

Im Berichtsjahr traten in den oberen drei Stauseen im Sommer ausgedehnte Makrophytenbestände auf. Sie werden immer noch von *Elodea nuttallii* dominiert, jedoch durchsetzt die heimische Igelkolbenart *Sparganium emersum* zunehmend die Bestände. Der Baldeneysee blieb wie in 2011 im Phytoplankton-dominierten Zustand. Erst relativ spät im Jahr bildeten sich dort lokal kleinere, vom einfachen Igelkolben dominierte Makrophytenbestände.

Talsperrenuntersuchungen - Ennepetalsperre

Die Ennepetalsperre wird hauptsächlich zur Trinkwassergewin-nung sowie zur Energieerzeugung genutzt. Das Einzugsgebiet weist eine für die Trinkwassergewinnung günstige Nutzungsstruk-tur auf. In den vier Jahren nach der Sedimenträumung des Enne-pe-Vorbeckens 2008 nahm die Phosphorkonzentration stetig ab. Im Vorbecken lag die Konzentration mit 20 µg/l in 2012 um rund 20 % unter den Werten vor der Sedimenträumung.

Im Berichtszeitraum war die Häufigkeit von Niederschlägen mit Abschwemmungen aus landwirtschaftlich genutzten Flächen ger-ing, so dass die eingetragenen Frachten an Phosphor und Stick-stoff auf einem niedrigen Niveau blieben. Daher war die Algen-produktion in 2012 vergleichsweise gering. Im Frühjahr dominierten Kieselalgen, während sich im Sommer ein arten-reiches Plankton entwickelte. Der Anteil an Grün- und Blaualgen ist rückläufig, was auf ein an oligo- bis mesotrophe Verhältnisse angepasstes Algenspektrum hindeutet.

Organische Mikroverunreinigungen in der Ruhr

Von der Vielzahl Flüchtiger Organischer Stoffe (VOC), die im Ruhr-wasser an der Probenahmestelle Essen-Rellinghausen und anläss-lich der Längsuntersuchungen bestimmt werden, lagen die Kon-zentrationen der meisten Komponenten unterhalb der jeweiligen Bestimmungsgrenzen. Beim Tetrachlorethen wurden allerdings häufiger Konzentrationen oberhalb der Bestimmungsgrenze von 0,01 µg/l gefunden. Sie blieben aber auf sehr niedrigem Niveau (Höchstwert in der Ruhr bei Essen 0,03 µg/l). Auch der Benzinzusatzstoff MTBE konnte bei den Längsuntersuchungen vereinzelt, an der Probenahmestelle in Essen-Rellinghausen in 70 % der un-tersuchten Proben gefunden werden. Die Konzentrationen be-wegten sich aber meist nahe der Bestimmungsgrenze von 0,01 µg/l auf sehr niedrigem Niveau.

Kurzkettige Chloralkane werden in der Ruhr seit 2010 untersucht. Bei einer Umweltqualitätsnorm von 0,4 µg/l (Jahresmittel) und ei-ner Bestimmungsgrenze von 0,1 µg/l konnten bisher noch keine Konzentrationen oberhalb der Bestimmungsgrenze gemessen werden.

Bisphenol A gehört zu den endokrin wirksamen Substanzen. Es wird weltweit in großen Mengen produziert und in vielen Pro-dukten, vor allem in Kunststoffen, verwendet. In 95 % der in 2012 untersuchten Ruhrwasserproben konnte diese Substanz oberhalb der Bestimmungsgrenze von 0,005 µg/l analysiert wer-den. Der höchste gemessene Einzelwert lag bei 0,097 µg/l an der Überwachungsstation Hattingen.

Polycyclische Aromatische Kohlenwasserstoffe entstehen bei der unvollständigen Verbrennung fossiler Brennstoffe und gelangen überwiegend durch anthropogene Aktivitäten diffus in die Um-welt. Im Ruhrwasser sind viele relevante Verbindungen dieser Stoffgruppe ganzjährig oberhalb der Bestimmungsgrenze von 0,001 µg/l messbar. Die Konzentrationen liegen aber sämtlich weit unter den Umweltqualitätsnormen für Einzelkomponenten und ausgewählte Summenwerte. In der Ruhr bei Duisburg ist aus den Konzentrationsdaten der vergangenen zwölf Jahre ein abneh-mender Trend zu verzeichnen.

In 2012 wurde wiederum eine Auswahl von Medikamentenrück-ständen und Diagnostika im Ruhrwasser untersucht. Die meisten der analysierten Substanzen traten in Konzentrationen oberhalb der jeweiligen Bestimmungsgrenze auf. In Fließrichtung der Ruhr zeigten alle Arzneimittelrückstände die erwartete Zunahme der Konzentration als Folge des steigenden Anteils an gereinigtem

Abwasser. Die Röntgenkontrastmittel Iomeprol, Iopamidol und Amidotrizoesäure wiesen von den untersuchten Diagnostika und Arzneimitteln mit 0,91 t bzw. 0,60 t bzw. 0,51 t die höchsten Jahresfrachten bei Essen-Rellinghausen auf. Der Betablocker Metoprolol lag mit 0,28 t geringfügig niedriger als in den beiden Vorjahren. Die Arzneimittel Diclofenac, Carbamazepin und Sulfamethoxazol blieben mit Jahresfrachten zwischen 0,10 und 0,13 t auf Vorjahresniveau.

Die überwiegend als Korrosions- und Frostschutzmittel eingesetzte Stoffgruppe der Benzotriazole weist eine schlechte Abbaubarkeit auf. So werden die Substanzen dieser Stoffgruppe in vielen Gewässern gefunden. In der Ruhr ist vor allem das 1H-Benzotriazol immer oberhalb der Bestimmungsgrenze messbar. Unterhalb von Meschede stieg die Konzentration bis zur Mündung hin merklich an und erreichte bei Essen-Rellinghausen einen Median von 0,95 µg/l. Die Jahresfracht betrug an dieser Stelle rund 1 t.

Synthetische Süßstoffe wurden 2012 erstmalig im Ruhrwasser untersucht. Aus humantoxikologischer Sicht sind keine Wirkungen zu erwarten. Ökotoxikologische Daten sind kaum bekannt. Während Cyclamat und Saccharin in Kläranlagen gut abgebaut werden, trifft dies für Acesulfam und Sucralose nicht zu. In der Ruhr bei Essen-Rellinghausen wurden im Mittel für Acesulfam 3,95 µg/l, für Saccharin 0,34 µg/l, für Sucralose 0,27 µg/l und für Cyclamat 0,17 µg/l gemessen.

Die Perfluorierten Tenside (PFT) gehören zu den Mikroverunreinigungen, deren Konzentrationen im Ruhrwasser in den vergangenen Jahren stetig abnahmen. Dieser Trend hielt auch im Berichtsjahr an. Zum Jahresende 2012 betrug der Gehalt für die Summe von PFOA und PFOS im Hauptbecken der Möhnetalsperre nur noch 40 ng/l, was bezogen auf das Jahr 2007 einen Rückgang von 90 % bedeutet. In der Ruhr bei Essen betrug der Jahresmittelwert für die Konzentration von PFOA <10 ng/l, für die von PFOS 14 ng/l. Aufgrund von Substitutions- und Rückhaltmaßnahmen, vor allem im metallbe- und -verarbeitenden Gewerbe, sank die Emission der PFT, insbesondere von PFOS aus den kommunalen Kläranlagen. In 2012 betrug die emittierte Fracht aus allen Verbandskläranlagen durchschnittlich rund 31 g/d, was gegenüber dem Vorjahr eine Verminderung um mehr als 40 % bedeutet.

Auftreten von seltenen Erden (Lanthaniden) im Ruhrwasser

Seltene Erden zählen zu den Metallen, die in der Erdkruste zwar erheblich häufiger vorkommen als beispielsweise Gold, größere Lagerstätten geeigneter Mineralien gibt es aber nur selten. Die betreffenden 17 Elemente werden überwiegend als Zusatzstoffe in Legierungen, Leuchtfarbstoffen, Beschichtungen sowie in vielen Gebrauchsmaterialien verwendet. Speziell das Gadolinium wird in der diagnostischen Medizin (Kontrastmittel in der Kernspintomographie) eingesetzt und gelangt über das kommunale Abwasser in die Umwelt.

Im Berichtsjahr wurden im Ruhrwasser 16 seltene Erden bei den Längsuntersuchungen analysiert. Sechs Elemente (Cer, Gadolinium, Lanthan, Neodym, Samarium und Yttrium) konnten an allen

Probenahmestellen mit Medianwerten oberhalb der Bestimmungsgrenze von 0,01 µg/l gemessen werden. Gadolinium zeigt wie auch andere persistente Diagnostika in Fließrichtung der Ruhr ansteigende mediane Konzentrationen. Bei den anderen Elementen schwankten deren Konzentrationen entlang des Fließweges unregelmäßig.

Untersuchungen zur Eliminierung von organischen Mikroverunreinigungen auf der Kläranlage Schwerte

Bei der konventionellen biologischen Abwasserreinigung werden viele Mikroverunreinigungen nicht oder nur geringfügig eliminiert. Mit Hilfe von weitergehenden physikalischen-chemischen Verfahren ist in vielen Fällen eine deutliche Abreicherung dieser Verbindungen im Abwasser möglich. Auf der Kläranlage Schwerte wird seit Oktober 2010 eine großtechnische Versuchsanlage betrieben, die oxidativ mittels Ozon oder/und adsorptiv mittels Aktivkohle Abwasserinhaltsstoffe, insbesondere Spurenstoffe, im Verfahren der „Dynamischen Rezirkulation“ eliminiert. In 2012 standen vor allem Fragen zu Einfluss- und Steuergrößen, Grundlagen der Betriebsoptimierung und Aufwandsbetrachtungen im Fokus.

Mit Hilfe von Aktivkohle lassen sich für die untersuchten Leitsubstanzen deutlich höhere Eliminationen erreichen, als bei einer konventionellen biologischen Abwasserreinigung. Eine Steigerung der Aktivkohledosierung erhöht die Eliminationsleistung, sie nähert sich aber zunehmend einem stoffspezifischen Niveau infolge der Beladung. Die Aktivkohle hat in den verwendeten Dosierungen auf die Biozönose des Belebtschlammes hinsichtlich der Flockenstruktur und der Nitrifikations- sowie Denitrifikationsleistung keine negativen Auswirkungen.

Die oxidative Elimination von Mikroverunreinigungen durch Ozon ist schwerer steuerbar als die Aktivkohlezugabe. Die untersuchten Stoffe sprechen ebenfalls sehr unterschiedlich auf Ozon an. Bei einer geringen Ozondosis von 2 mg/l lassen sich Diclofenac oder Carbamazepin zu über 90 % eliminieren, andere Stoffe wie TCP oder Amidotrizoesäure bleiben nahezu unbeeinflusst. Bei höheren Ozondosen steigt die Eliminationsleistung, nähert sich wie bei der Aktivkohle aber einem stoffspezifischen Niveau. Bei den verwendeten Ozonkonzentrationen konnte aufgrund von Vorversuchen eine Schädigung der Biozönose des Belebtschlammes ausgeschlossen werden.

Durch eine Kombination der adsorptiven und oxidativen Elimination von Mikroverunreinigungen lässt sich der Wirkungsgrad gegenüber der jeweils einzelnen Behandlung steigern. Die adsorptive Entfernung ist der dominierende Eliminationsprozess.

Biologische Nachweisführung zum Einfluss von Niederschlagswassereinleitungen

Im Rahmen der so genannten „Integralen Entwässerungsplanung“ (IEP) werden die Einzugsgebiete der Kläranlagen des Verbandsgebietes wasserwirtschaftlich und im Hinblick auf die Kostensituation ganzheitlich optimiert. Mit gewässerökologischen Untersuchungen lassen sich im Bereich von Einleitungsstellen sowie im

weiteren Gewässerverlauf mögliche Einflüsse aus der Siedlungs-entwässerung erkennen und deren Ursache ermitteln. Die biologische Nachweisführung erfolgt mittels des für die Umsetzung der EG-WRRL entwickelten Untersuchungs- und Bewertungsverfahrens PERLODES. Dieses multimetrische Verfahren erlaubt es anhand der Makrozoobenthosbesiedlung unter anderem nachzuweisen, ob durch die Einleitung aus einer Siedlungsentwässerung der Sauerstoffhaushalt im Gewässer beeinflusst wird, ob ein biologisch wirksamer Austrag organischer oder anorganischer abfiltrierbarer Feststoffe erfolgt oder das Gewässer hydraulisch kritisch belastet wird.

Zum Beispiel zeigten Untersuchungen unterhalb der Kläranlage Warstein im Gewässer eine Zunahme des Anteils von Filtrierern. Nähere Untersuchungen ergaben, dass nicht der Ablauf der Kläranlage, sondern ein auf dem Gelände der Anlage befindliches Regenrückhaltebecken, aus dem Plankton ins Gewässer eingetragen wurde, dafür verantwortlich war. Durch eine Änderung der Betriebsweise konnte der negative Effekt der Einleitung beseitigt und Aufwand für eine Vergrößerung des Speichervolumens oder für eine weitergehende Behandlung des Abwassers vermieden werden.

Maßnahmen des Ruhrverbands aus den Umsetzungsplänen EG-WRRL

Zur konkreten Umsetzung der EG-WRRL wurden so genannte Umsetzungsfahrpläne entwickelt, in denen die Maßnahmen zur Erreichung der Ziele dieser Richtlinie festgehalten sind. Die Fahrpläne sind vor allem auf Aktivitäten im Bereich der Gewässerentwicklung ausgerichtet. Der Ruhrverband unterhält in Verbindung mit dem Betrieb der Talsperren und Stauseen auch eigene Gewässerstrecken und schränkt dabei u. a. deren Durchgängigkeit ein. Für insgesamt 23 Stellen ist der Ruhrverband als Maßnahmenträger in den Umsetzungsfahrplänen benannt. Nach Festlegung von Prioritäten standen im Berichtsjahr drei Projekte im Vordergrund.

Die Querbauwerke der Wehranlagen Baldeney und Kettwig sind neben dem Wehr in Hattingen Blankenstein die letzten Hindernisse auf einem barrierefreien Fischweg vom Rhein bis zur Einmündung der Lenne. Wegen der ungünstigen Randbedingungen am Standort Baldeney entwickelte ein Kreis aus Fachleuten des Ruhrverbands, der Behörden, des Kraftwerksbetreibers sowie aus Sachverständigen für Fischökologie und Strömungshydraulik unterschiedliche Möglichkeiten zur Realisierung einer Fischaufstiegsanlage. Als ein erstes Ergebnis der Bewertung wird ein Einstieg zwischen dem Kraftwerk und der Schiffsschleuse präferiert.

Ein weiteres Projekt betraf einen Teilabschnitt der Kleinen Henne im so genannten Beileitungsbereich zur Hennetalsperre. Dieser Bereich ist derzeit stark verbaut und für aquatische Organismen aufgrund der herrschenden hydraulischen Bedingungen kaum durchwanderbar. Der Ruhrverband entwickelte verschiedene Optionen und bewertete sie hinsichtlich Effektivität, Machbarkeit und Kosten. Als realisierbar wird eine partielle Umgestaltung der Kleinen Henne im unteren Teil des Beileitungsbereichs mit nachfolgendem Anschluss an ein einmündendes Nebengewässer angesehen, wodurch eine Durchgängigkeit des Gewässersystems erreicht

werden könnte. Lediglich der obere Abschnitt würde im jetzigen Zustand verbleiben und einen weitgehend isolierten Gewässerbereich darstellen.

Registrierte Gewässerverunreinigungen des Jahres 2012

Während sich in der Vergangenheit die Zahl der jährlich registrierten Gewässerverunreinigungen überwiegend oberhalb von zehn bewegte, lag sie in 2012 mit sechs gemeldeten Fällen deutlich niedriger und damit auf dem Niveau des Vorjahres. Vier der Gewässerverunreinigungen waren auf Einträge von Abwässern zurückzuführen. Dabei wurden keine Auswirkungen auf die Gewässerserbiozönosen festgestellt.

Anfang Mai kam es zu einem Massensterben von Fröschen an der Fürwiggetalsperre, die durch eine Pilzinfektion (Chytridpilz) verursacht wurde. Dieser Pilz führt inzwischen weltweit zu Massensterben von Amphibien, vor allem Fröschen. Mehrere Dutzend verendeter Fische in der Ruhr bei Bochum-Dahlhausen Anfang April waren vermutlich die Folge einer lokalen Sauerstoffmangelsituation in einem hier einmündenden Graben.

Leistungen der Kläranlagen des Ruhrverbands

Bei einem Anschlussgrad von rund 98,7 % der EinwohnerInnen im Ruhreinzugsgebiet wurden auf den 68 Verbandskläranlagen in 2012 rund 367 Mio. m³ Abwasser gereinigt, was ca. 1 % über dem Vorjahreswert liegt. 71 % dieser Abwassermenge entfiel auf Schmutzwasser, 29 % auf Niederschlagswasser, das auf den Kläranlagen mitbehandelt wird. Den Verbandskläranlagen wurden rund 101,8 Mio. kg CSB zugeführt, woraus sich eine Bezugsgröße von 2,32 Mio. Einwohnerwerten (E) als mittlere Belastung errechnen lässt. Bedingt durch einen sehr hohen Fremdwasseranteil liegt der spezifische Abwasseranfall mit 158 m³ je EinwohnerIn und Jahr doppelt so hoch wie im bundesweiten Durchschnitt. Die konform zum bundesweiten DWA-Leistungsvergleich ermittelte Reinigungsleistung der Verbandskläranlagen betrug im Jahr 2012 für die Kenngröße CSB 93,3 %, für den Gesamtstickstoff 74,5 % und für den Gesamtphosphor 87,4 %. Damit lag sie auf Vorjahresniveau.

Von den bei der Abwasserreinigung anfallenden Reststoffen entfällt der größte Anteil auf den Klärschlamm. In 2012 wurden 38261 t Schlamm-trockenmasse in Verbrennungsanlagen entsorgt. Das sind 6 % weniger als im Vorjahr und liegt in dem abnehmenden Trend der vergangenen fünf Jahre. Da rund 97 % des Klärschlammes in Faulbehältern stabilisiert wurden und neben dem Schlamm auch die in den Faulbehältern mit behandelten Küchen- und Speiseabfälle hinsichtlich ihrer Menge rückläufig sind, sank in 2012 der Ertrag an Faulgas um 12 % auf rund 24,3 Mio. Norm-m³. Durch Prozessoptimierungen und Einsparungen im Energieverbrauch sank in den vergangenen fünf Jahren der Gesamtstromverbrauch der Kläranlagen und der Strombezug verringerte sich gegenüber 2008 um 12 %.

Flow of the River Ruhr

The meteorologically influenced flow of a body of water significantly impacts its aquatic flora and fauna as well as all possible uses. To mitigate the adverse effects of extremely high or extremely low runoffs, the Ruhrverband operates a system of reservoirs controlled to this aim. Just like the previous year, the water year 2012 also showed extremely contrasting runoff situations, even though during different periods. November 2011 was the driest November in 100 years and the reservoirs had to supply water. In December 2011, almost twice as much precipitation compared to the long-term mean over several years could be recorded and the soils were saturated with water. Several days of rain in January 2012 resulted in a flooding ($PQ_{2012} = 587 \text{ m}^3/\text{s}$ on January 6, 2012, Hattingen gauging station). Phases of low water levels were registered from April to June and from August to September. The mean runoff at the Hattingen gauging station was recorded at $64.1 \text{ m}^3/\text{s}$ and thus just over 9 % below the long-term mean of $MQ_{1968-2011} = 70.7 \text{ m}^3/\text{s}$.

Continuous physico-chemical Ruhr water monitoring

Continuous Ruhr water monitoring takes place once a week at seven sampling points in the middle and lower reaches of the Ruhr and three times a week at the sampling point Essen-Rellinghausen as well as via nine continuously operating measuring points along the Ruhr. The results of the analysis are being evaluated according to determined quality criteria from the "Guidelines on monitoring surface waters" issued by the State of North Rhine-Westphalia and from the Surface Water Regulation. Further evaluations are based on the Fish Habitat Regulation, the LAWA target values and additionally on the Drinking Water Regulation.

Regarding the general physico-chemical parameters, BOD_5 (without ATH) and TOC achieved a "high" status. The parameters water temperature, oxygen level, chloride, ammonium nitrogen as well as total and o-phosphate phosphorus were classified as "good". Because of algae development in spring, the pH-value exceeded a level of 8.5 several times and could only be classified as "moderate". The results for heavy metals were "high" for lead, nickel and chrome, "good" for cadmium and mercury and "moderate" for copper and zinc.

Even the requirements laid down in the Drinking Water Regulation and the Fish Habitat Regulation could be fully met for all parameters monitored in the Ruhr. The parameters copper, zinc, cadmium and nitrate nitrogen, however, exceeded the even stricter LAWA targets serving as reference values in 2012.

Physico-chemical examinations along the Ruhr

The examinations along the Ruhr are being carried out 13 times per year at 12 representative points, reflecting the variability of the parameters in terms of space and time, which is caused by different meteorological and hydrological conditions as well as differing load situations. Relatively low fluctuations were recorded for most parameters given that also the runoffs measured for lar-

ge time intervals are subject to only slight fluctuations. The parameters BOD_5 , COD, pH-value, oxygen, phosphorus, ammonium and nitrate nitrogen, however, which are influenced by the biological processes of primary production and biomass degradation, showed a larger spectrum of values during algae development in spring.

A "good" or "high" status could be reached for almost all physico-chemical parameters according to the criteria of the European Water Framework Directive. Only the concentrations for the heavy metals zinc and cadmium, which are primarily influenced by the geogenic load in the eastern part of the catchment area, led to "moderate" and sometimes "bad" classifications for the upper reaches of the Ruhr. In the river's lower reaches, the evaluation improved to "moderate" or "good".

Physico-chemical examinations in line with the European Water Framework Directive

The Ruhr and its tributaries have been examined jointly by the Ruhrverband and the North Rhine-Westphalian Agency for Nature, Environment and Consumer Protection (LANUV) as part of the operative monitoring according to the European Water Framework Directive. In 2012, this monitoring was carried out for 62 flowing waters with catchment areas of $\geq 10 \text{ km}^2$. The Ruhrverband took 164 samples from 48 waters. The evaluation of the monitoring results was carried out according to the appendices 5, 6 and 7 of the Surface Water Regulation as well as the appendices D4 and D5 of the "Guidelines on monitoring surface waters" issued by the State of North Rhine-Westphalia.

At the measuring points examined in 2012, a "good" or "high" status could mostly be achieved for the majority of the parameters. The concentration of the heavy metal zinc, influenced by geogenic but also anthropogenic factors, only achieved a "good" or "high" status at 65 % of the sampling points. At 9 % of the points, it was classified as "bad". However, 83 % of the measurements of dissolved cadmium reached a "good" or "high" evaluation. The concentration of the heavy metal copper, which is significantly influenced by treated wastewater from municipal sewage treatment plants on top of its geogenic origin, reached a "good" or "high" status at 90 % of the measuring points in 2012 and was nowhere classified as "bad".

Mainly during the vegetation period in spring, slightly increased pH-values could be observed at some points. Only at 13 out of 99 sampling points, the status for the plant nutrient phosphorus was classified below "good" or "high".

River basin-specific, priority and legally not required substances were analysed at selected measuring points. Only in rare cases was the status "moderate" or lower. These cases mostly concerned the antirheumatic drug ibuprofen, the antibiotic clarithromycin, the radiocontrast agent iopamidol and in some instances the painkiller diclofenac.

Hydrobiological examinations

An important element to describe the ecological condition of a body of water is the composition of its invertebrate fauna (macrozoobenthos) based on the modules "saprobic index", "general degradation" and "acidification". Out of 90 sampling points in different sections of the Ruhr and in its tributaries, monitored by the Ruhrverband and LANUV in 2012 according to the European Water Framework Directive, all but two points received a "good" or "high" status when it came to their saprobic condition. Since 2007, the share of monitored points in the classifications "good" and "high" could be constantly recorded for about 95 % of all sampling points.

"General degradation" is being impacted by water structures, which – in case of the Ruhr – have been changed by settlement activities, flood control, hydropower utilisation, river navigation, drinking water production and other uses. Between 2007 and 2012, 317 out of a total 644 sampling points monitored (49 %) had a "good" or "high" status.

Trophic situation in the Ruhr

2012 was characterized by a slightly above-average global radiation almost throughout the full year. Especially in March and April, low runoffs and sunny weather led to significant algae growth in the lower reaches of the Ruhr. Despite this fact – and in contrast to 2011 – the seasonal mean concentration for chlorophyll a at the sampling point Essen-Rellinghausen was once again below 20 µg/l, which is considered the threshold value for flowing waters with plankton in North Rhine-Westphalia.

The grazing activities of algivorous zooplankton have a regulating effect on the growth of phytoplankton. Especially in Lake Balde-ney, a significant reduction of the algae population could be observed in May, which could be attributed to the grazing pressure by zooplankton.

In the reporting year, extended macrophyte abundance occurred in the three upstream impounding lakes during summer. They are still being dominated by *Elodea nuttallii*, but the indigenous European Bur-reed (*Sparganium emersum*) increasingly penetrates the populations. Just like in 2011, Lake Balde-ney remained in a phytoplankton-dominated state. Only at a relatively late point in time of the year, small macrophyte populations dominated by European bur-reed developed locally.

Reservoir examinations – Ennepe Reservoir

The Ennepe Reservoir is mostly being used for drinking water and energy production. Its catchment area comes with a pattern of use favourable for drinking water sourcing. During the four years after sediment had been dredged out of the preliminary reservoir in 2008, the phosphorus concentration steadily declined. In the preliminary reservoir, it amounted to 20 µg/l in 2012, about 20 % below the values before the sediment dredging operations.

In the reporting year, there were few incidents of precipitation causing run-offs from agricultural areas so that the discharged load of phosphorus and nitrogen remained on a low level. This is why algae production was relatively low in 2012. Diatoms dominated in spring, while in summer, the plankton was composed of many species. The share of chlorobionta and cyanobacteria is declining, indicating an algae spectrum adapted to oligotrophic to mesotrophic conditions.

Organic micropollutants in the Ruhr

From the high number of volatile organic compounds (VOC), found in the Ruhr's water at the sampling point Essen-Rellinghausen and determined as part of the examinations along the Ruhr, most components showed concentrations below the respective limits of quantification. Concentrations of tetrachloroethene exceeding the limit of quantification of 0.01 µg/l, however, were found more often. But they still remained on a very low level (the highest value found in the Ruhr at Essen at Essen amounting to 0.03 µg/l). The fuel additive MTBE was also found occasionally along the Ruhr, and in 70 % of all samples taken from the sampling point Essen-Rellinghausen. The concentrations, however, were usually at a very low level and rather close to the limit of quantification of 0.01 µg/l.

Short-chain chloroalkanes have been monitored in the Ruhr since 2010. Against the background of an environmental quality standard of 0.4 µg/l (annual mean) and a limit of quantification of 0.1 µg/l, no concentrations exceeding the limit of quantification could be measured so far.

Bisphenol A belongs to the endocrinically effective substances. It is being produced in large amounts globally and used in many products, especially in plastics. Concentrations of this substance above the limit of quantification of 0.005 µg/l could be determined in 95 % of all samples of Ruhr water in 2012. The highest single value measured amounted to 0.097 µg/l at the monitoring station Hattingen.

Polycyclic aromatic hydrocarbons are being generated through the incomplete combustion of fossil fuels and enter the environment from diffuse sources caused by anthropogenic activities. Many relevant compounds from this group of substances can be measured in concentrations above the limit of quantification of 0.001 µg/l in the Ruhr's water throughout the whole year. All of these concentrations, however, are significantly below the Environmental Quality Standards for single components and selected combined values. Concentration data from the past 12 years taken from the Ruhr at Duisburg indicate a declining trend.

In 2012, a selection of pharmaceutical residues and diagnostics in the Ruhr was once again monitored. Most of the substances analysed appeared in concentrations above the respective limit of quantification. All pharmaceutical residues showed an expected rise in concentrations along the Ruhr's flow direction, caused by the constantly increasing share of treated wastewater. The radio-contrast agents iomeprol, iopamidol and amidotrizoic acid rea-

ched the highest annual loads out of the diagnostics and pharmaceuticals monitored with amounts of 0.91 t, 0.60 t and 0.51 t respectively at Essen-Rellinghausen. The load of the beta blocker metoprolol came in at 0.28 t and thus slightly lower than in the two years before. The pharmaceuticals diclofenac, carbamazepine and sulfamethoxazole remained at last year's level with annual loads of between 0.10 t and 0.13 t.

The substance group of benzotriazoles, mostly used as anti-corrosion and de-icing agents, comes with low degradability, which is why substances from this group are being found in many waters. In the Ruhr, in particular 1H-benzotriazole can always be measured above the limit of quantification. Downstream of Mesechede and up to the Ruhr's mouth, the concentration increased significantly and reached a mean value 0.95 µg/l at Essen-Rellinghausen. The annual load at the sampling point amounted to around 1 t.

Artificial sweeteners were monitored in the Ruhr's water for the first time in 2012. No effects are to be expected from a human toxicology point of view. Ecotoxicological data are hardly available. While cyclamate and saccharin can be easily degraded in sewage treatment plants, this does not apply to acesulfame and sucralose. Mean concentrations of 3.95 µg/l for acesulfame, 0.34 µg/l for saccharin, 0.27 µg/l for sucralose and 0.17 µg/l for cyclamate were measured in the Ruhr at Essen-Rellinghausen.

Perfluorinated compounds (PFC) form part of those micropollutants for which the concentrations in the Ruhr have been decreasing steadily in the past years. This trend also continued during the reporting year. At the end of 2012, the concentration of PFOA and PFOS combined reached only 40 ng/l in the main body of the Möhne Reservoir – a decline of 90 % compared to the year 2007. In the Ruhr at Essen, the annual mean of the PFOA concentration was <10 ng/l, that of PFOS at 14 ng/l. Due to substitution and retention measures, in particular on part of the metal-processing industry, the emission of PFCs, especially PFOS, from municipal sewage treatment plants declined. In 2012, the emission loads of all of the Ruhrverband's sewage treatment plants amounted to an average of around 31 g/d, equivalent to a reduction by more than 40 % compared to the previous year.

Occurrence of rare-earth metals (lanthanides) in the Ruhr's water

Rare-earth metals are part of those metals which occur much more often in the Earth's crust than gold, for instance, but of which there are hardly any larger deposits of suitable minerals available. The 17 elements concerned are mostly used as additives in alloys, luminous colours, coatings as well as many other materials. Especially gadolinium is being used in diagnostic medicine (contrast agents for magnetic resonance imaging) and enters the environment via municipal wastewater.

In the reporting year, 16 rare-earth metals could be analysed in the Ruhr's water as part of the examinations along the river. Six elements (cerium, gadolinium, lanthanum, neodymium, samarium

and yttrium) could be measured at all sampling points with mean values above the limit of quantification of 0.01 µg/l. Just like other persistent diagnostics, gadolinium also shows rising mean concentrations with the flow direction of the Ruhr. Regarding the other elements, the concentrations were subject to irregular fluctuations along the course of the river.

Examinations on the elimination of organic micropollutants at the sewage treatment plant Schwerte

There are many micropollutants which cannot, only to a low extent, be or eliminated through conventional biological sewage treatment. In many cases, the concentrations of these compounds can be diminished significantly in the wastewater with the help of further physical/chemical procedures. Since October 2010, a large-scale test facility is in operation at the Schwerte sewage treatment plant, which eliminates substances in the wastewater, trace substances in particular, via a "dynamic recirculation" procedure, which includes oxidation with ozone and adsorption with activated carbon. In 2012, especially questions relating to the influencing variables and controlling parameters, the foundations for optimizing the operations as well as reflections on complexity and cost were at the centre of attention.

Significantly higher degrees of elimination of the lead compounds monitored compared to conventional biological treatment measures can be reached with the help of activated carbon. Increasing the dosage of activated carbon also improves the elimination performance, which, however, increasingly converges to a substance-specific level due to the load. In the dosages applied, the activated carbon has no adverse impacts on the biocoenosis of the activated sludge regarding its floc structure as well as its nitrification and denitrification performance.

Oxidative elimination of micropollutants through ozone is more difficult to control than adding activated carbon. The substances monitored also show quite different responses to ozone. With a low dosage of ozone of 2 mg/l, diclofenac or carbamazepine can be eliminated to an extent above 90 %, while other substances such as TCP or amidotrizoic acid remain largely unaffected. The elimination performance rises with higher dosages of ozone, but converges just like in the case of activated carbon to a substance-specific level. Preliminary trials showed that damage to the biocoenosis of the activated sludge can be ruled out with the concentrations of ozone used.

A combination of adsorption and oxidation for the elimination of micropollutants increases the effectiveness compared to separate treatments. Elimination through adsorption is the dominating elimination process.

Biological verification procedure on the impact of storm-water inflow

As part of the so-called "integral drainage planning" (IEP), the catchment areas of the Ruhrverband's sewage treatment plants are being optimized with a holistic approach in terms of water

and cost management. Ecological assessments help to identify potential impacts from settlement drainage and to determine their causes near points of discharge as well as further downstream. The biological verification procedure is based on the examination and evaluation system PERLODES developed for the implementation of the European Water Framework Directive. Looking at the macrozoobenthos population, this multimetric procedure allows for instance to prove whether discharge from a settlement drainage has an impact on the oxygen balance of the water, whether there is a biologically effective discharge of organic or inorganic filterable solids or whether there is a critical hydraulic strain on the water.

Examinations showed, for instance, a rise in the share of filter feeders in the water downstream of the sewage treatment plant Warstein. A closer investigation revealed that this development was not caused by the plant's outlet but rather by a rainwater retention tank on the premises from which plankton found its way into the water. By changing the plant's operating procedures, this adverse effect of the discharge could be eliminated and the cost and effort for an extension of the storage volume for additional treatment of the wastewater could be avoided.

Ruhrverband measures from the EU Water Framework Directive implementation plans

So-called implementation roadmaps have been developed for the practical implementation of the European Water Framework Directive, specifying measures designed to reach the goals laid down in this directive. These roadmaps are especially targeted towards water development activities. In connection to the operation of reservoirs and impounding lakes, the Ruhrverband also operates its own waterways with the possibility to restrict their passage. In the implementation roadmaps, the Ruhrverband has been named responsible for a total of 23 points. After priorities had been set, the focus was placed on three projects during the reporting year.

The dams of the Baldeney and Kettwig weirs are – in addition to the weir in Hattingen Blankenstein – the last obstacles to a barrier-free fish migration from the Rhine to the inflow into the Lenne. Because of difficult framework conditions at the Baldeney location, a circle of representatives from the Ruhrverband, the authorities and the power station operator as well as experts for fish ecology and flow hydraulics developed different possibilities for the realisation of a fish passage. As a first result of the evaluation, an entrance between the power station and the navigation lock seems preferable.

Another project addressed a section of the Kleine Henne tributary in its developed area towards the Henne Reservoir. This area is highly obstructed and hardly passable for aquatic organisms due to the hydraulic conditions. The Ruhrverband developed different options and evaluated them in terms of their effectiveness, feasibility and cost. A partial restructuring of the Kleine Henne in the lower part of the developed area with a subsequent connection to an inflowing tributary has been considered feasible. This could

render the water system passable. Only the upper section would remain in its current state and represent a largely isolated area of water.

Registered cases of water pollution in 2012

While in the past, the number of annually recorded incidents of water pollution mostly amounted to more than ten, it was significantly lower in 2012 with six reported cases and thus matched last year's level. Four of the incidents of water pollution could be attributed to sewage discharge. No impact on the waters' biocoenoses could be established.

In early May, mass die-offs of frogs occurred in the Fürwigge Reservoir, caused by a fungal infection (chytrid). Meanwhile, this fungus has caused mass die-offs of amphibians, especially frogs, worldwide. Several dozens of dead fish in the Ruhr at Bochum-Dahlhausen in early April were probably a consequence of a local lack of oxygen in an inflowing ditch.

Performance of the Ruhrverband's sewage treatment plants

With a network for around 98.7 % of all residents in the Ruhr catchment area, the 68 associated sewage treatment plants treated around 367 million m³ of wastewater in 2012, around 1 % more than last year. A share of 71 % of this sewage volume was accounted for by wastewater, 29 % by stormwater, which is also being treated in the plants' facilities. The Ruhrverband's sewage treatment plants received around 101.8 million kg of COD, equivalent to a mean load of 2.32 million PTs. Due to the very high share of infiltration, the specific wastewater volume of 158 m³ per resident and year was twice as high as the national average. The treatment performance of the Ruhrverband's sewage treatment plants, calculated in accordance with the performance comparison of the German Association for Water, Wastewater and Waste (DWA) amounted to 93.3 % for COD, 74.5 % for total nitrogen and 87.4 % for total phosphorus in 2012 – matching last year's level.

The largest share of residues generated by water treatment is accounted for by sewage sludge. In 2012, 38,261 t of dry mass of sludge were disposed of in incinerators – 6 % less than in the year before, continuing the declining trend of the past five years. As around 97 % of sewage sludge were stabilized in digestion tanks and as the volume of kitchen refuse and food waste also treated in these digestion tanks is in decline just like the sludge volume, the yield of digester gas decreased by 12 % to around 24.3 million standard m³. The total energy consumption of the sewage treatment plants declined during the past five years through process optimization and energy savings, and 12 % less electricity had to be purchased compared to 2008.

1 Wasserführung der Ruhr

Die Wasserführung eines Gewässers prägt maßgebend die aquatische Flora und Fauna und ist entscheidend für unterschiedliche Nutzungsmöglichkeiten des Gewässers. An der Ruhr sorgt das Talsperrenverbundsystem des Ruhrverbands für die Sicherstellung einer Mindestwasserführung in Zeiten geringer natürlicher Abflüsse. Bei Hochwasser tragen die Talsperren durch die Minderung von Abflussspitzen zum Hochwasserschutz in den unterhalb der Talsperren gelegenen Gewässerabschnitten bei. Insgesamt gesehen wird die Wasserführung im Ruhreinzugsgebiet maßgeblich durch den Betrieb der im Einzugsgebiet befindlichen Talsperren, Kläranlagen und Wasserkraftanlagen sowie die Entnahmen der Wasserwerke beeinflusst.

Vor diesem Hintergrund wird in Bild 1.1 der Abfluss der Ruhr am Pegel Hattingen als Ganmlinie auf Basis von 15-Minuten- und Tagesmittelwerten für das Abflussjahr 2012 dargestellt. Ergänzend sind die gewässerkundlichen Hauptzahlen und zum Vergleich die Tagesmittelwerte des vorangegangenen Abflussjahres aufgeführt. Der betrachtete Zeitraum wird geprägt durch abflussreiche Zeiten im Dezember, Januar und Juli sowie durch Niedrigwasserphasen im November, von April bis Juni und von August bis September. Damit war das Winterhalbjahr deutlich abflussärmer, das Sommerhalbjahr aber nur geringfügig abflussreicher als im Vorjahr.

Da im Dezember annähernd doppelt so viel Niederschlag fiel wie im langjährigen Mittel und die Böden damit eine hohe Abflussbereitschaft aufwiesen, führten mehrtägige Niederschläge Anfang Januar zu einem für die Jahreszeit typischen Hochwasserereignis.

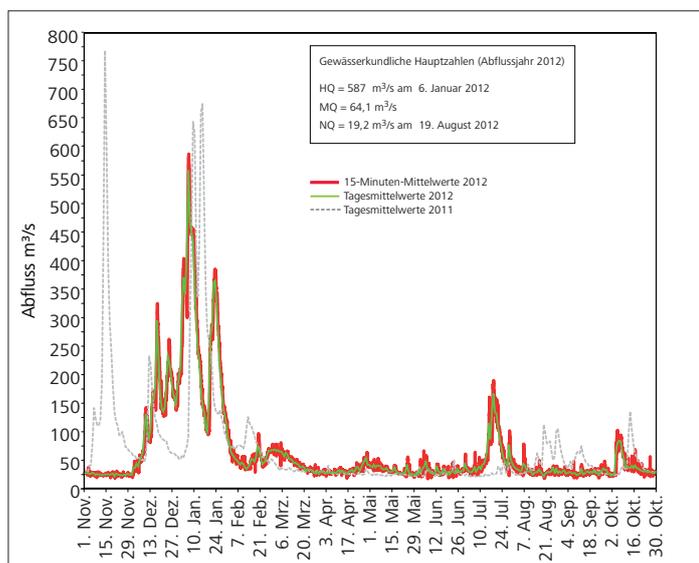


Bild 1.1: 15-Minuten-Mittelwerte und Tagesmittelwerte am Pegel Hattingen im Abflussjahr 2012

Fig. 1.1: Runoff means during 15 minutes and 24 hours at the gauging station Hattingen in the water year 2012

Der höchste Abfluss im Abflussjahr 2012 wurde dabei am Pegel Hattingen am 6. Januar 2012 mit $HQ_{2012} = 587 \text{ m}^3/\text{s}$ (Tagesmittelwert $558 \text{ m}^3/\text{s}$) registriert. Damit war dieses Hochwasserereignis kleiner als die im Vorjahr registrierten.

Der November 2011 war der trockenste November seit über 100 Jahren. An einigen Stationen war er sogar der trockenste Monat seit Aufzeichnungsbeginn. Daher herrschte Zuschusspflicht in einer Höhe vor, wie sie seit Inkrafttreten des Ruhrverbandsgesetzes (RuhrVG) im Jahre 1990 für einen November in Villigst erst einmal und an der Mündung noch nicht registriert worden war. Die Abflussverhältnisse im Vergleich zum November 2010 (siehe Bild 1.1) konnten somit nicht gegensätzlicher ausfallen. Februar und März waren in Summe noch trockener als im Vorjahr, in dem es bereits ein außergewöhnlich trockenes Frühjahr gegeben hatte. Die Ende März begonnene Niedrigwasserphase wurde nur im Juli sowie Anfang Oktober aufgrund hoher Niederschläge vorübergehend unterbrochen. Mit den Talsperren wurde ab April die Wasserführung der Ruhr durch erhöhte Abgaben gestützt. Für den Bereich der mittleren Ruhr am Pegel Villigst ergab sich für das Abflussjahr 2012 die dritthöchste Anzahl von zuschusspflichtigen Tagen seit Einführung des RuhrVG. Der niedrigste Tagesmittelwert des Abflusses im Abflussjahr 2012 wurde am Pegel Hattingen/Ruhr am 19. August 2012 mit $NQ_{2012} = 19,2 \text{ m}^3/\text{s}$ registriert.

Der mittlere Abfluss am Pegel Hattingen/Ruhr im Abflussjahr 2012 berechnet sich zu $MQ_{2012} = 64,1 \text{ m}^3/\text{s}$. Er liegt damit um gut 9 % unter dem langjährigen mittleren Abfluss von $MQ_{1968-2011} = 70,7 \text{ m}^3/\text{s}$. Während sich der Abfluss im Durchschnitt der langjährigen Betrachtung zu 69 % auf das Winterhalbjahr und 31 % auf das Sommerhalbjahr verteilt, gab es im Abflussjahr 2012 aufgrund der beiden außergewöhnlich abflussreichen Monate Dezember und Januar eine Verschiebung der Abflussverteilung zum Winterhalbjahr hin (72 % zu 28 %).

Eine ausführliche Beschreibung der wassermengeneconomischen Gegebenheiten des Abflussjahres 2012 findet sich im Bericht Ruhrwassermenge 2012 (<http://www.ruhrverband.de/presse/publikationen/wissen/>).

2 Zeitlich dichte physikalisch-chemische Überwachungen der Ruhr

Die Ruhr ist Lebensader und Namensgeberin für einen der größten Ballungsräume Europas. Dafür zu sorgen, dass dem Fluss und den Menschen in der Region das Wasser nicht ausgeht, ist seit 100 Jahren Aufgabe des Ruhrverbands. Neben der Sicherstellung einer ausreichenden Wassermenge zur Trinkwassergewinnung, der anspruchsvollsten Nutzung des Ruhrwassers, werden für die Herstellung des „Lebensmittels Wasser“ hohe Anforderungen auch an die Rohwasserqualität gestellt. Zur Überwachung dieser Qualitätsansprüche werden schon seit über 90 Jahren verschiedene Untersuchungsprogramme durchgeführt, die vor dem Hintergrund der jeweils gültigen gesetzlichen Anforderungen und aktueller Fragestellungen überprüft und ggf. angepasst werden. Die Nährstoffkonzentrationen und die organische Belastung werden seit 1965 in der mittleren und unteren Ruhr an sieben Probenahmestellen sowie an der Lennemündung wöchentlich überwacht. Deutlich länger existiert das Untersuchungsprogramm an der historischen Probenahmestelle Essen-Rellinghausen, bekannt als „Zornige Ameise“. Heute wird an dieser Dauermessstelle die Ruhr dreimal wöchentlich auf physikalisch-chemische und biologische Parameter untersucht.

Die Grundlage für die Erstellung oder Anpassung von Untersuchungsprogrammen bilden internationale und nationale Vorgaben, wie z.B. Richtlinien, Gesetze, Verordnungen und spezielle Güteanforderungen. Aber auch die zeitnahe Bestimmung so genannter „neuer“ Substanzen, wie z.B. bestimmte Mikroverunreinigungen, können hierfür Anlass sein. Letztere sind in den vergangenen Jahren immer mehr in den Fokus wasserwirtschaftlicher Institutionen, der Aufsichtsbehörden und der Öffentlichkeit gelangt. Im Ruhrgütebericht werden dieser Thematik mehrere gesonderte Kapitel gewidmet.

Neben den beiden genannten Untersuchungsprogrammen, die auf Stichproben aus dem Gewässer beruhen, werden an der Ruhr Gewässerüberwachungsstationen betrieben, die mit der Messung von Standardparametern kontinuierlich bzw. zeitnah Veränderungen der Wasserqualität anzeigen. Die Messstationen im Unterlauf der Ruhr spielen in diesem Zusammenhang eine besondere Rolle, da in diesem streckenweise gestauten Abschnitt durch den Auf- und Abbau von Biomasse in der Vegetationsperiode der Sauerstoffhaushalt einer besonderen Beanspruchung unterliegt. Hier kommt den stetigen Sauerstoffmessungen eine bedeutende Rolle zu, indem bei kritischen Werten zur Vorbeugung von möglichen Schäden der aquatischen Fauna, insbesondere im Hinblick auf evtl. Fischsterben, frühzeitig Belüftungsmaßnahmen eingeleitet werden können.

Die Bewertung der Analysenergebnisse erfolgt zunächst auf der Grundlage der im Rahmen der Umsetzung der Europäischen Wasserrahmenrichtlinie (EG-WRRL) festgelegten Qualitätskriterien, die für die relevanten Stoffe in den Anlagen D 4 und D 5 des Leitfa-

dens „Monitoring Oberflächengewässer“ des Landes NRW [2.1] bzw. in der Oberflächengewässerverordnung (OGewV) [2.2] festgelegt wurden. In der Anlage D 4 finden sich Umweltqualitätsnormen (UQN), die für prioritäre und prioritär gefährliche (EU-weit) oder national geregelte Stoffe gelten. Die in der Anlage D 5 festgelegten Orientierungswerte (OW) dienen der Bewertung der allgemeinen chemisch-physikalischen Parameter (ACP), die unterstützend zur Beurteilung des ökologischen Zustands herangezogen werden können. Weitere Bewertungsmaßstäbe, die parameterabhängig bedeutsam sind, finden sich in der Fischgewässerverordnung –FischgewV [2.3], den LAWA Zielvorgaben –LAWA-ZV [2.4, 2.5] und in Einzelfällen auch in der Trinkwasserverordnung –TrinkwV [2.6].

Ergebnisse der wöchentlichen Ruhruntersuchungen

Die langjährige Entwicklung der „klassischen“ Parameter Chemischer Sauerstoffbedarf (CSB), Ammonium-Stickstoff ($\text{NH}_4\text{-N}$) und Gesamtphosphor (TP) sind als Summenhäufigkeitskurven für sechs Probenahmestellen in der Ruhr von Wildshausen bis Duisburg-Aakerfähre in Bild 2.1 dargestellt. Dieses zeigt die Ergebnisse des aktuellen Abflussjahres im Vergleich zu den Konzentrationen der letzten vier Dekaden. Beim CSB fällt auf, dass heute an allen Probenahmestellen deutlich niedrigere Werte als noch in den Dekaden bis 2000 gemessen wurden. Lediglich im Unterlauf der Ruhr (Duisburg-Aakerfähre) waren, wie im Vorjahr, einige höhere Konzentrationen vorhanden, die durch das Planktonwachstum in

[2.1] Ministerium für Umwelt und Naturschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz (MUNLV) des Landes NRW (Hrsg.): Leitfaden Monitoring Oberflächengewässer, http://www.wiki.flussgebiete.nrw.de/index.php?title=Datei:A_Version1_LeitMoniOberflaech.pdf, Stand: August 2009 (Zugriff 20. März 2013). Anhang D4: http://www.wiki.flussgebiete.nrw.de/index.php?title=Datei:D4_Version1_Aug09_neu.pdf, Stand August 2009 (Zugriff 20. März 2013). Anhang D5: http://www.wiki.flussgebiete.nrw.de/index.php?title=Datei:D5_Version2_ACP_Okt11.pdf, Stand: Oktober 2011 (Zugriff: 20. März 2013)

[2.2] Ministerium für Umwelt und Naturschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz (MUNLV) des Landes NRW (Hrsg.): Verordnung zum Schutz der Oberflächengewässer (Oberflächengewässerverordnung - OGewV), Bundesgesetzblatt Jahrgang 2011 Teil I Nr. 37, ausgegeben zu Bonn am 25. Juli 2011

[2.3] Ministerium für Umwelt und Naturschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz (MUNLV) des Landes NRW (Hrsg.): Verordnung zur Umsetzung der Richtlinie 78/659/EWG des Rates vom 18. Juli 1978 über die Qualität von Süßwasser, das schutz- oder verbesserungsbedürftig ist, um das Leben von Fischen zu erhalten, Gesetz- und Verordnungsblatt für das Land Nordrhein-Westfalen, 51. Jahrgang, Nummer 41

[2.4] Länderarbeitsgemeinschaft Wasser (LAWA) 1998 (Hrsg.): Zielvorgaben zum Schutz oberirdischer Binnengewässer, Band II, Ableitung und Erprobung von Zielvorgaben zum Schutz oberirdischer Binnengewässer für die Schwermetalle Blei, Cadmium, Chrom, Kupfer, Nickel, Quecksilber und Zink, Berlin: Kulturbuch-Verlag Berlin GmbH 1998

[2.5] Länderarbeitsgemeinschaft Wasser (LAWA) 1998 (Hrsg.): Beurteilung der Wasserbeschaffenheit von Fließgewässern in der Bundesrepublik Deutschland - Chemische Gewässergüteklassifikation, Berlin: Kulturbuch-Verlag Berlin GmbH 1998

[2.6] Erste Verordnung zur Änderung der Trinkwasserverordnung (Trinkwasserverordnung – TrinkwV 2011), Bundesgesetzblatt Jahrgang 2011 Teil I Nr. 21 vom 11. Mai 2011

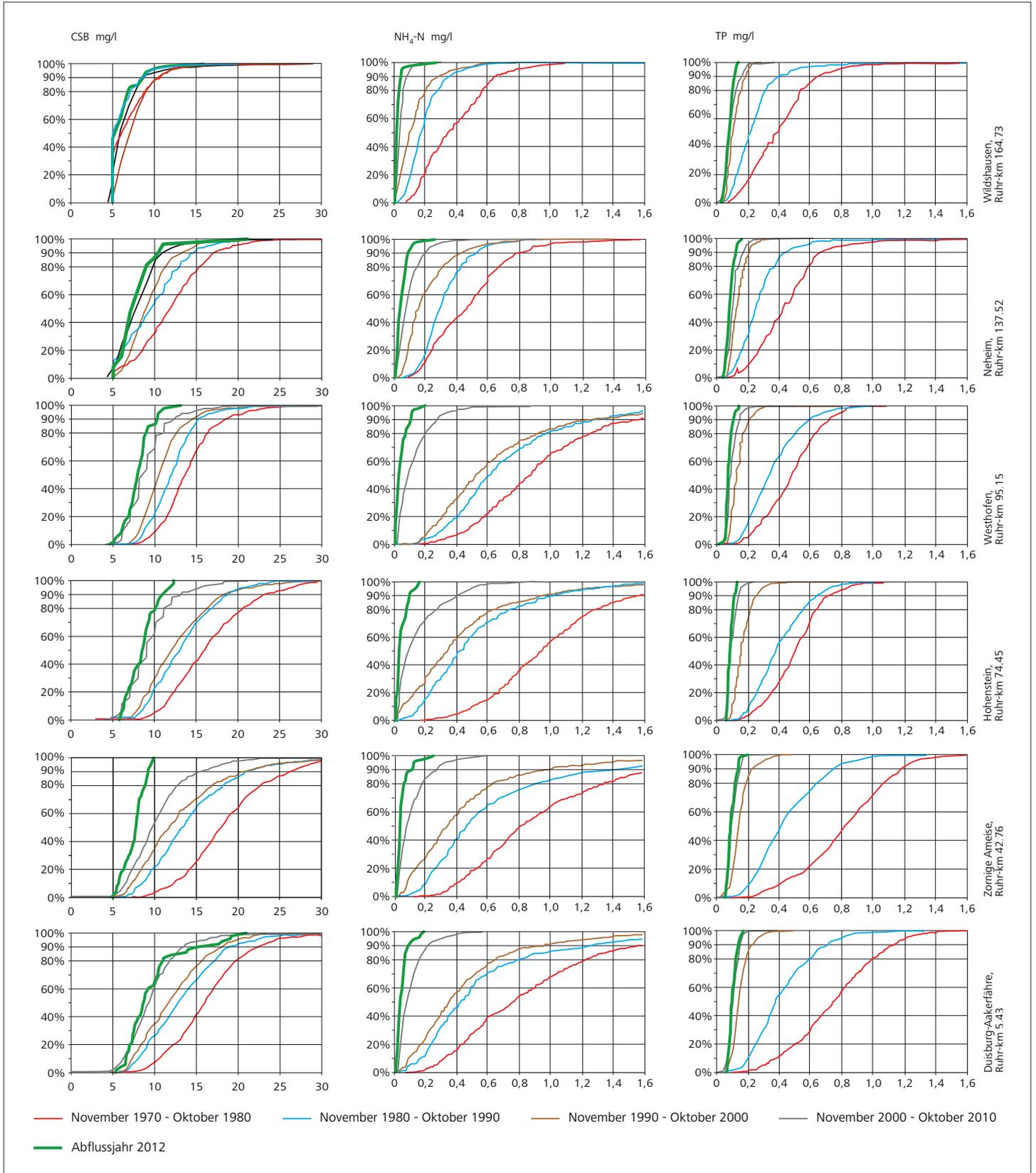


Bild 2.1: Ruhrwasserbeschaffenheit nach den Ergebnissen der wöchentlichen Ruhruntersuchung, dargestellt als Summenhäufigkeiten
 Fig. 2.1: Ruhr water condition according to the results of weekly examinations, shown as cumulative frequencies

Tabelle 2.1: Mittelwerte verschiedener Kenngrößen der Ruhr bei Essen-Rellinghausen, Probenahmestelle „Zornige Ameise“, Abflussjahr 2012
 Table 2.1: Averages of several parameters for the Ruhr at Essen-Rellinghausen, sampling point "Zornige Ameise", water year 2012

	Mittlere Abflüsse am Pegel Hattingen m³/s	Wassertemperatur °C	pH-Wert (Median)	Elektr. Leitfähigkeit µS/cm	Abfiltr. Stoffe mg/l	Abfiltr. Stoffe Glührückstand mg/l	Sauerstoff		BSB ₅ mit ATH gesamt mg/l	Chemischer Sauerstoffbedarf CSB		Absorptionskoeffizient 254 nm m ⁻¹	TOC mg/l	Ammoniumstickstoff mg/l	Nitratstickstoff mg/l	Gesamtphosphor mg/l	o-Phosphatphosphor mg/l
							Gehalt mg/l	Sättigungsindex %		gesamt mg/l	gelöst mg/l						
November 2011	23,4	8,9	8,0	587	1,0	0,4	11,3	97	1,4	8,6	8,1	6,1	2,8	0,02	2,9	0,08	0,05
Dezember 2011	133	6,8	7,8	383	11,4	8,7	12,0	98	1,9	8,7	7,4	5,7	2,8	0,09	3,1	0,10	0,05
Januar 2012	265	6,3	7,8	283	26,7	22,2	12,4	100	2,3	11,2	6,4	4,9	4,0	0,08	2,9	0,11	0,04
Februar 2012	51,9	3,2	7,9	465	2,8	1,5	13,0	97	2,2	7,1	6,2	4,7	2,5	0,14	3,5	0,09	0,06
März 2012	42,9	9,3	7,9	448	4,3	2,0	11,9	104	2,5	8,4	6,4	4,5	2,4	0,02	3,0	0,07	0,03
April 2012	31,3	11,2	8,6	519	9,0	4,5	12,1	111	3,7	12,5	8,3	5,5	3,6	0,02	2,7	0,09	0,02
Mai 2012	30,2	16,7	8,0	487	6,3	3,9	9,5	98	1,9	10,5	8,3	5,7	3,5	0,03	2,6	0,10	0,05
Juni 2012	29,9	17,9	7,8	537	8,4	6,2	8,2	87	1,5	11,3	9,0	6,7	4,1	0,06	2,4	0,14	0,08
Juli 2012	62,0	19,2	7,8	415	7,3	5,6	8,4	90	1,0	9,5	8,1	6,9	3,4	0,05	2,4	0,11	0,08
August 2012	29,1	21,0	7,8	492	2,5	1,5	7,8	88	0,9	8,6	7,7	6,1	3,1	0,04	2,2	0,10	0,08
September 2012	26,8	16,4	8,0	511	2,0	1,1	9,0	92	1,0	9,2	8,1	6,2	2,8	0,03	2,2	0,09	0,07
Oktober 2012	38,1	11,7	8,0	453	4,8	3,3	10,2	94	1,1	8,4	7,3	6,0	2,9	0,03	2,6	0,10	0,07
Winterhalbjahr	92,4	7,6	7,9	446	9,4	7,0	12,1	101	2,3	9,4	7,1	5,3	3,0	0,06	3,0	0,09	0,04
Sommerhalbjahr	36,1	17,2	7,9	481	5,2	3,8	8,8	91	1,2	9,5	8,1	6,3	3,3	0,04	2,4	0,11	0,07
Abflussjahr 2012	64,1	12,5	7,9	464	7,2	5,4	10,4	96	1,7	9,5	7,6	5,8	3,2	0,05	2,7	0,10	0,06
Abflussjahr 2011	70,5	12,3	7,9	474	9,2	6,6	10,5	97	1,5	10,8	7,9	5,9	3,5	0,06	3,0	0,09	0,05

Tabelle 2.2: Mittelwerte verschiedener Kenngrößen der Ruhr bei Essen-Rellinghausen, Probenahmestelle „Zornige Ameise“, Abflussjahr 2012
 Table 2.2: Averages of several parameters for the Ruhr at Essen-Rellinghausen, sampling point "Zornige Ameise", water year 2012

	Chlorid	Sulfat	Fluorid	Bromid	Blei gesamt	Cadmium gesamt	Nickel gesamt	Chrom gesamt	Kupfer gesamt	Zink gesamt	Eisen gesamt	Mangan gesamt	AOX	EDTA	NTA	DTPA	Borat-Bor	Chlorophyll-a
	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	mg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	mg/l	µg/l
November 2011	72	48	0,10	0,15	0,6	0,09	3,5	< 1,0	3,5	16	0,08	16	13	6	< 2	17	0,11	< 1
Dezember 2011	40	32	0,09	0,07	2,0	0,11	3,0	< 1,0	4,0	27	0,35	63	9	5	< 2	12	0,06	< 1
Januar 2012	22	27	0,08	0,04	5,2	0,18	3,7	1,6	6,6	46	0,80	80	7	< 2	< 2	4	0,03	< 1
Februar 2012	47	41	0,09	0,07	0,7	0,07	3,0	< 1,0	4,0	24	0,18	43	7	4	< 2	7	0,06	< 1
März 2012	48	40	0,08	0,08	0,6	0,06	2,5	< 1,0	3,5	19	0,12	29	6	6	< 2	10	0,07	30
April 2012	61	45	0,09	0,11	1,1	0,10	3,9	< 1,0	5,0	18	0,21	50	11	7	< 2	17	0,10	61
Mai 2012	58	42	0,09	0,10	1,1	0,09	4,0	< 1,0	5,5	17	0,19	47	8	6	< 2	8	0,09	19
Juni 2012	66	43	0,09	0,11	1,8	0,11	4,0	1,1	5,3	22	0,28	60	8	7	< 2	9	0,10	12
Juli 2012	44	35	0,08	0,08	2,0	0,12	4,1	< 1,0	4,7	18	0,25	42	6	5	< 2	6	0,07	2
August 2012	57	41	0,09	0,12	1,6	0,09	4,0	< 1,0	4,8	13	0,12	24	6	5	< 2	8	0,10	< 1
September 2012	62	40	0,09	0,12	1,8	0,09	4,3	< 1,0	4,7	14	0,11	24	10	8	< 2	8	0,11	1
Oktober 2012	51	37	0,08	0,10	1,4	0,07	3,7	< 1,0	3,5	15	0,14	25	8	8	< 2	8	0,08	1
Winterhalbjahr	48	38	0,09	0,09	1,8	0,10	3,2	< 1,0	4,5	25	0,29	47	9	5	< 2	11	0,07	15
Sommerhalbjahr	56	39	0,09	0,10	1,6	0,09	4,0	< 1,0	4,7	16	0,18	37	8	6	< 2	8	0,09	6
Abflussjahr 2012	52	39	0,09	0,10	1,7	0,10	3,6	< 1,0	4,6	21	0,24	42	8	6	< 2	9	0,08	11
Abflussjahr 2011	55	41	0,11	0,10	1,6	0,10	3,3	< 1,0	5,6	22	0,30	48	8	5	< 2	8	0,08	21

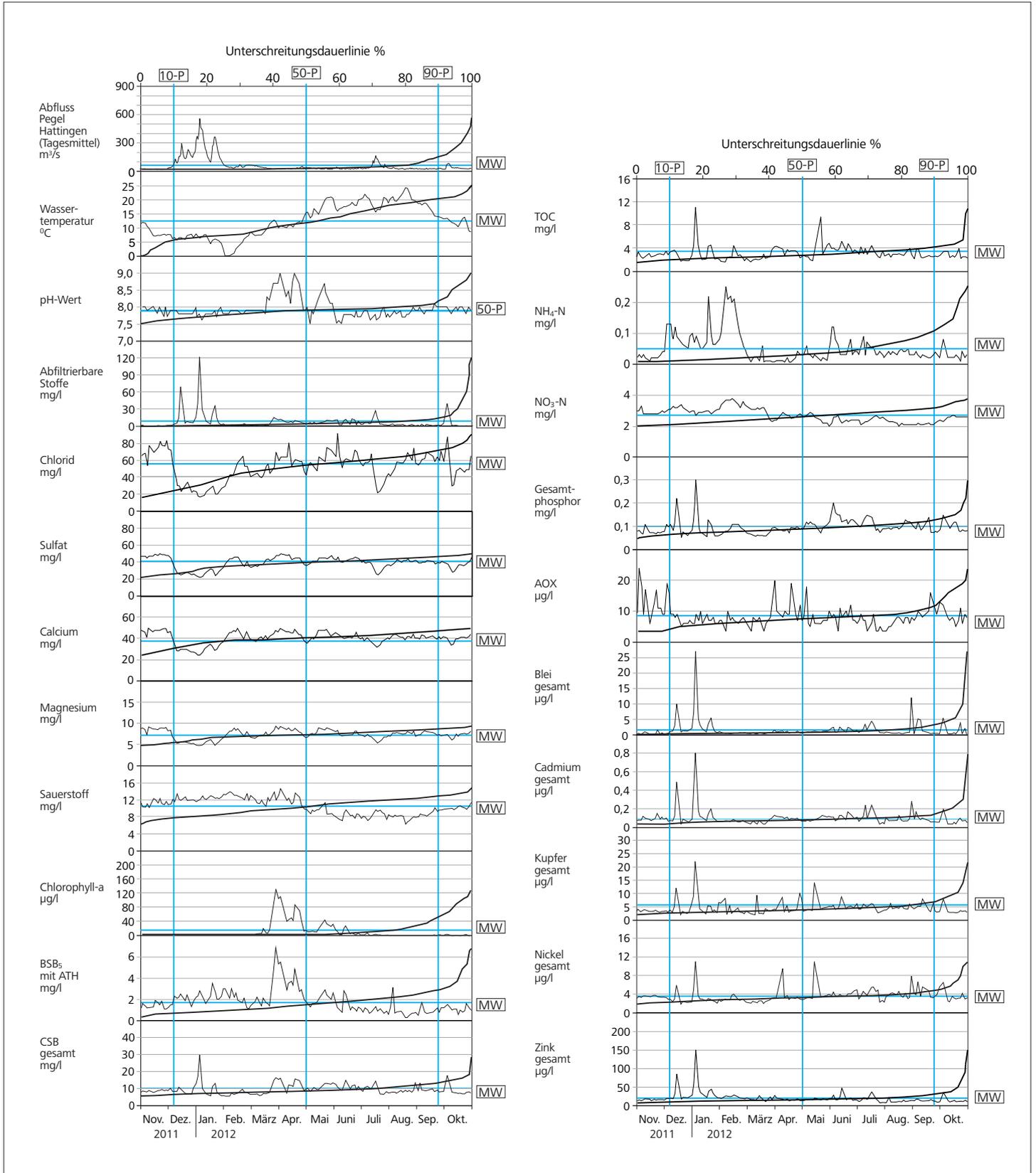


Bild 2.2: Ganglinien und Unterschreitungsdauerlinien verschiedener Kenngrößen, Ruhr bei Essen-Rellinghausen im Abflussjahr 2012
 Fig. 2.2: Time-variation curves and curves showing the durations below limit for selected parameters, Ruhr at Essen-Rellinghausen in the water year 2012

den Frühjahrsmonaten bewirkt wurden. Die gesteigerte Eliminationsleistung der Abwasserreinigungsanlagen in den letzten Jahrzehnten führte im betrachteten Ruhrverlauf zu einem Rückgang der Ammoniumbelastung. Einen kleineren Anteil an diesem Rückgang hatte auch die geringere Produktion von Biomasse, bei deren Abbau Ammonium entsteht. Im Vergleich zu der Dekade 1970 bis 1980, als in der Ruhr ab Westhofen z.B. die 90-Perzentile über 1,5 mg/l lagen, werden heute Werte erreicht, die sich unterhalb von 10 % der damaligen Konzentrationen bewegen. Ähnliche Verhältnisse sind beim Gesamtposphor zu verzeichnen, jedoch mit einem nicht ganz so starken prozentualen Rückgang. Eine weitere Abnahme der Phosphorkonzentrationen in der Ruhr ist kaum noch mit einer weitergehenden Abwasserreinigung zu erreichen. Denn hier spielt auch der diffuse Eintrag von Phosphorverbindungen eine Rolle. Insgesamt bleibt festzuhalten, dass sich bei allen dargestellten Kenngrößen sowohl auf dem Ruhrabschnitt zwischen „Wildshausen“ und „Mündung“ als auch im Unterlauf der Lenne die Konzentrationen auf einem niedrigen Niveau stabilisiert haben. Die Phosphorkonzentrationen im betrachteten Ruhrabschnitt und in der Lenne erreichten wie in den Vorjahren entsprechend der Vorgaben aus der EG-WRRL überall sicher den „guten“ Zustand. Beim Ammonium-Stickstoff können darüber hinaus sogar drei Probenahmestellen („Wildshausen“, „Westhofen“, „Hohenstein“) mit „sehr gut“ bewertet werden.

Messstelle Ruhr bei Essen-Rellinghausen und Gewässerüberwachungsstationen

Die Ergebnisse der Untersuchungen an der Probenahmestelle „Essen-Rellinghausen“ im Abflussjahr 2012 sind mit Hilfe aussagekräftiger statistischer Parameter für relevante Kenngrößen in den Tabellen 2.1 und 2.2 zusammengefasst. Das Bild 2.2 zeigt für ausgewählte Kenngrößen den zeitlichen Verlauf im Abflussjahr, der zusammen mit den dazugehörigen Summenhäufigkeiten als Unterschreitungsdauerlinie abgebildet ist. Die Schnittpunkte der Dauerlinie mit entsprechenden (blauen) senkrechten Linien stellen die 10-, 50- und 90-Perzentile dar, während das jeweilige arithmetische Mittel mit Hilfe einer waagerechten Linie abgelesen werden kann.

Neben den Ergebnissen der stichprobenartigen Untersuchungen der Ruhr bei Essen-Rellinghausen gehen zur Bewertung oder Interpretation auch die Daten der zwischen Echthausen und Ruhrmündung liegenden Gütemessstationen ein (Bild 2.3). Diese werden, zum Teil in Kooperation, vom Ruhrverband, dem Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz (LANUV), der Bezirksregierung Arnsberg sowie der Westfälischen Wasser- und Umweltanalytik GmbH (WWU) betrieben. An zwei der neun Stationen beteiligt sich zudem die Arbeitsgemeinschaft der Wasserwerke an der Ruhr (AWWR) an den Betriebskosten. Die jeweiligen Einrichtungen der Gewässerüberwachungsstationen sind in der Tabelle 2.3 zusammengestellt.

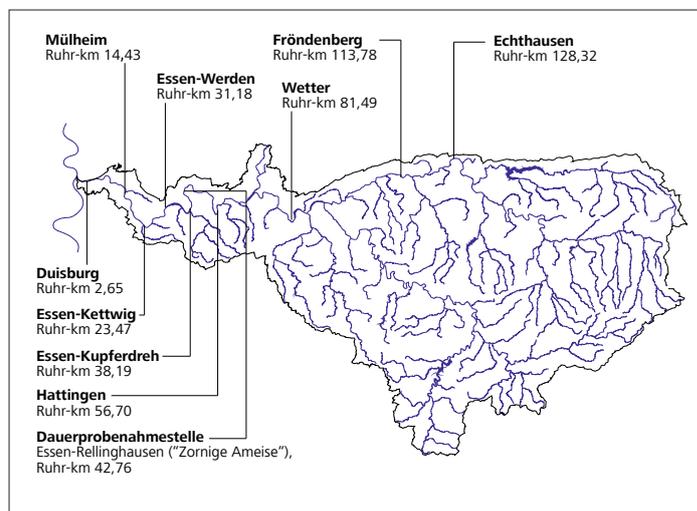


Bild 2.3: Lage der Gewässerüberwachungsstationen an der Ruhr
Fig. 2.3: Location of water quality monitoring stations along the Ruhr

Tabelle 2.3: Einrichtungen der Gewässergüte-Überwachungsstationen an der Ruhr
Table 2.3: Facilities at the water quality monitoring stations along the Ruhr

	Echthausen WWW	Fröndenberg LANUV / WWW	Wetter RV / LANUV	Hattingen RV / LANUV	Essen-Kupferdreh, Baldeneysee Einlauf, RV	Essen-Werden, Baldeneysee Auslauf, RV	Essen-Kettwig, Kettwiger See Auslauf, RV	Mülheim LANUV	Duisburg RV
Chemisch/physikalische Kenngrößen									
Wassertemperatur	x	x	x	x	x	x	x	x	x
pH-Wert	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Redox-Potenzial			x						
Sauerstoffgehalt	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Elektrische Leitfähigkeit	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Trübung	x	x	x	x		x	x		
Spektraler Absorptionskoeffizient				x					
Ammonium-Stickstoff			x	x		x			
Sonstige									
Chlorophyll-a (in vivo Fluoreszenz)			x	x		x			
Lufttemperatur			x			x			
Solarstrahlung			x			x			
Biomonitore									
Daphnientest		x							
Probenahmeeinrichtungen									
Sammelprobenahme-Einrichtungen		x	x	x		x	x	x	x
Selbstentleerende Probenahme-Einrichtungen			x	x		x			
Schwebstoffgewinnung			x	x					
Datenerfassung/-übertragung									
Messwertspeicher		x	x	x	x	x	x	x	x
Datenfernübertragung		x	x	x	x	x	x	x	x

Allgemeine chemische und physikalische Kenngrößen

Wassertemperatur

Die mittlere Wassertemperatur im Abflussjahr 2012 ist im Vergleich zum Vorjahr und zum langjährigen Mittel nochmals um 0,2 °C angestiegen und erreichte so das gleiche (höhere) Temperaturniveau wie 2007 und 2009. Dazu trugen vor allem die relativ hohen Temperaturen von über 6 °C in den nassen Wintermonaten Dezember und Januar bei. In dieser Zeit wurden mit Monatsmitteln von 133 und 265 m³/s und einem Maximum von 587 m³/s (6. Januar 2012) am Pegel Hattingen die höchsten Abflüsse im betrachteten Zeitraum gemessen. Bemerkenswert war ein Kälteeinbruch Anfang Februar, als die Wassertemperaturen innerhalb weniger Tage von 6 °C auf Werte um den Gefrierpunkt sanken. Ab Mitte März bis zum September waren wie im Vorjahr mit Abflüssen um 30 m³/s über eine außerordentlich lange Zeit niedrige Werte festzustellen. Lediglich im Juli war mit durchschnittlich 62 m³/s und einem Maximum von 188 m³/s ein höheres Abflussniveau vorhanden. Im darauf folgenden Monat erreichten dann auch die Wassertemperaturen mit durchschnittlich 21,0 °C (Maximum: 24,8 °C) das höchste Niveau des Abflussjahres 2012.

Die Vorgabe für die Wassertemperatur, die sich für den Ruhrabschnitt vom Möhnezuffluss bis zur Mündung aus der FischgewV für Cyprinidengewässer (Imperativwert von 28 °C als 95-Perzentil) ergibt, und der Orientierungswert von 25 °C, der für Gewässer des Epipotamals maßgeblich ist, wurden sicher eingehalten.

pH-Wert

Die pH-Werte blieben im Winterhalbjahr bis zum Frühlingsbeginn am 20. März 2012 in einem recht engen Bereich zwischen pH 7,6 und 8,3, was in der Ruhr bei Essen für diese Zeit übliche Werte sind. Im Frühjahr dagegen konnten sich bei abflussarmen und strahlungsreichen Bedingungen vor allem in den gestauten Bereichen schon sehr früh vermehrt Algen entwickeln, was in Essen-Rellinghausen, also noch oberhalb des Baldeneysees, zu Chlorophyll-a-Spitzenwerten von 131 µg/l führte. Durch den photosynthetischen Entzug des gelösten CO₂ stiegen die pH-Werte in dieser Zeit bis auf maximal pH 9,0 an. Die monatlichen Medianwerte dagegen blieben unauffällig. Es ist nunmehr das zweite Jahr in Folge, in dem diese Verhältnisse zwischen März und Mai auftraten. Der weitere Jahresverlauf war mit Werten um pH 7,9 unauffällig. Sowohl im Winter- als auch im Sommerhalbjahr betrug der pH-Wert im Median 7,9.

Für die Ruhr sind ein unterer Orientierungswert von pH 6,5 und ein oberer Orientierungswert von pH 8,5 festgelegt. Während der untere Wert zu keinem Zeitpunkt weder in Essen noch an den Messstationen unterschritten wurde, waren in der Zeit des Frühjahrswachstums der Algen zwischen Ende März und Ende April 2012 einige wenige Überschreitungen im Unterlauf der Ruhr festzustellen. Unterhalb des Baldeneysees, der mit einer rechnerischen Aufenthaltszeit des Wasser von bis zu sechs Tagen Algenentwicklungen begünstigt, stiegen in dem Zeitraum von Ende März bis in den Juni hinein die pH-Werte bis zu pH 9,4. Die Beschreibung de-

taillierter Auswirkungen biologischer Prozesse auf die Gegebenheiten in der Ruhr bleibt Kapitel 3, Beitrag „Trophische Situation in der Ruhr“, vorbehalten.

Trübung/Abfiltrierbare Stoffe

Die zeitliche Abfolge und die Höhe des Abflusses beeinflussen stark den Gehalt an transportierten organischen und anorganischen Partikeln in der Ruhr. Zur Bestimmung dieser Effekte werden die Konzentrationen der Abfiltrierbaren Stoffe und des Glührückstands sowie die Trübung (nicht dargestellt) ermittelt. Ein Anstieg der Trübung und damit des Gehalts Abfiltrierbarer Stoffe erfolgte stets dann, wenn schnell zunehmende Abflüsse vorhanden waren. Dieses war in den Wintermonaten Dezember und Januar bei den drei markanten Abflussspitzen (17. Dezember 2011, 6. Januar 2012, 23. Januar 2012) der Fall, als die Konzentrationen Abfiltrierbarer Stoffe deutlich anstiegen. Das Maximum wurde mit 121 mg/l während des Hochwassers Anfang Januar bei einem zugehörigen Trübungswert von 90 FNU erreicht, das ist etwa das 15fache des Jahresmittels des Abflussjahres 2012. Naturgemäß sind bei Abflusanstiegen in den Wintermonaten die Trübstoffe durch die Resuspendierung von Gewässersedimenten und Abschwemmungen aus dem ufernahen Umfeld hauptsächlich mineralischen Ursprungs. In dieser Zeit findet kaum Primär- und Sekundärproduktion in der Ruhr statt. Bei den genannten Abflussspitzen betrug der Anteil des Glührückstands der Abfiltrierbaren Stoffe, der die mineralischen Inhaltsstoffe kennzeichnet, 80 bis 85 %.

Anders stellen sich die Verhältnisse in der Vegetationsperiode während der Frühjahrs- und Sommermonate dar. Zum einen blieben in den produktiven und biomassereichen Monaten März bis Mai die Abfiltrierbaren Stoffe stets unter 16 mg/l. Zum anderen ging der mineralische bzw. anorganische Anteil auf Werte um 50 % zurück. Mit Rückgang der planktischen Biomasse (vgl. Beitrag „Trophische Situation in der Ruhr“) stellten sich auch im Sommer annähernd die Verhältnisse ein, die in den Wintermonaten vorhanden waren. Dieses zeigte sich bei dem einzigen nennenswerten Abflusanstieg am 18. Juli 2012, als 188 m³/s gemessen wurden. Die Fischgewässer-Verordnung (FischgewV) schreibt für die Abfiltrierbaren Stoffe einen Grenzwert von 25 mg/l (als Mittelwert) vor. Dieser Wert wurde wie in den vorangegangenen Jahren mit 7,2 mg/l sicher eingehalten. Auch an den Messstationen, die mit einer kontinuierlichen Trübungsmessung ausgestattet sind, waren keine Auffälligkeiten zu beobachten.

Elektrische Leitfähigkeit

Durch die Konzentrationszunahme gelöster ionischer Verbindungen bei lang anhaltenden Niedrigwasserperioden nimmt naturgemäß auch die Elektrische Leitfähigkeit (nicht grafisch dargestellt) zu. Die höchsten Werte wurden zum einen im November 2011 während der bemerkenswerten Niedrigwasserphase (trockenster November seit über 100 Jahren) und zum anderen im Juni 2012 gemessen, als zum Niedrigwasser noch die Mineralisierung abgestorbener Biomasse hinzukam. Die Maximalwerte von 640 bzw. 643 µS/cm lagen ebenso wie das Jahresmittel von 464 µS/cm etwas niedriger als im Vorjahr. Das diesjährige Mini-

mum von 232 $\mu\text{S}/\text{cm}$ trat am 6. Januar 2012 während des Hochwassers auf.

Mineralische Inhaltsstoffe

Chlorid und Sulfat

Entsprechend der zurückgegangenen Werte der Elektrischen Leitfähigkeit weisen auch die beiden wichtigsten Anionen Chlorid und Sulfat im Ruhrwasser im Vorjahresvergleich der Jahresmittel 5 % niedrigere Konzentrationen auf. Insgesamt lagen die niedrigeren Werte für Chlorid im abflussreicheren Winterhalbjahr mit durchschnittlich 48 mg/l bzw. bei der Abflussspitze Anfang Januar mit 17 mg/l vor. Allerdings traten auch hier Gehalte bis zu 86 mg/l Chlorid auf, als sowohl am Anfang als auch am Ende des hydrologischen Winterhalbjahrs mit insgesamt 10 Wochen eine außergewöhnlich lange Niedrigwasserphase zu verzeichnen war. Im Sommerhalbjahr gab es durch die anhaltenden Niedrigwasserphasen mit durchschnittlich 56 mg/l Chlorid insgesamt höhere Konzentrationen. Der Konzentrationsverlauf von Sulfat entsprach weitestgehend dem des Chlorid, allerdings auf einem etwas niedrigeren Niveau und ohne die ausgeprägten Extremwerte. Die mittleren Konzentrationen von Chlorid hielten den ACP-Orientierungswert des guten ökologischen Zustands von 200 mg/l sicher ein, was zu einer Einstufung in „gut“ führte. Das Gleiche gilt auch für die LAWA-Zielvorgaben und die Grenzwerte der TrinkwV, die weit unterschritten wurden.

Fluorid und Bromid

Die beiden weniger bedeutsamen Anionen Fluorid und Bromid (grafisch nicht dargestellt) zeigten ähnliche Verläufe wie die oben beschriebenen Chlorid und Sulfat. Die Maximalkonzentrationen traten mit 0,11 mg/l Fluorid und 0,18 mg/l Bromid in dem trockenen Monat November 2011 auf. Wie beim Sulfat waren hinsichtlich der mittleren Konzentrationen im Winter und Sommer keine oder nur sehr geringe Unterschiede festzustellen. Während beim Jahresmittel des Fluorids im Vergleich zum Vorjahr (0,11 mg/l) ein Konzentrationsrückgang auf 0,09 mg/l zu verzeichnen war, blieb die durchschnittliche Bromid-Konzentration unverändert. Für diese beiden Anionen fehlen entsprechende Vorgaben für Oberflächengewässer, so dass hier hilfsweise für Fluorid der Grenzwert der TrinkwV von 1,5 mg/l herangezogen wird, der mit sehr großem Abstand eingehalten wurde. Das Anion Bromid wird auch in der TrinkwV nicht limitiert, trotzdem sind niedrige Konzentrationen wünschenswert, um eine eventuelle Bromatbildung bei der Ozonung im Prozess der Trinkwasseraufbereitung gering zu halten.

Alkali- und Erdalkalimetalle

Die Kationen der Alkalimetalle Calcium und Magnesium zeigen ebenfalls eine Abhängigkeit vom Abflussgeschehen, jedoch mit einer geringeren Ausprägung als beispielsweise das Chlorid. Die Calcium-Konzentration schwankte zwischen 24 mg/l zur Zeit ansteigender Abflüsse (Minimum Anfang Januar 2012) und 49 mg/l im November 2011 in bzw. nach einer mehrmonatigen Niedrig-

wasserphase. Analog dazu betragen für Magnesium die entsprechenden Extremwerte 4,7 mg/l (Anfang Januar 2012) und 9,3 mg/l (Ende März 2012). Die mittleren Konzentrationen mit 40 mg/l Calcium und 7,3 mg/l Magnesium waren nahezu identisch mit denen des Vorjahres. So ist das Ruhrwasser mit Härtegraden zwischen 0,7 und 1,3 mmol/l CaCO_3 (3,9 bis 7,3 °dH) wie in den vorangegangenen Jahren als „weich“ einzustufen.

Das Abflussjahr 2012 zeichnete sich durch lang andauernde Niedrigwasserperioden im November und ab Ende März aus. Das führte zu relativ hohen Natrium-Konzentrationen bis zu 68 mg/l (Jahresmittel: 39 mg/l). Aufgrund fehlender Anforderungen für Oberflächengewässer wurde der Grenzwert der TrinkwV (200 mg/l) herangezogen, der selbst von den Maxima im gesamten Abflussjahr sicher eingehalten wurde.

Organische Summenparameter

Für die Bestimmung der Gewässergüte werden im Hinblick auf die organischen Inhaltsstoffe und die (bio)chemische Abbaubarkeit verschiedene Summenparameter analysiert. Die wichtigsten und gebräuchlichsten Kenngrößen sind der Biochemische Sauerstoffbedarf (BSB₅), die chemische Oxidierbarkeit mittels Kaliumdichromat (CSB) und Kaliumpermanganat (IMn), der Organisch Gebundene Kohlenstoff (DOC und TOC), der Spektrale Absorptionskoeffizient bei 254 nm und die Adsorbierbaren Organisch Gebundenen Halogene (AOX). Im Folgenden erfolgt eine Charakterisierung der Ruhrwasserbeschaffenheit mit Hilfe einiger dieser Parameter.

Biochemischer Sauerstoffbedarf nach fünf Tagen

Die (relativ) hohen Werte des BSB₅ (mit ATH) des Vorjahres, die auf einer starken Frühjahrsentwicklung planktischer Algen beruhten, waren dieses Jahr etwas rückläufig. Zwar traten 2012 Ende März/Anfang April Chlorophyll-a-Konzentrationen bis zu 131 $\mu\text{g}/\text{l}$ in Essen-Rellinghausen auf (vgl. Kapitel 3, Beitrag „Trophische Situation in der Ruhr“), jedoch hatten Werte über 100 $\mu\text{g}/\text{l}$ Chlorophyll-a nur knapp eine Woche Bestand (2011: etwa 3 Wochen über 100 $\mu\text{g}/\text{l}$ bei einem Maximum von 208 $\mu\text{g}/\text{l}$). So erreichte der BSB₅ (mit ATH) auch nur an wenigen Tagen einen Wert über 4 mg/l (Maximum: 6,8 mg/l). Im Vergleich zu den Jahren 2000 bis 2009, als Planktonentwicklungen aufgrund der Makrophyten-Dominanz in der Ruhr stark rückläufig waren, nahm in den Jahren 2011 und 2012 die autochthon gebildete planktische Biomasse erheblich zu, was zu einem höheren Niveau des Biochemischen Sauerstoffbedarfs führte. In den beiden letzten Jahren sind in der grafischen Darstellung die unterschiedlichen Grundniveaus des BSB₅ im Winter- (ca. 2 mg/l) und im Sommerhalbjahr (ca. 1 mg/l) zu erkennen. Abflussanstiege führten vor allem in den Wintermonaten zu etwas höheren BSB₅-Werten. Einen viel größeren Einfluss auf den Biochemischen Sauerstoffbedarf haben allerdings die Algen- und Zooplanktonentwicklungen in der Vegetationsperiode, in der die Chlorophyll- und BSB₅-Konzentrationskurven (oberhalb des Grundniveaus) nahezu synchron sind. Für die Beurteilung des ökologischen Zustands nach der EG-WRRL ist der als Mittelwert definierte Orientierungswert von 6 mg/l BSB₅ (ohne ATH) maßgeb-

lich. Dieser wurde 2012 mit einem mittleren BSB₅ von 2,1 mg/l (2011: 2,3 mg/l) um deutlich mehr als die Hälfte unterschritten, so dass für die Ruhr in Essen-Rellinghausen weiterhin der „sehr gute“ Zustand sicher erreicht wurde. Nach der geringfügigen Überschreitung der Anforderung nach FischgewV von 6 mg/l BSB₅ (95-Perzentil) in 2011 wurde diese im aktuellen Jahr mit 3,9 mg/l wie in den Jahren zuvor wieder eingehalten.

Chemischer Sauerstoffbedarf und Gesamter Organisch Gebundener Kohlenstoff

Im Gegensatz zum Biochemischen Sauerstoffbedarf wird der Chemische Sauerstoffbedarf, mit dem auch schwer und nicht abbaubare Substanzen erfasst werden, viel stärker vom Abflussgeschehen beeinflusst, da bei höheren Abflüssen vornehmlich resuspendierte Sedimente und Abspülungen aus ufernahen Flächen und nicht leicht abbaubare Biomasse den CSB erhöhen. So wurde das diesjährige Maximum mit 29,4 mg/l bei dem Abflussanstieg am 6. Januar 2012 auf 587 m³/s gemessen. Im Mittel wurden 2012 für den CSB 9,5 mg/l und für den TOC 3,2 mg/l gemessen. Da der CSB keinen aktuellen Anforderungen im Gewässer unterliegt, wird der Orientierungswert von 7 mg/l TOC zur Bewertung herangezogen. Dieser wurde 2012 um mehr als die Hälfte unterschritten, so dass wie in den Vorjahren eine Einstufung in „sehr gut“ erfolgt. Die LAWA-ZV, die für den TOC als 90-Perzentil maximal 5 mg/l vorschreibt, wird ebenfalls eingehalten.

Adsorbierbare Organisch Gebundene Halogene

Die Erfassung der organischen Halogenverbindungen mit Chlor, Brom und Jod im Gewässer erfolgt mit dem Summenparameter Adsorbierbare Organisch Gebundene Halogene (AOX). In der Ruhr stammen die organischen Halogenverbindungen hauptsächlich aus den eingeleiteten gereinigten kommunalen Abwässern. So werden die Konzentrationsmaxima in Zeiten lang andauernder Niedrigwasserphasen gemessen, wenn die gereinigten Abwässer einen relativ hohen Anteil im Fließgewässer haben. Dieses war im November 2011 mit einem Monatsmittel von 13 µg/l und einem Maximum von 24 µg/l wie im April, jedoch mit etwas niedrigeren Werten, der Fall. Wie im vorangegangenen Jahr betrug die mittlere Konzentration in der Ruhr bei Essen 8 µg/l AOX bei einer Spannweite von <5 bis 24 µg/l AOX. Auch das 90-Perzentil lag mit 12 µg/l AOX auf dem Niveau von 2011 (13 µg/l AOX), so dass die LAWA-ZV von 24 µg/l für diesen Parameter sicher eingehalten wurde.

Sauerstoffhaushalt

Noch in den 1990er Jahren führte die Sekundärbelastung durch mikrobiellen Abbau der autochthon gebildeten Biomasse im Unterlauf der Ruhr häufiger zu Sauerstoffabnahmen, die eine künstliche Belüftung zur Vermeidung kritischer Verhältnisse für die Fische erforderlich machten. Die Überwachung der Sauerstoffverhältnisse zwischen Fröndenberg und der Ruhrmündung erfolgt zeitnah an sieben Messstationen. Bild 2.4 zeigt die monatlichen Mittelwerte und die Bandbreite der mittleren Tageswerte der Sauerstoffkonzentrationen für das Abflussjahr 2012. Bis einschließlich

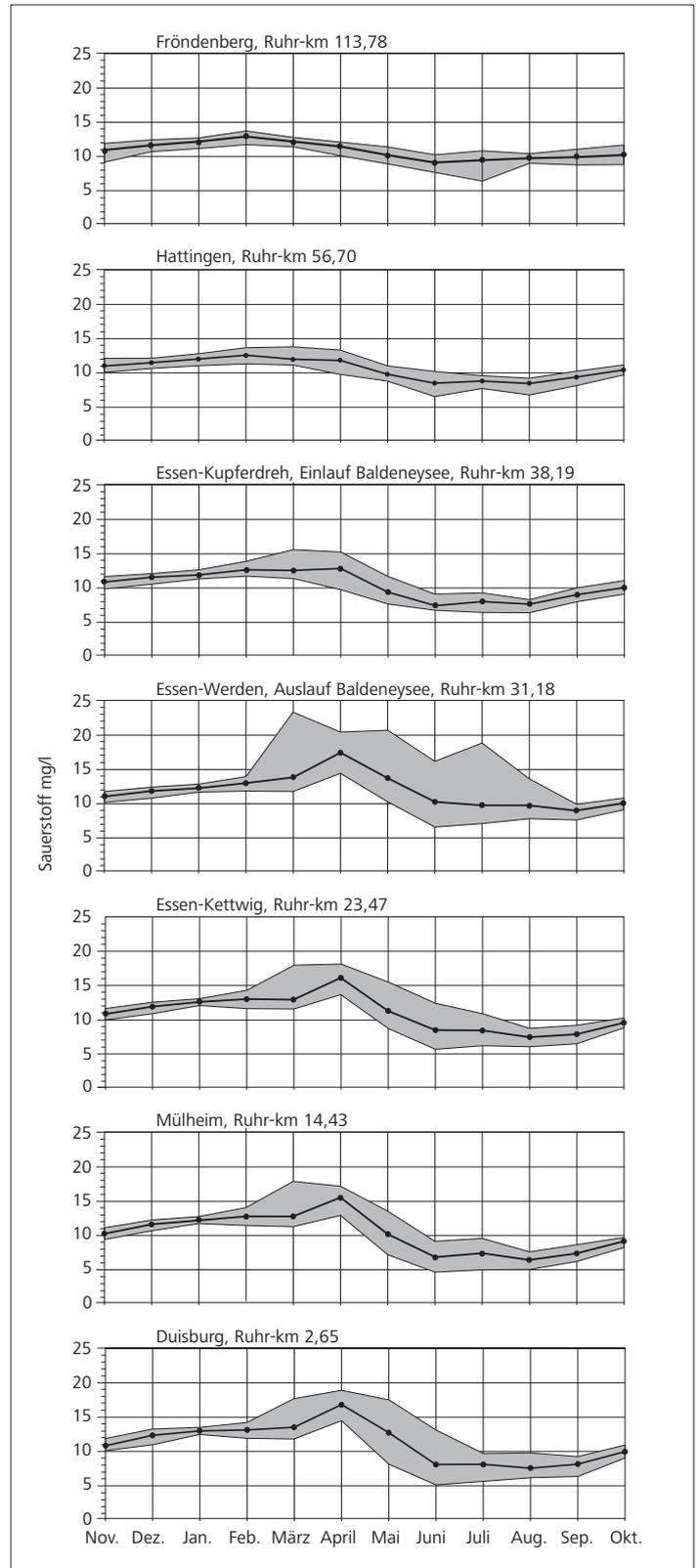


Bild 2.4: Sauerstoffgehalte in der Ruhr, monatliche Durchschnittswerte und Bandbreite der Tagesdurchschnittswerte, Abflussjahr 2012
Fig. 2.4: Oxygen in the Ruhr, monthly means and spread of daily means, water year 2012

Essen-Kupferdreh, also noch vor dem Einlauf in den Baldeneysee, spiegelten die mittleren Sauerstoff-Konzentrationen nahezu die temperaturabhängige Löslichkeit (90 bis 100 % Sättigung) wider. Die Bandbreite bewegte sich in einem Bereich bis zu einem Delta von maximal 5,4 mg/l O₂. Mit der höheren Biomassebildung im Baldeneysee, dem größten der Ruhrstauseen, nahm naturgemäß die Amplitude der Sauerstoffwerte in der Vegetationsperiode zu. Als Maxima der Tagesmittelwerte wurden im Auslauf im März 23,4, im April 20,4, im Mai 20,7 und im Juli 18,8 mg/l O₂ gemessen. Diese stellten die einzigen Sauerstoffkonzentrationen im gesamten Ruhrverlauf oberhalb von 20 mg/l dar. Die Abnahme der mittleren O₂-Gehalte und auch der Minima deutete sich schon oberhalb der Stauhaltung Baldeney an, zeigte sich aber mit zunehmender Fließstrecke deutlich unterhalb des Stausees bis nach Duisburg. Während in der Ruhr bis Essen-Werden die Sauerstoffkonzentrationen nur kurzzeitig zwischen Juni und August bis auf 6,5 mg/l sanken, wurden auf dem Abschnitt zwischen Essen-Kettwig und Duisburg mehrfach Werte zwischen 5 und 6 mg/l, in Mülheim kurzzeitig sogar darunter gemessen. Auf dieser Gewässerstrecke spielen in der Vegetationsperiode weniger Algenentwicklungen bzw. Biomasseaufbau eine Rolle, sondern vielmehr bestimmen mikrobielle, sauerstoffverbrauchende Vorgänge und auch die nächtliche Atmung durch Planktonalgen das Sauerstoffgeschehen, wie auch in der Abnahme der mittleren Monatskonzentrationen zu erkennen ist.

In Bild 2.5 sind für den Zeitraum Mai bis Oktober (hydrologisches Sommerhalbjahr) die Sauerstoffdauerlinien der Tagesmittelwerte im Auslauf des Baldeneysees (Messstation Essen-Werden) sowohl für das aktuelle Jahr als auch für die Jahresreihe 1971 bis 2011

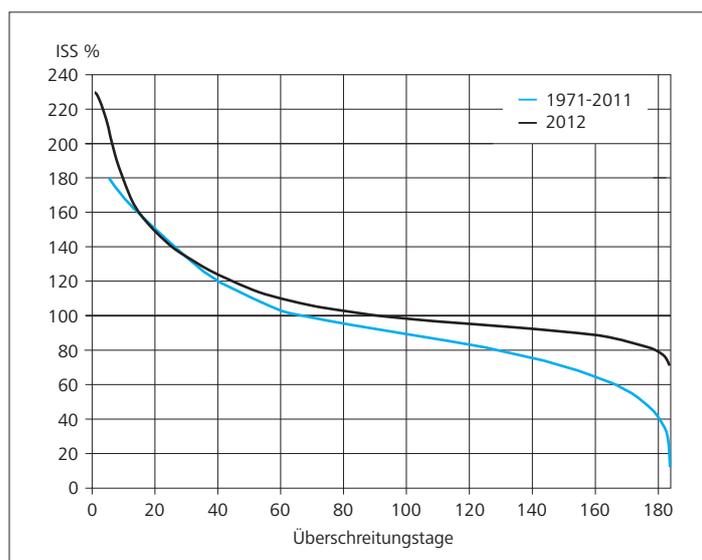


Bild 2.5: Sauerstoffdauerlinie der Tagesmittelwerte im Sommerhalbjahr 2012 und Vergleich mit den langjährigen Werten an der Gewässergüte-Überwachungsstation Essen-Werden (Baldeneysee Auslauf)

Fig. 2.5: Oxygen duration curve of daily means during the six summer months in 2012 and comparison with the long-term results of the water quality monitoring station Essen-Werden (outflow Lake Baldeney)

dargestellt. Der Anteil der Tage mit einer Sauerstoffsättigung über 90 %, der im Vorjahr schon bei 75 % lag, erhöhte sich in diesem Jahr auf 85 %. Nur noch an 27 Tagen lagen Sättigungswerte unterhalb von 90 % und lediglich an 4 Tagen unterhalb von 70 % vor. Kritische Sauerstoffsättigungen, bei denen früher Belüftungsmaßnahmen eingeleitet werden mussten, lagen wie schon in den vorangegangenen Jahren (Ausnahme 2010) nicht vor. Dies zeigt deutlich, wie die abwassertechnischen Maßnahmen zur Reduzierung von organischen Einträgen und Nährstoffen (insbesondere Phosphor) im Ausbleiben von Algenmassenentwicklungen ihre Wirkung zeigen.

Bild 2.6 zeigt die prozentuale Verteilung der Sauerstoffkonzentrationen auf der Basis der Tagesmittelwerte im Abflussjahr 2012 für die sechs Gütemessstationen an der unteren Ruhr zwischen Hattingen und Duisburg. Die Farbgebung der einzelnen Konzentrationsbereiche erfolgt entsprechend der Chemischen Gewässergüteklassifikation nach LAWA. Die „Güteklasse II“ erfordert es, dass an 90 % der Tage eines Jahres mehr als 6 mg/l O₂ vorhanden ist. Wie 2011 wurde dieses für die Messstationen Hattingen, Essen-Kupferdreh, Essen-Werden, Essen-Kettwig und Duisburg an mindestens 98 % der Tage sicher eingehalten. Eine Ausnahme bildete, wie auch schon in den vergangenen Jahren, die Ruhr im Bereich der Messstation Mülheim. Hier erreichen die Auswirkungen der sauerstoffzehrenden Prozesse ihr Maximum, so dass das Ziel knapp verfehlt wurde. Blickt man jedoch auf die Entwicklung der Sauerstoffsituation der letzten 40 Jahre, haben sich heute Verhältnisse etabliert, die hinsichtlich des Sauerstoffhaushalts der Ruhr im Unterlauf kaum Anlass zur Sorge geben.

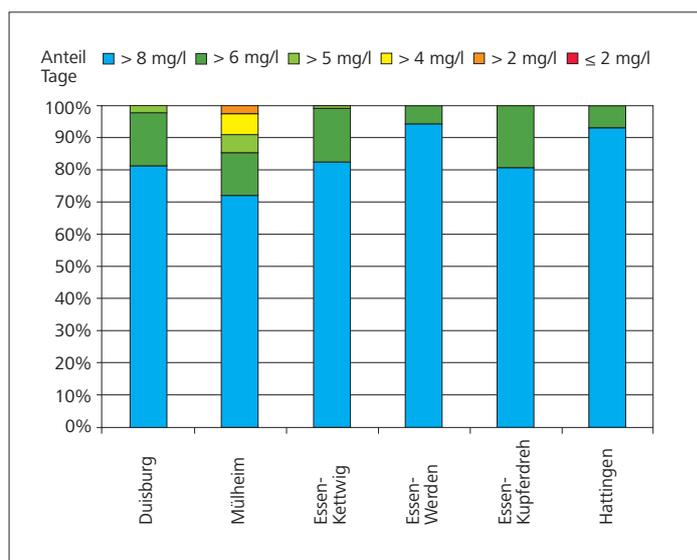


Bild 2.6: Zeitliche Verteilung der Sauerstoffgehalte in der unteren Ruhr, Abflussjahr 2012

Fig. 2.6: Temporal distribution of oxygen levels in the lower Ruhr, water year 2012

Nährstoffe/Trophie

Die Trophie, also die Intensität biogener Aufbauprozesse, ist neben den Faktoren Licht, Temperatur und Kohlenstoffverfügbarkeit u.a. abhängig von dem Vorhandensein der klassischen „Nährstoffe“ Phosphor und Stickstoff. In der Ruhr und ihren Nebengewässern sind für eine Primärproduktion aufgrund der geogenen Grundbelastung und anthropogener Einträge Stickstoffverbindungen im Überfluss vorhanden, die nicht so weit reduziert werden können, dass sie die Algenentwicklung limitieren könnten. Trotzdem wird der Eintrag von Stickstoffverbindungen durch den Betrieb der Stickstoffelimination auf den Kläranlagen, soweit technisch möglich und sinnvoll, vermieden. Nur durch Minimierung von Phosphor im Gewässer kann eine spürbare Begrenzung planktischer Algenentwicklungen herbeigeführt werden. Aus diesem Grund wird auch heute noch die Phosphatfällung auf den Ruhrverbandskläranlagen optimiert.

Phosphor

Seit einigen Jahren bewegen sich die Jahresmittel des Gesamtphosphors in dem Bereich zwischen 0,08 und 0,10 mg/l TP (2012: 0,10 mg/l TP), wobei die Schwankungsbreite der Konzentrationen vor allem durch hydrologische und biologische Faktoren beeinflusst wird. So wurden hohe Werte des Gesamtphosphors einerseits bei den Abflussspitzen im Dezember 2011 und Januar 2012 gemessen, bei letzterer auch das diesjährige Maximum von 0,30 mg/l TP, und andererseits wurden Konzentrationsanstiege bei der Freisetzung löslicher Phosphorverbindungen aus der Mineralisierung zuvor gebildeter Biomasse im Juni und Juli 2012 festgestellt. Bei den winterlichen Abflussspitzen lagen etwa 85 % des Phosphors ungelöst vor. Im Sommer entstehen phasenweise beim Abbau und bei der Mineralisierung planktischer Biomasse u.a. lösliche Phosphorverbindungen, so dass sich das Verhältnis nahezu umkehrt (etwa 70 % gelöst). Niedrige Konzentrationen von gelöstem Phosphor traten vor allem dann auf, wenn dieser als Pflanzennährstoff durch Algen aufgenommen wird, wie es im Frühjahr 2012 der Fall war. Auch nach dem Abklingen von erhöhten Abflüssen gingen die Phosphorgehalte oft auf Werte unterhalb der Ausgangskonzentrationen vor der Abflussspitze zurück. Die Orientierungswerte für Gesamtphosphor von 0,1 mg/l und für o-PO₄-P von 0,07 mg/l (als Mittelwerte) wurden wie in den Vorjahren eingehalten, so dass die Ruhr bei Essen-Rellinghausen bezüglich dieser beiden Kenngrößen mit „gut“ bewertet werden kann.

Nitrat-Stickstoff

Sowohl im Winter- als auch im Sommerhalbjahr wurden im Mittel Nitrat-Stickstoff-Konzentrationen bestimmt, die sich im Vergleich zu den letzten Jahren auf einem sehr niedrigen Niveau bewegten. Vor allem im relativ warmen Winterhalbjahr (durchschnittliche Wassertemperatur 7,6 °C) waren die Bedingungen für Nitrifikations- aber auch für Denitrifikationsprozesse sowohl auf den Kläranlagen als auch im Gewässer im Vergleich zu kälteren Jahren günstig, so dass insgesamt eine niedrigere Stickstoffbelastung in der Ruhr gegeben war. Das diesjährige Maximum von 3,8 mg/l NO₃-N wurde am 15. Februar 2012 gemessen, gegen Ende eines

Zeitraums mit Wassertemperaturen zwischen 0,1 und 2,6 °C. Niedrige Nitrat-Stickstoff-Gehalte waren vor allem dann zu verzeichnen, wenn im warmen Wasser anoxische Verhältnisse am Gewässergrund vorhanden waren, die eine Denitrifikation förderten. Diese Bedingungen traten unter anderem beim Absterben und Abbau der zuvor gebildeten Planktonbiomasse Ende Mai auf. Ähnliche Verhältnisse waren Mitte August gegeben, als jedoch Einträge oder die Remobilisierung organischer Substanzen zu einem erhöhten Sauerstoffverbrauch führten. Bei beiden Ereignissen betrug das Minimum 2,0 mg/l NO₃-N. Trotz deutlicher Rückläufigkeit der Nitratbelastung im Vergleich zum Vorjahr wurde auch 2012 mit einem 90-Perzentil von 3,2 mg/l (2011: 3,7 mg/l NO₃-N) die strenge LAWA-ZV von 2,5 mg/l NO₃-N überschritten.

Ammonium-Stickstoff

Der milde Winter führte auch beim Ammonium-Stickstoff zu relativ niedrigen Konzentrationen, was sich im Jahresmittelwert von 0,05 mg/l NH₄-N widerspiegelte. Die höchsten Ammonium-Stickstoff-Gehalte mit bis zu 0,25 mg/l traten wie beim Nitrat in der „kalten“ Periode von Anfang bis Mitte Februar auf, als Nitrifikationsprozesse aufgrund niedriger Wassertemperaturen erheblich langsamer abliefen. Während des Frühjahrsmaximums der Planktonentwicklung, bei der das Ammonium als Pflanzennährstoff aufgebraucht wird, bewegten sich die Konzentrationen im Bereich zwischen <0,01 und 0,03 mg/l NH₄-N. Mit abnehmenden Algendichten stieg in den darauf folgenden Sommermonaten das Niveau auf einen Konzentrationsbereich zwischen 0,04 und 0,05 mg/l NH₄-N an. Kurzzeitige (geringe) Ammonium-Spitzen bis zu 0,11 mg/l NH₄-N waren auf Niederschlagsereignisse und damit einhergehende Niederschlagswasserentlastungen zurückzuführen. Weder diese noch die Wintermaxima überschritten in der Ruhr sowohl bei Essen-Rellinghausen als auch an den Messstationen den als Mittelwert festgelegten Orientierungswert von 0,3 mg/l NH₄-N. Dem „sehr guten“ Zustand, der ein Mittel von maximal 0,04 mg/l NH₄-N erlaubt, kam die Ruhr 2012 mit einem Jahresmittel von 0,05 mg/l sehr nahe. Weitere Anforderungen, die die FischgewV und die LAWA-ZV vorschreiben, werden mit 0,11 mg/l NH₄-N als 90-Perzentil weiterhin sicher erfüllt und darüber hinaus sogar von den Maxima eingehalten.

Schwermetalle

Das niedrige Grundniveau der Schwermetallkonzentrationen, das sich seit vielen Jahren in der Ruhr eingestellt hat, wurde auch im aktuellen Abflussjahr gehalten. Die Bandbreite zwischen Minima und Maxima wird stark vom Abflussgeschehen bestimmt. Hohe Konzentrationen der ungelösten Schwermetall-Fractionen treten dann auf, wenn der Abfluss stark ansteigt und zur Remobilisierung von Gewässersedimenten und/oder zu Einträgen aus Bodenabschwemmungen führt. Anhaltende Niedrigwasserphasen haben in der Regel einen Anstieg des gelösten, nicht sedimentierbaren Anteils zur Folge. Die Bewertung der Schwermetallbelastung erfolgt auf der Grundlage der Vorgaben der EG-WRRL und der OGewV für die prioritären Stoffe Blei und Nickel bzw. für die prioritär gefährlichen Stoffe Cadmium und Quecksilber an Hand des gelösten Anteils (membranfiltriert). Da auch 2012 Quecksilber selbst in der

unfiltrierten Probe nicht nachgewiesen werden konnte (Bestimmungsgrenze: $<0,05 \mu\text{g/l Hg}$), wird im folgenden Text auf dieses Schwermetall nicht eingegangen. Weitere Schwermetalle, wie Chrom, Kupfer und Zink, werden in der unfiltrierten Probe gemessen und bewertet.

Blei

Das prioritäre Metall Blei kommt in Oberflächengewässern nahezu vollständig partikulär gebunden vor. Die Konzentrationsmaxima wurden, wie üblich, bei Abflussspitzen gleichzeitig mit den bekannten Anstiegen der Trübung gemessen. Das diesjährige Maximum von $27 \mu\text{g/l Pb}$ (gelöst $0,72 \mu\text{g/l}$) wurde beim Winterhochwasser mit $558 \text{ m}^3/\text{s}$ am 6. Januar 2012 erreicht. Bis auf den Wert von $12 \mu\text{g/l}$ am 31. August 2012, der während eines kurzen lokalen Niederschlagsereignisses auftrat, wurden $10 \mu\text{g/l Pb}$ in der Gesamtprobe nicht mehr überschritten. Das Jahresmittel für die filtrierte Probe betrug $0,10 \mu\text{g/l Pb}$ (2011: $0,17 \mu\text{g/l}$) und hält die Umweltqualitätsnorm (UQN) von $7,2 \mu\text{g/l}$ sicher ein (Einstufung in „sehr gut“). Das Gleiche gilt für die Anforderungen der LAWA-ZV ($3,4 \mu\text{g/l Pb}_{\text{ges.}}$) und der TrinkwV ($10 \mu\text{g/l Pb}_{\text{ges.}}$), die zum Vergleich herangezogen wurden.

Cadmium

Das vor allem aus der geogenen Grundbelastung und dem ehemaligen Erzbergbau im Ostteil des Ruhreinzugsgebiets stammende Cadmium trat im Oberlauf ähnlich wie Zink mit erhöhten Konzentrationen auf (siehe Beitrag „Physikalisch-chemische Ruhrlängsuntersuchungen“). Diese sind mit zunehmender Fließstrecke bis zu dem hier betrachteten Abschnitt der unteren Ruhr wieder rückläufig. Während der gelöste Anteil des als prioritär gefährlich eingestuften Cadmiums im Jahresverlauf nahezu konstant bei $<0,05$ bis $0,12 \mu\text{g/l Cd}_{\text{filtr.}}$ (Jahresmittel $0,05 \mu\text{g/l}$) lag, war der ungelöste Anteil abflussbedingt größeren Schwankungen unterworfen. Der höchste Wert von $0,82 \mu\text{g/l Cd}_{\text{ges.}}$ wurde wie für Blei beim Abflussmaximum dieses Jahres am 6. Januar 2012 festgestellt. Das Jahresmittel für $\text{Cd}_{\text{ges.}}$ betrug wie im Vorjahr $0,10 \mu\text{g/l}$.

Die toxische Wirkung von Cadmium gegenüber im Gewässer lebenden Tieren nimmt mit steigender Wasserhärte ab, so dass hier verschiedene Härteklassen mit entsprechenden Umweltqualitätsnormen festgelegt sind. Mit dem Jahresmittelwert in der Ruhr bei Essen-Rellinghausen von $0,05 \mu\text{g/l Cd}_{\text{filtr.}}$ wurde die dem Härtebereich „weich“ zugeordnete UQN von $0,09 \mu\text{g/l Cd}_{\text{filtr.}}$ sicher eingehalten, jedoch der „sehr gute“ Zustand knapp verfehlt. Mit einem 90-Perzentil von $0,14 \mu\text{g/l}$ für die unfiltrierte Probe konnte auch 2012 die LAWA-ZV von $0,07 \mu\text{g/l Cd}_{\text{ges.}}$ nicht eingehalten werden.

Nickel

Dieses hauptsächlich gelöst vorliegende Schwermetall gelangt zum großen Teil über die kommunalen Abwässer, wobei die gewerblichen Abwässer metallbe- und -verarbeitender Betriebe eine Rolle spielen, sowie über die atmosphärische Deposition in die Oberflächengewässer des Ruhreinzugsgebiets. Hohe Werte von

10 bzw. $11 \mu\text{g/l Ni}_{\text{ges.}}$ wurden nicht nur während der Abflussspitzen im Winter erreicht, sondern auch bei kurzzeitigen und kaum abflusswirksamen Niederschlagsereignissen im April und Mai mit entsprechenden Entlastungen aus der Niederschlagswasserbehandlung. Die EG-WRRL-relevanten Konzentrationen der filtrierte Probe betragen 2012 im Mittel $2,9 \mu\text{g/l}$ und im Maximum $4,5 \mu\text{g/l}$. Letzteres trat Anfang Juli 2012 gegen Ende einer Niedrigwasserperiode auf, als 98 % der Nickelverbindungen gelöst vorlagen. Das Jahresmittel von $2,9 \mu\text{g/l Ni}_{\text{filtr.}}$ lag unterhalb der halben UQN von $10 \mu\text{g/l Ni}$, woraus sich für die Ruhr bei Essen-Rellinghausen eine Einstufung in „sehr gut“ ergibt.

Chrom

Die Relevanz des Chroms (nicht grafisch dargestellt) als Wasserinhaltsstoff hat mit der Umsetzung strenger Auflagen vor allem für die Galvanikindustrie schon seit vielen Jahren in der Ruhr an Bedeutung verloren. Inzwischen, so auch 2012, liegen nur noch 20 % der analysierten unfiltrierten Wasserproben oberhalb der Bestimmungsgrenze von $<1,0 \mu\text{g/l Cr}$. Der Mittelwert von $<1,0 \mu\text{g/l Cr}_{\text{ges.}}$ (Maximum $7,9 \mu\text{g/l Cr}_{\text{ges.}}$) hält die UQN von $5 \mu\text{g/l}$ mit sehr großem Abstand ein, so dass hier eine Bewertung mit „sehr gut“ erfolgt.

Kupfer

Das überwiegend über die gereinigten Abwässer kommunaler Kläranlagen in die Gewässer gelangende Kupfer wies vor allem gegen Ende des letzten Jahrhunderts insbesondere aufgrund geringerer gewerblich/industrieller Einträge einen starken Rückgang auf. Mit Höchstwerten des ungelösten Kupfers bei Abflussanstiegen ähnelt der Konzentrationsverlauf stark dem des Nickels. Der filtrierte Anteil blieb davon nahezu unberührt. Dieser stieg jedoch bei längeren Niedrigwasserphasen um etwa 20 % an. Mit einem Mittelwert von $4,6 \mu\text{g/l Cu}_{\text{ges.}}$ wird die Anforderung nach EG-WRRL mit einer UQN von $4 \mu\text{g/l}$ ganz knapp verfehlt, so dass auch 2012 eine Einstufung in „mäßig“ erfolgt. Die Anforderung von $40 \mu\text{g/l Cu}_{\text{filtr.}}$ für das 95-Perzentil, die die FischgewV nennt, wird dagegen mit $4,0 \mu\text{g/l Cu}_{\text{filtr.}}$ sicher eingehalten.

Zink

Wie beim Cadmium wird die Konzentration von Zink im Oberlauf der Ruhr stark aus der geogenen Hintergrundbelastung und dem ehemaligen Erzbergbau bestimmt. Mit steigender Besiedlungsdichte und Industrialisierung im weiteren Fließverlauf nimmt die Bedeutung vor allem punktueller Einträge zu. Der Konzentrationsverlauf über den Berichtszeitraum ist ähnlich abflussgeprägt wie bei den oben genannten Schwermetallen. Auch 2012 wird mit einem Jahresmittel von $21 \mu\text{g/l}$ die sehr strenge UQN von $14 \mu\text{g/l Zn}_{\text{ges.}}$ nicht eingehalten. Damit ist bei der geogenen Vorbelastung und dem hohen kommunalen Abwasseranteil im Ruhrgebiet auch in naher Zukunft nicht zu rechnen. Während dies zu einer Einstufung in „mäßig“ führt, wird die Anforderung nach FischgewV für Cyprinidengewässer von $<1 \text{ mg/l Zn}_{\text{ges.}}$ selbst vom Maximum mit $0,15 \text{ mg/l Zn}_{\text{ges.}}$ mit großem Abstand eingehalten.

Spezielle Einzelstoffe

Borat-Bor

Das niedrige Niveau der Borat-Bor-Konzentrationen (nicht grafisch dargestellt) von durchschnittlich 0,08 mg/l $\text{BO}_3\text{-B}$ hat schon seit mehreren Jahren Bestand. Das Gleiche gilt für die Extremwerte, die mit 0,02 bzw. 0,14 mg/l $\text{BO}_3\text{-B}$ eine geringe Schwankungsbreite dieses hauptsächlich aus kommunalen Abwässern stammenden Stoffes aufweisen. Ein abflussarmes Regime führt zu einer leichten Konzentrationserhöhung, während in abflussreicheren Phasen eine Verdünnung eintritt. Sowohl der gesetzlich nicht verbindliche Orientierungswert des Monitoringleitfadens für den guten chemischen Zustand, Anhang D4, von 0,1 mg/l $\text{BO}_3\text{-B}$ als auch der in der TrinkwV festgeschriebene Grenzwert von 1 mg/l $\text{BO}_3\text{-B}$ werden wie in den Jahren zuvor, letzterer selbst von den Maxima mit großem Abstand, eingehalten.

Zusammenfassende Bewertung

Eine Zusammenfassung (bewertungs)relevanter statistischer Daten von Kenngrößen, die Normen, Verordnungen oder sonstigen Anforderungen unterliegen, zeigt für die Ruhr an der Probenahmestelle Essen-Rellinghausen die Tabelle 2.4. Die allgemeinen physikalisch-chemischen Kenngrößen, die mit Orientierungswerten (ACP-OW) belegt sind, dienen unterstützend der Bewertung des ökologischen Zustands der Ruhr. Für diese wie für die UQN entspricht die farbliche Kodierung der Bewertung der Darstellungsweise für die Einstufung des chemischen Monitorings gemäß EG-WRRL. Bei den übrigen Anforderungen zeigt die grüne Farbgebung die Einhaltung und eine graue Farbe die Überschreitung der entsprechenden Grenzwerte an.

Von den allgemeinen physikalisch-chemischen Kenngrößen können der BSB_5 (ohne ATH) und der TOC, beides Summenparameter zur Bestimmung der organischen Belastung, weiterhin mit „sehr gut“ bewertet werden. Die physikalisch-chemischen Parameter Wassertemperatur, Sauerstoffgehalt, Chlorid, Ammonium-Stickstoff, Gesamt- und o-Phosphat-Phosphor erreichen sicher den „guten“ Zustand. Beim Ammonium-Stickstoff ist zu bemerken, dass hierfür bis 2010 noch der „sehr gute“ Zustand galt, der jedoch nach der deutlichen Verschärfung des Übergangs von „gut“ nach „sehr gut“ (von 0,15 auf 0,04 mg/l $\text{NH}_4\text{-N}$) knapp verfehlt wird. Auch 2012 wurde durch die Algenentwicklungen im Frühjahr beim pH-Wert einige Male der obere Grenzwert von pH 8,5 überschritten.

Hinsichtlich der prioritären Schwermetalle Blei und Nickel wurden die UQN um mehr als 50 % unterschritten, so dass diese mit „sehr gut“ bewertet werden. Eine „gute“ Bewertung erfuhren die beiden prioritär gefährlichen Schwermetalle Quecksilber, für das allerdings UQN, Bestimmungsgrenze und alle Messwerte gleich sind, und Cadmium. Von den weiteren Schwermetallen erreichte Zink in der unteren Ruhr aufgrund geogener Vorbelastungen nur

den „mäßigen“ Zustand. Die gleiche Bewertung erhielt Kupfer, das allerdings den „guten“ Zustand nur ganz knapp verfehlt. Das Schwermetall Chrom hielt die UQN mit großem Abstand ein und wird mit „sehr gut“ bewertet.

Die Anforderungen aus der FischgewV und aus der TrinkwV werden für alle untersuchten Parameter eingehalten. Die LAWA-ZV für die Kenngrößen Kupfer, Zink, Cadmium und Nitrat-Stickstoff werden auch 2012 überschritten. Hier spielen zum einen wie beim Cadmium und Zink erhöhte geogene Grundbelastungen [2.7] und zum anderen wie beim Nitrat anthropogene Einträge aus Besiedlung oder Landwirtschaft eine entscheidende Rolle, so dass auch mittelfristig mit einem Erreichen der entsprechenden LAWA-ZV nicht zu rechnen ist.

[2.7] Ruhrverband: „Die Hintergrundbelastung der Gewässer im Ruhreinzugsgebiet“, Ruhrgütebericht 2005, Essen, S. 82 - 92

Erläuterung der verwendeten Abkürzungen

ACP-OW	Orientierungswerte zur Beurteilung des ökologischen Zustandes
UQN	Umweltqualitätsnormen gem. Tochterrichtlinie zur WRRL
FischgewV / G bzw. I	Fischgewässerverordnung
LAWA ZV	LAWA-Zielvorgaben bzw. Güteklassifikation für Güteklasse II
AGA	Allgemeine Güteanforderungen für Fließgewässer des Landes NRW
TrinkwV	Trinkwasserverordnung
*	gesetzlich nicht verbindlicher Orientierungswert

Einstufung des chemischen Monitorings gemäß WRRL

■ sehr gut	Wert $\leq \frac{1}{2}$ UQN/OW
■ gut	$\frac{1}{2}$ UQN/OW < Wert \leq UQN/OW
■ mäßig	UQN/OW < Wert $\leq 2 \times$ UQN/OW
■ unbefriedigend	$2 \times$ UQN/OW < Wert $\leq 4 \times$ UQN/OW
■ schlecht	Wert $> 4 \times$ UQN/OW

Sonstige Einstufungen

■ eingehalten	■ nicht eingehalten	□ keine Vorgaben
---------------	---------------------	------------------

Tabelle 2.4: Statistische Daten ausgewählter Kenngrößen und Vergleich mit gesetzlichen Anforderungen, Ruhr bei Essen-Rellinghausen im Abflussjahr 2012
 Table 2.4: Statistical data on selected parameters and comparison with legal requirements, Ruhr at Essen-Rellinghausen in the water year 2012

		Anzahl Messungen	Minimum	Mittelwert	Maximum	50-Perzentil	90-Perzentil	95-Perzentil	ACP-OW	UQN	FischgewV / G bzw. I	LAWA ZV	AGA	TrinkwV
Wassertemperatur	°C	136	0,1	12,5	24,2	11,8	20,3	20,9	■		■		■	
pH-Wert		136	7,5	7,9	9,0	7,9	8,2	8,7	■		■		■	
Abfiltrierbare Stoffe	mg/l	132	0,4	7,2	120	3,3	14,5	24,0			■			
Elektrische Leitfähigkeit	µS/cm	136	232	464	643	488	565	601						■
Chlorid	mg/l	136	17	52	91	55	72	77	■			■		■
Sulfat	mg/l	136	22	39	50	40	47	48				■		■
Fluorid	mg/l	136	0,06	0,09	0,11	0,09	0,10	0,10						■
Natrium	mg/l	136	11	39	68	39	57	60						■
BSB ₅ ohne ATH	mg/l	135	0,6	2,1	7,1	1,8	3,2	3,9	■		■			
BSB ₅ mit ATH	mg/l	135	0,3	1,7	6,8	1,5	2,9	3,5					■	
CSB	mg/l	136	5,7	9,5	29	8,8	13,2	15,1					■	
TOC	mg/l	135	1,7	3,2	11,0	2,9	4,3	4,6	■			■	■	
AOX	µg/l	135	< 5	8	24	8	12	17				■	■	
Sauerstoff	mg/l	136	6,3	10,4	14,6	10,5	13,0	13,3	■		■	■		
Gesamtposphor	mg/l	136	0,05	0,10	0,30	0,09	0,13	0,15	■			■	■	
o-Phosphat-Phosphor	mg/l	136	< 0,01	0,06	0,12	0,06	0,09	0,10	■			■		
Nitrat-Stickstoff	mg/l	136	2,0	2,7	3,8	2,7	3,2	3,4				■	■	■
Nitrit-Stickstoff	mg/l	136	< 0,05	< 0,05	0,08	< 0,05	< 0,05	0,05			■	■		■
Ammonium-Stickstoff	mg/l	136	< 0,01	0,05	0,25	0,03	0,11	0,13	■		■	■	■	■
Blei	µg/l	136	0,24	1,7	27	0,93	3,4	5,2				■	■	■
Blei (filtriert)	µg/l	136	< 0,10	0,10	0,72	< 0,10	0,16	0,21		■				
Cadmium	µg/l	136	< 0,05	0,10	0,82	0,08	0,14	0,20				■	■	■
Cadmium (filtriert)	µg/l	130	< 0,05	0,05	0,12	0,06	0,08	0,09		■				
Nickel	µg/l	135	1,9	3,6	11	3,4	4,9	5,7				■	■	■
Nickel (filtriert)	µg/l	97	1,7	2,9	4,5	3,0	3,6	3,7		■				
Quecksilber	µg/l	42	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05		■		■	■	■
Chrom	µg/l	136	< 1,0	< 1,0	7,9	< 1,0	1,4	1,8		■		■	■	■
Kupfer	µg/l	136	2,1	4,6	22	4,0	6,6	8,8		■		■	■	■
Kupfer, (filtriert)	µg/l	134	1,3	2,9	4,4	3,0	3,8	4,0			■			
Zink	µg/l	136	8,3	21	150	17	30	38		■	■	■	■	
NTA	µg/l	136	< 2	< 2	10	< 2	< 2	< 2		■				
EDTA	µg/l	136	< 2	6	13	5	9	11		■				
DTPA	µg/l	136	< 2	9	37	9	18	21		■				
Borat-Bor*	mg/l	135	0,02	0,08	0,14	0,09	0,11	0,12	■					■

3 Die Ruhr und ihre Nebengewässer

Bereits seit vielen Jahrzehnten werden die Ruhr und ihre Nebengewässer physikalisch-chemisch und hydrobiologisch untersucht. So existieren verschiedene Messprogramme, die im Laufe der Zeit regelmäßig den aktuellen Anforderungen angepasst wurden. Hierzu zählen die vierwöchentlichen physikalisch-chemischen Ruhrlängsuntersuchungen sowie vier weitere quartalsweise gemäß den Vereinbarungen mit der Arbeitsgemeinschaft der Wasserwerke an der Ruhr (AWWR) durchgeführte Längsuntersuchungen der Ruhr. Seit 2007 erfolgen entsprechend der Vereinbarung zur Mitwirkung beim Gewässermonitoring zur Umsetzung des operativen Monitorings nach EG-WRRL zwischen dem Land NRW und dem Ruhrverband physikalisch-chemische und hydrobiologische Untersuchungen an der Ruhr und ihren Nebengewässern. Diese Zusammenarbeit umfasst auch die Mitwirkung bei der Bewertung des Gewässerzustands sowie die gegenseitige Verwendung von Monitoringdaten und Auswertungen für Berichtszwecke und Publikationen. Da die Gewässergüte der unteren Ruhr maßgeblich von der trophischen Situation bestimmt wird, erfassen langjährige hydrobiologische Untersuchungsprogramme die Phytoplankton- und Makrophytenentwicklung in der Ruhr und beschreiben den Einfluss biotischer und abiotischer Faktoren.

Physikalisch-chemische Ruhrlängsuntersuchungen

Mit zwölf Probenahmestellen, verteilt auf repräsentative Gewässerabschnitte im Längsverlauf der Ruhr, rückt bei diesem Programm der räumliche Aspekt in den Vordergrund. Der zeitlichen Entwicklung der physikalisch-chemischen und biologischen Beschaffenheit, die Einflüssen durch das Abflussgeschehen, durch die Wetterverhältnisse aber auch durch Belastungssituationen unterliegt, wird durch die vierwöchentliche Probenahmefrequenz Rechnung getragen. Der Vergleich der aktuellen statistischen Daten mit den langjährigen Trends lässt Aussagen über die Entwicklung der Gewässerbeschaffenheit der Ruhr zu. Die Bewertung erfolgt an Hand der aktuellen gesetzlichen Vorgaben. Die zusätzlich gemäß den Vereinbarungen mit der AWWR quartalsweise durchgeführten Ruhrlängsuntersuchungen mit erhöhtem Probenahmestellen- und Parameterumfang werden abwechselnd vom Ruhrverband und vom Hygieneinstitut Gelsenkirchen (im Auftrag der AWWR) durchgeführt. Die Ergebnisse sind im Berichtsteil der AWWR grafisch dargestellt.

Die zwölf Probenahmestellen, die im Rahmen der Ruhrlängsuntersuchungen beprobt werden, sind in Bild 3.1 kartografisch dargestellt und verteilen sich wie folgt auf die einzelnen Ruhrabschnitte. Auf der Fließstrecke von der Quelle bis zur Einmündung der Möhne liegen fünf Stellen („Obere Ruhr“). Es folgen zwischen der

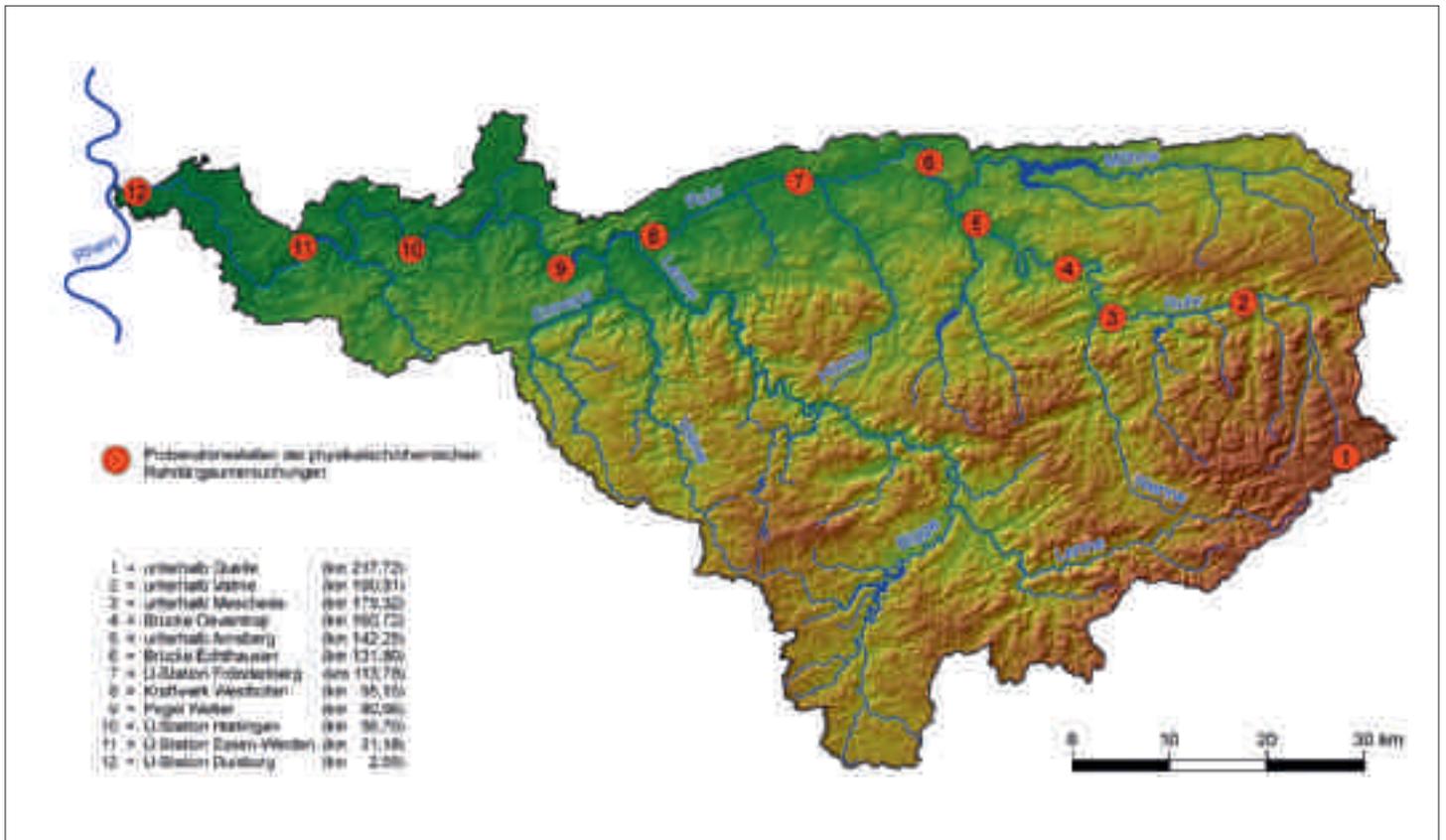


Bild 3.1: Geografische Lage der zwölf Probenahmestellen der Ruhrlängsuntersuchungen
 Fig. 3.1: Location of the 12 sampling points for quality monitoring along the Ruhr



Bild 3.2: Ruhr bei Fröndenberg
Fig. 3.2: Ruhr at Fröndenberg

Möhнемündung und Echthausen (unterhalb der Hönnemündung) drei weitere Untersuchungsstellen („Mittlere Ruhr“, Bild 3.2). Die „Untere Ruhr“ mit ihren Stauhaltungen wird an insgesamt vier Stellen zwischen dem Harkortsee und der Mündung in den Rhein untersucht. Die Flusskilometerangaben für die einzelnen Probenahmestellen basieren auf der 3. Auflage der Gewässerstationierung des Landesamtes für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz (LANUV) [3.1].

Die Abflusstagesmittelwerte der Ruhrpegel Meschede 1, Bachum und Hattingen sind für die 13 Untersuchungstermine im Abfluss-

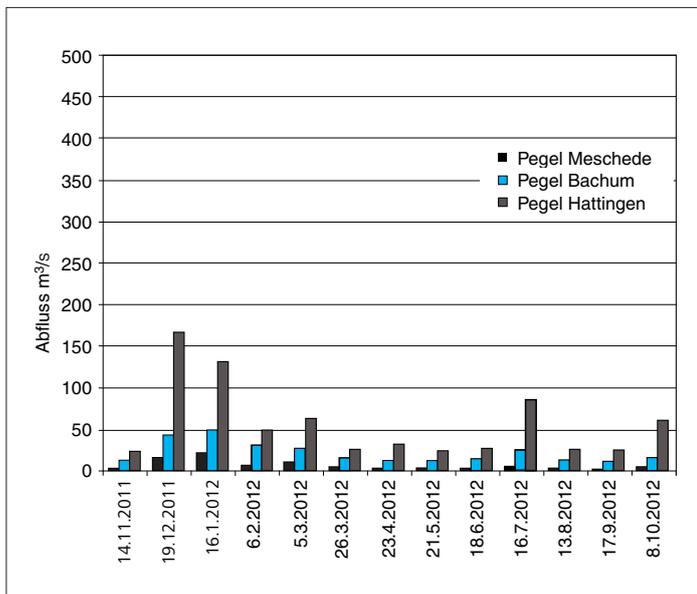


Bild 3.3: Abflüsse an den Pegeln Meschede, Bachum und Hattingen an den Probenahmestellen des Abflussjahres 2012 (Tagesmittelwerte)
Fig. 3.3: Ruhr runoff at the gauging stations Meschede, Bachum and Hattingen at the sampling points of 2012 (daily means)

jahr 2012 in Bild 3.3 als Säulen dargestellt. Der Vergleich der Abflusssituation an den Untersuchungstagen mit der gesamten Jahresreihe am Pegel Hattingen zeigt, dass auch im Jahr 2012 der Mittelwert der 13 Untersuchungstage (57,1 m³/s) mit knapp 10 % etwas unter dem Mittel des Abflussjahres (64,1 m³/s) lag. Vor allem bei der Untersuchung im Januar wurden die beiden Hochwasserereignisse nicht repräsentativ erfasst. In den Monaten mit nur geringen Abflussschwankungen war die Übereinstimmung naturgemäß gut. Auch wurden die erhöhten Abflüsse Mitte Juli mit der routinemäßigen Beprobung der Ruhr sehr gut erfasst.

Bild 3.4 zeigt die statistischen Daten für eine Auswahl der untersuchten Kenngrößen sowohl für das aktuelle Abflussjahr als auch für die Jahresreihe 2002 bis 2011. Die Darstellung der statistischen Auswertungen für das Abflussjahr 2012 erfolgt als „Box-Whisker-Diagramm“. Der Median ist als schwarzer Punkt, die entsprechenden 10- bzw. 90-Perzentile sind als Unter- bzw. Oberkante des dunkelgrauen Rechtecks und die Extremwerte als Ende der Strecken („Whisker“) dargestellt. Die 10- und 90-Perzentile der langjährigen Untersuchungen 2002 bis 2011 sind als graue Fläche hinterlegt, die entsprechenden Mediane sind als rote Linie kenntlich gemacht.

Die Befunde werden auf der Grundlage der Orientierungswerte, die sich aus der Umsetzung der EG-WRRL des Landes NRW [3.2] ergeben, und der jeweils gültigen Umweltqualitätsnormen (UQN), die in der Oberflächengewässerverordnung (OGewV) [3.3] festgelegt sind, sowie der Anforderungen der Fischgewässerverordnung [3.4] bewertet. Eine Erläuterung der Ergebnisse und Randbedingungen gibt der nachfolgende Text.

- [3.1] Landesamt für Natur-, Umwelt- und Verbraucherschutz (LANUV) NRW: Gewässerstationierungskarte des Landes Nordrhein-Westfalen (GSK3B, 3. Auflage, 31. Juli 2006)
- [3.2] Ministerium für Umwelt und Naturschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz (MUNLV) des Landes NRW (Hrsg.): Leitfaden Monitoring Oberflächengewässer, http://www.wiki.flussgebiete.nrw.de/index.php?title=Datei:A_Version1_LeitMoniOberflaech.pdf, Stand: August 2009 (Zugriff 20. März 2013). Anhang D4: http://www.wiki.flussgebiete.nrw.de/index.php?title=Datei:D4_Version1_Aug09_neu.pdf, Stand August 2009 (Zugriff 20. März 2013). Anhang D5: http://www.wiki.flussgebiete.nrw.de/index.php?title=Datei:D5_Version2_ACP_Okt11.pdf, Stand: Oktober 2011 (Zugriff: 20. März 2013)
- [3.3] Ministerium für Umwelt und Naturschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz (MUNLV) des Landes NRW (Hrsg.): Verordnung zum Schutz der Oberflächengewässer (Oberflächengewässerverordnung - OGewV), Bundesgesetzblatt Jahrgang 2011 Teil I Nr. 37, ausgegeben zu Bonn am 25. Juli 2011
- [3.4] Ministerium für Umwelt und Naturschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz (MUNLV) des Landes NRW (Hrsg.): Verordnung zur Umsetzung der Richtlinie 78/659/EWG des Rates vom 18. Juli 1978 über die Qualität von Süßwasser, das schutz- oder verbesserungsbedürftig ist, um das Leben von Fischen zu erhalten, Gesetz- und Verordnungsblatt für das Land Nordrhein-Westfalen, 51. Jahrgang, Nummer 41

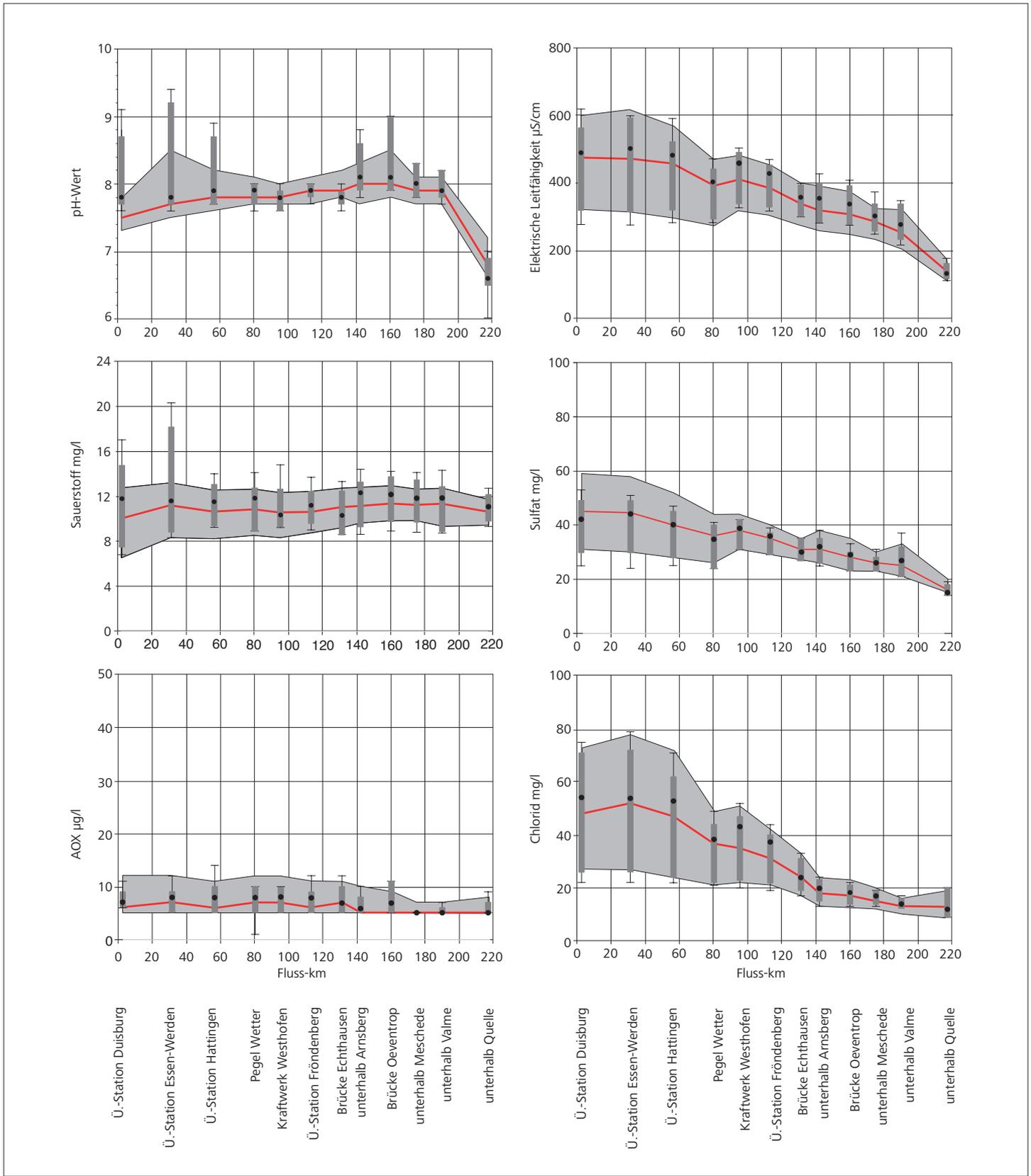


Bild 3.4: Ruhrlängsuntersuchungen im Abflussjahr 2012, statistische Daten ausgewählter Kenngrößen
 Fig. 3.4: Examinations along the Ruhr during the runoff year 2012, statistical data of selected parameters

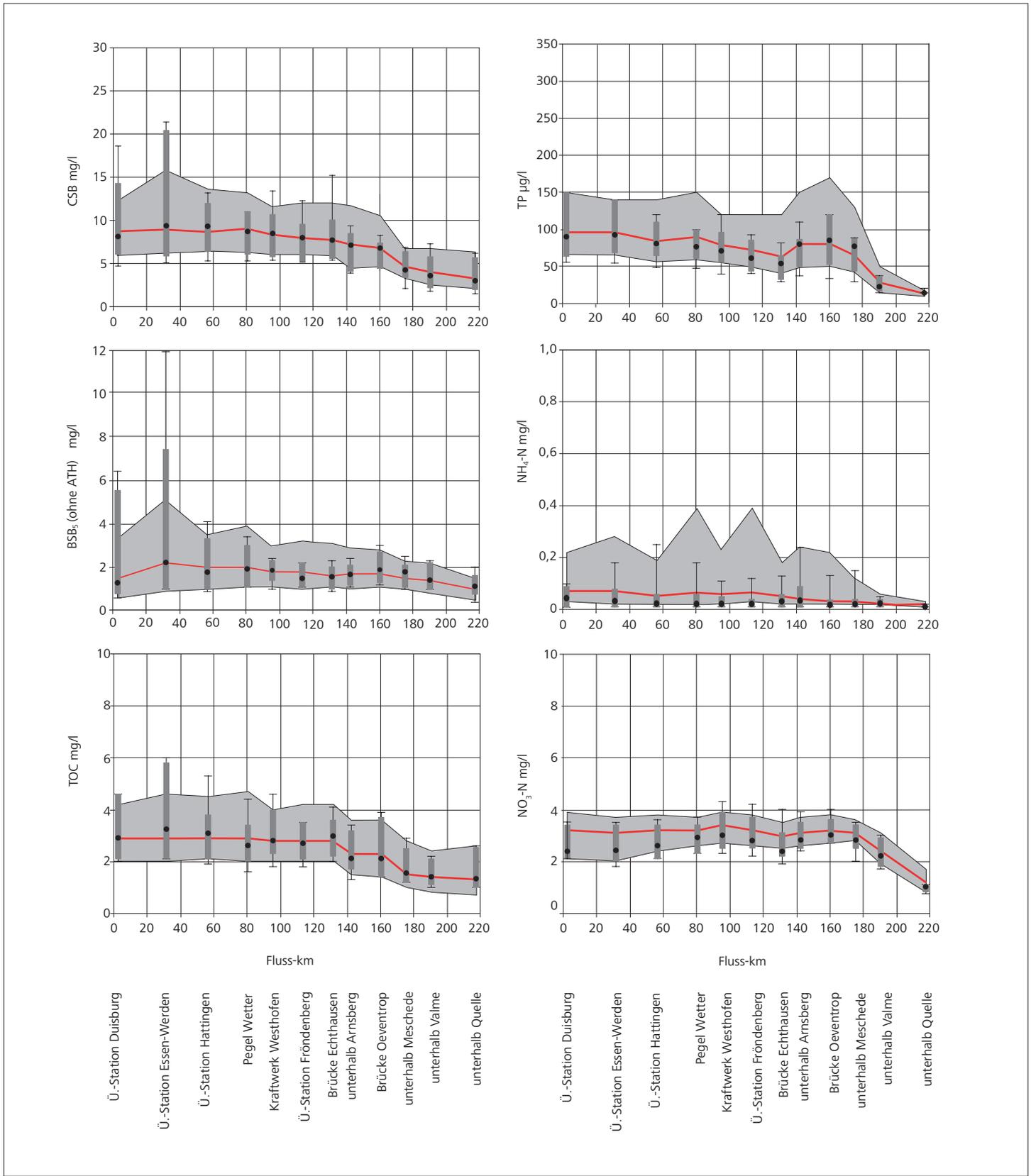


Bild 3.4: Ruhrlängsuntersuchungen im Abflussjahr 2012, statistische Daten ausgewählter Kenngrößen
 Fig. 3.4: Examinations along the Ruhr during the runoff year 2012, statistical data of selected parameters

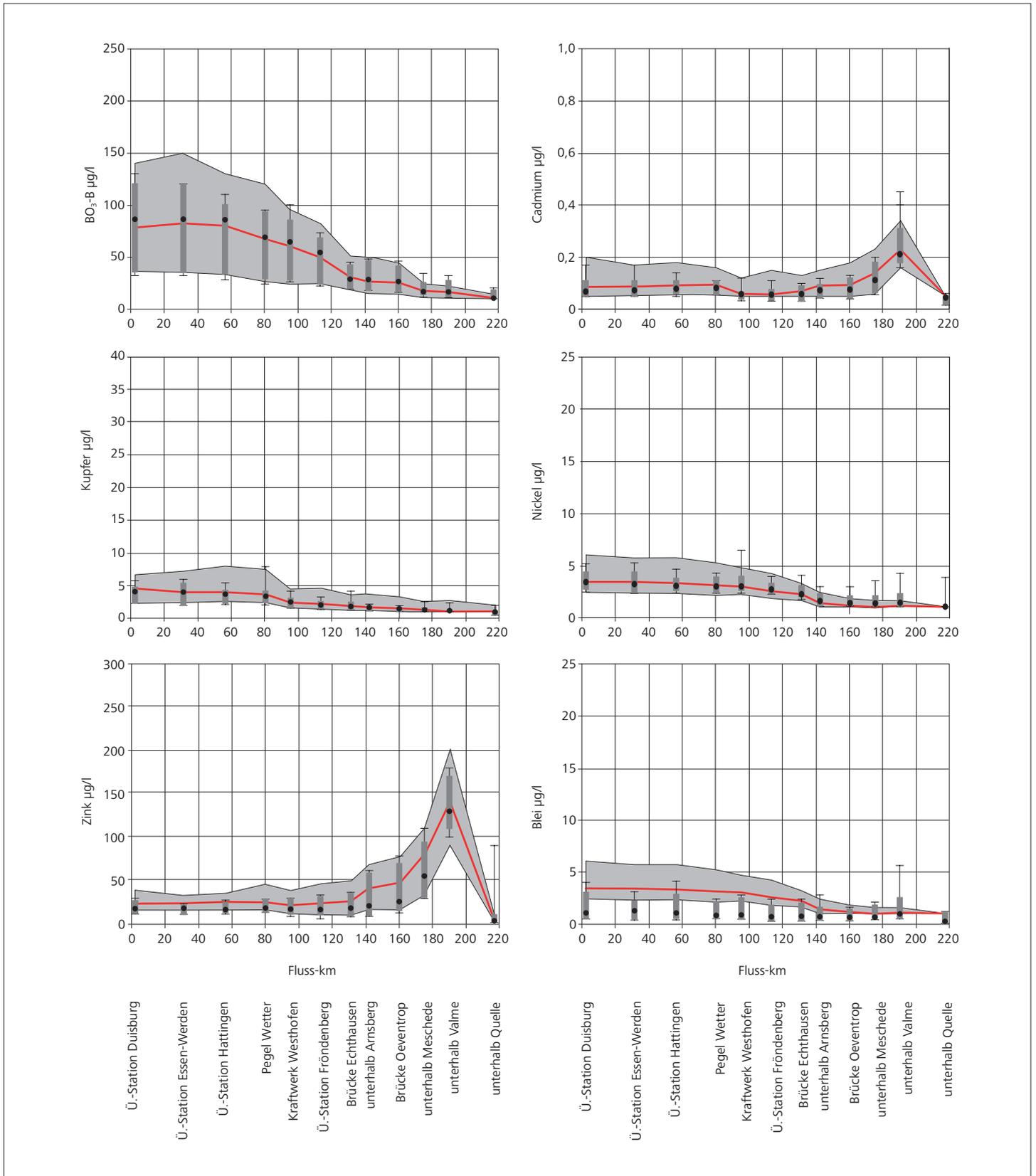


Bild 3.4: Ruhrlängsuntersuchungen im Abflussjahr 2012, statistische Daten ausgewählter Kenngrößen
 Fig. 3.4: Examinations along the Ruhr during the runoff year 2012, statistical data of selected parameters

Allgemeine physikalisch-chemische Kenngrößen

pH-Wert

Der pH-Wert in der Ruhr wird mit zunehmendem Fließverlauf bzw. mit einer längeren Fließdauer immer mehr von den photosynthetischen und CO₂-verbrauchenden Prozessen bestimmt, die durch Algen- oder auch Makrophytenentwicklungen hervorgerufen werden. Das im Vergleich zum letzten Jahrzehnt höhere Niveau bei den meisten statistischen Größen setzte sich auch in 2012 fort. Betroffen war vor allem der Unterlauf, wo selbst das 90-Perzentil (Station Essen-Werden) einen pH-Wert von 9,0 überschritt. Die hohen Werte traten während des Frühjahrsmaximums im April/Mai 2012 auf, als eine Algenentwicklung oberhalb und vor allem im Baldeneysee vorhanden war (vgl. „Trophische Situation in der Ruhr“). Der Anstieg im Oberlauf zwischen Oeventrop und Arnsberg auf einen Wert von pH 9,0 (90-Perzentil/Maximum) beruhte dagegen nicht auf dem Vorkommen von Planktonalgen. Vielmehr waren es hier benthische Wasserpflanzen, vor allem der Flutende Hahnenfuß *Ranunculus fluitans*, die im Mai/Juni bei Niedrigwasser im flachen Bachbett natürlicherweise große Bestände bildeten. An allen übrigen Messstellen blieben selbst die Maximalwerte unter der Anforderung der EG-WRRL, die für Gewässer wie die Ruhr einen pH-Bereich von 6,5 bis 8,5 vorschreibt.

Elektrische Leitfähigkeit

Die Elektrische Leitfähigkeit gibt einen Überblick über die Konzentrationen der ionischen Stoffe. Von der Quelle, an der der Median 129 µS/cm betrug, bis zur Mündung in den Rhein, wo die Ruhr im Median 490 µS/cm erreichte, stieg die Elektrische Leitfähigkeit mit zunehmenden anthropogenen aber auch geogenen Einträgen kontinuierlich an. Bei dem insgesamt niedrigen Abflussniveau 2012 spielten die Einträge salzhaltiger Grubenwässer des Bergwerks „Robert Müser“ eine größere Rolle als in den vergangenen Jahren. Auf der 24 km langen Fließstrecke zwischen dem „Pegel Wetter“ und der „Überwachungsstation Hattingen“ wuchs die mittlere Elektrische Leitfähigkeit um 82 µS/cm (2011: 65 µS/cm). Insgesamt machten sich die langen Niedrigwasserphasen in einem überdurchschnittlichen Niveau der Elektrischen Leitfähigkeit bemerkbar.

Mineralische Inhaltsstoffe

Zur oben genannten Elektrischen Leitfähigkeit tragen vor allem die Kationen Calcium, Magnesium, Natrium und Kalium und die Anionen Chlorid, Sulfat, Nitrat und Hydrogencarbonat bei, so dass eine steigende Leitfähigkeit im Fließverlauf auch eine Zunahme dieser ionischen Inhaltsstoffe bedeutet.

Sowohl beim Chlorid als auch beim Sulfat bewegten sich die statistischen Parameter innerhalb der Bandbreite der langjährigen Werte. Während für Sulfat bei den 10- und 50-Perzentilen nahezu gleiche Konzentrationen wie in den letzten zehn Jahren bestimmt wurden, waren bei den 90-Perzentilen ab etwa Meschede zum Teil deutlich unterdurchschnittliche Werte zu verzeichnen. Beim Chlorid hatten die lang andauernden Niedrigwasserphasen bis

November 2011 und im Frühjahr und Frühsommer 2012 zwar keine Auswirkungen auf die Extremwerte bzw. 10- und 90-Perzentile, allerdings nahm die mittlere Konzentration (Median) bis auf den Quellbereich über die gesamte Fließstrecke zu.

Die hier nicht dargestellten Anionen Fluorid und Bromid spielen mit Maximalkonzentrationen von 0,10 bzw. 0,17 mg/l eine untergeordnete Rolle. Der zeitliche und räumliche Verlauf war ähnlich dem von Chlorid und Sulfat, so dass die höchsten Konzentrationen bei abflussarmen Bedingungen auftraten. Die Gehalte der Kationen Calcium, Magnesium, Natrium und Kalium blieben wie in den vorangegangenen Jahren unauffällig.

Organische Stoffe

Die Verlaufskurven von den Kenngrößen BSB₅ (ohne ATH), CSB und TOC, die hier für die Beurteilung der organischen Belastung herangezogen werden, zeigen im Abflussjahr einen deutlichen Anstieg der 90-Perzentile und der Maxima im Auslauf des Baldeneysees („Überwachungsstation Essen-Werden“). Diese „Ausreißer“ nach oben, die im Mai auftraten, beruhten auf der im Stausee gebildeten planktischen Biomasse. Da es sich hierbei vor allem um leicht abbaubare organische Substanzen handelt, wird in dem über 50 %igen Anteil des BSB₅ (ohne ATH) am CSB deutlich.

An den oberhalb gelegenen Probenahmestellen blieben die 90-Perzentile meist deutlich unter den langjährigen Daten. Hinsichtlich des Medians und der 10-Perzentile waren im Vergleich zu den vorangegangenen Jahren kaum Veränderungen festzustellen. Die in der EG-WRRL als ACP-OW festgelegten Vorgaben für den BSB₅ und TOC werden über die gesamte Fließstrecke auch im Abflussjahr 2012 sicher eingehalten. Dies bedeutet für die beiden Kenngrößen eine Einstufung in „sehr gut“. Darüber hinaus werden auch die Anforderungen der Fischgewässerverordnung für alle Probenahmestellen erfüllt.

Adsorbierbare Organisch Gebundene Halogene (AOX)

Längere Phasen mit niedrigen Abflüssen, wie im Oktober/November 2011 oder von April bis Juni 2012 führten dazu, dass die Adsorbierbaren Organisch Gebundenen Halogene (AOX) in 75 % der genommenen Proben nachweisbar waren (Bestimmungsgrenze: 5 µg/l). Allerdings zeigen die Messergebnisse, deren Maximum bei 14 µg/l AOX lag, dass die Belastung der Ruhr mit AOX auch im Abflussjahr 2012 außerordentlich niedrig war. Die LAWA-ZV von 25 µg/l AOX, die als 90 Perzentil definiert ist, wird von allen Proben aus der Ruhr sicher eingehalten.

Sauerstoffhaushalt

Mit Ausnahme der Probenahmestellen „Brücke Echthausen“ und „Kraftwerk Westhofen“ waren die Sauerstoffkonzentrationen (Median) in der Ruhr überdurchschnittlich, im Unterlauf übertrafen die Maximalkonzentrationen sogar 20 mg/l O₂. Diese hohen Konzentrationen traten während des Frühjahrsmaximums der Algenentwicklung auf, als photosynthetische Prozesse zu Sauerstoffübersättigungen und pH-Anstiegen vor allem unterhalb der

Ruhrstauseen, insbesondere des Baldeneysees, führten. Im Bereich der oberen Ruhr bis etwa Arnsberg wurden die genannten Prozesse dort wirksam, wo sich im flachen Bachbett benthische Makrophyten, hauptsächlich *Ranunculus fluitans*, ansiedeln konnten. Im Sommer und Herbst, wenn die Makrophyten absterben, abtreiben und unter Sauerstoffverbrauch abgebaut werden, sanken auf der Fließstrecke zwischen Oeventrop und Arnsberg die Konzentrationen auf Werte um 8,7 mg/l O₂. Diese Verhältnisse stellten für die Fische jedoch keine kritische Situation dar.

Die üblicherweise relativ großen Spannweiten der Sauerstoffgehalte im unteren Teil der Ruhr waren auch 2012 zu beobachten, jedoch nur an den beiden Probenahmestellen unterhalb des Baldeneysees. Die niedrigste bei den Ruhrlängsuntersuchungen gemessene Konzentration lag bei 7,5 mg/l O₂ an der Ruhrmündung, wo die Folgen des Sauerstoffverbrauchs durch den Biomasseabbau integral erfasst werden. Im Baldeneysee, der sowohl algenreiche (Sauerstoff produzierende) als auch Biomasse abbauende (Sauerstoff zehrende) Perioden aufweist, betrug die Amplitude bis zu 12,3 mg/l O₂. In diesem Zusammenhang sei auf die Beiträge „Zeitlich dichte physikalisch-chemische Überwachungen der Ruhr“ und „Trophische Situation in der Ruhr“ verwiesen, in denen der Sauerstoffhaushalt in der unteren Ruhr ausführlich dargestellt wird. Im gesamten Fließverlauf wurden die Anforderungen und Grenzwerte der bewertungsrelevanten Richtlinien und Verordnungen für Oberflächengewässer auch in diesem Jahr eingehalten.

Nährstoffe

Pflanzliches Leben, wozu im Fließgewässer Makrophyten sowie planktische und benthische Algen zählen, braucht die Nährstoffe Phosphor und Stickstoff, Licht und eine (anorganische) Kohlenstoffquelle. In fließenden aquatischen Systemen kommen als relevante Entwicklungsgrößen die Aufenthalts- oder Verweilzeit des Wassers und für die Gruppe der Kieselalgen noch die Verfügbarkeit gelöster Siliziumverbindungen hinzu. Da Stickstoff (hauptsächlich als Nitrat-Stickstoff) im Ruhreinzugsgebiet in ausreichendem Maße vorhanden ist, wird das Wachstum von Algen aber auch das von Makrophyten vor allem durch die Nährstoffkomponente Phosphor limitiert. Im Folgenden wird die langjährige Entwicklung der Nährstoffkonzentrationen (Gesamtphosphor, Nitrat- und Ammonium-Stickstoff) im Längsverlauf der Ruhr diskutiert und bewertet. Die Zusammenhänge und Abhängigkeiten zwischen biotischen und abiotischen Komponenten werden im Beitrag „Trophische Situation in der Ruhr“ in diesem Kapitel dargestellt.

Der Trend in der Ruhr zu niedrigeren Phosphorkonzentrationen als noch vor zehn Jahren bestätigte sich auch im Abflussjahr 2012. Fast über die gesamte Fließstrecke befanden sich die 50- und 90-Perzentile des Gesamtphosphors unterhalb der langjährigen Werte. Ein etwas höheres Niveau der medianen Konzentrationen war zwischen Meschede und der Möhнемündung festzustellen. In diesem Abschnitt nimmt der Anteil gereinigten Abwassers aufgrund steigender Besiedlungsdichte zu, was bei den insgesamt unterdurchschnittlichen Abflüssen der Ruhr an den Probenahmetagen zu einem Anstieg der mittleren Phosphorkonzentrationen führte. Der Zulauf der phosphorarmen Möhne reduzierte die Belastung wieder.

An den beiden unterhalb des Baldeneysees gelegenen Probenahmestellen liegen die diesjährigen statistischen Daten auf dem Niveau der letzten zehn Jahre. Hier waren wahrscheinlich weniger die Einträge aus der Abwasserreinigung sondern vielmehr die bei der Mineralisierung von autochthon gebildeter Biomasse freigesetzten Phosphorverbindungen ausschlaggebend, was einen Anstieg der Phosphorgehalte zwischen dem Baldeneysee und der Mündung in den Rhein zur Folge hatte. Auf diesem Ruhrabschnitt wurden mit 140 bzw. 150 µg/l TP in den Monaten Juni und Juli 2012 die höchsten Phosphorwerte des Abflussjahres im Längsverlauf gemessen. Etwa 85 % der Phosphorverbindungen lagen dabei aufgrund vorangegangener Mineralisierungsprozesse in ihrer gelösten Form vor. Während des Frühjahrsmaximums betrug der gelöste Anteil dagegen unter 15 %. Hinsichtlich der Vorgaben, die sich aus der EG-WRRL ergeben, kann die Ruhr 2012 mit Mittelwerten zum Teil deutlich unter 100 µg/l TP (Vorgabe für den „guten“ Zustand) wie in den Vorjahren mit „gut“ bewertet werden. Im Quellbereich und auf den ersten 30 Kilometern Fließstrecke wird bei mittleren Werten zwischen <15 und 25 µg/l TP sogar der „sehr gute“ Zustand erreicht.

Die seit Jahrzehnten beobachtete Entwicklung zu niedrigen oder besser sehr niedrigen Ammonium-Stickstoff-Konzentrationen hatte auch im Abflussjahr 2012 Bestand. Die 90-Perzentile lagen auf weiten Strecken im Bereich der langjährigen Mediane, zum Teil sogar darunter. Die aufgetretenen Maxima, an der Überwachungsstation Hattingen betrug dieses 0,25 mg/l NH₄-N, waren im gesamten Fließverlauf auf die etwa 12 Tage andauernde Kälteperiode Anfang Februar 2012 mit Lufttemperaturen bis unter -10 °C zurückzuführen. Bei den resultierenden Wassertemperaturen um den Gefrierpunkt war die Nitrifikation sowohl im Gewässer als auch auf den Kläranlagen herabgesetzt, so dass das Ammonium größtenteils nicht zum Nitrat oxidiert werden konnte. Nimmt man dieses Maximum an allen Probenahmestellen aus der Bewertung heraus, könnte die gesamte Ruhr mit einer mittleren Belastung zwischen 0,012 und 0,036 mg/l NH₄-N in den „sehr guten“ Zustand eingestuft werden. Aber auch bei der Bewertung aller zu Grunde liegenden Messwerte erreichten sieben der 12 Messstellen den „sehr guten“ Zustand. Lediglich fünf Stellen verfehlten diesen mit 0,04 NH₄-N mg/l festgelegten Grenzwert knapp um maximal 0,01 mg/l.

Im Abflussjahr 2012 war auffällig, dass alle Mediane der Nitrat-Stickstoff-Konzentrationen im gesamten Ruhrverlauf deutlich unter den langjährigen Werten lagen, zum Teil sogar im Bereich der 10-Perzentile der letzten zehn Jahre. Mit zunehmender Fließstrecke und damit abnehmendem landwirtschaftlichen Einfluss sowie einer verstärkten Denitrifikation (durch anoxische Bedingungen am Gewässergrund beim Biomasseabbau) sanken die mittleren Nitrat-Stickstoff-Gehalte. Die LAWA-ZV, die mit einem 90 Perzentil von 2,5 mg/l NO₃-N sehr streng ausfällt, wird bis auf den Quellbereich jedoch an allen Probenahmestellen überschritten. Der Jahresdurchschnittswert von 50 mg/l Nitrat (11,3 mg/l NO₃-N), der in der Oberflächengewässerverordnung als Umweltqualitätsnorm sowie in der Trinkwasserverordnung als Grenzwert vorgeschrieben ist, wird jedoch im gesamten Ruhrverlauf um über 70 % unterschritten.

Schwermetalle

Von den ökotoxikologisch relevanten Schwermetallen werden in Bild 3.4 die Gesamtkonzentrationen von Blei, Cadmium, Kupfer, Nickel und Zink dargestellt. Die ebenfalls dazu zählenden Schwermetalle Chrom und Quecksilber wurden in der Ruhr kaum (Chrom: 18 % Befundhäufigkeit, Maximum 2,0 µg/l) oder gar nicht (Quecksilber) nachgewiesen, so dass hier auf eine Darstellung verzichtet wird. Schon seit mehreren Jahren wird in der Ruhr und auch ihren Nebenflüssen, mit Ausnahme geogen vorbelasteter Gewässer im östlichen Teil des Einzugsgebietes, ein niedriges Niveau der Schwermetallkonzentrationen erreicht. Der Trend zu einem Rückgang der Gehalte, die aufgrund der Abflussabhängigkeit in den einzelnen Jahren Schwankungen unterworfen waren, setzte sich auch 2012 fort. Die Maxima fielen in diesem Jahr erheblich niedriger aus, da unter anderem die (schwermetallreicheren) Abflussspitzen im Winterhalbjahr nur teilweise mit den Probenahmen erfasst wurden.

Im Berichtsjahr war auffällig, dass die Mediane von Blei, Cadmium und Zink zum Teil deutlich unter den entsprechenden langjährigen Daten lagen. Besonders ausgeprägt war dies beim Blei. Hier erreichten ab der Probenahmestelle „Brücke Echthausen“ die diesjährigen 90-Perzentile teilweise nicht einmal die 10-Perzentile der letzten zehn Jahre. Im gesamten Fließverlauf wurde einmalig eine Konzentration von 5 µg/l Blei bei einem lokalen Niederschlagsereignis und Abflussanstieg überschritten. Ansonsten blieben selbst die 90-Perzentile unterhalb von 3,6 µg/l Blei, dem Grenzwert für den „sehr guten“ Zustand. Die Metalle Zink und Cadmium wiesen durch die Einträge aus dem ehemaligen Erzbergbau im Einzugsgebiet von Valme und Elpe im Oberlauf den typischen Konzentrationsanstieg auf. Während hier die Gehalte noch annähernd die Konzentrationen der letzten zehn Jahre widerspiegeln, führte die Verdünnung auf der weiteren Fließstrecke bis zur Mündung in den Rhein auch beim Zink und Cadmium zu unterdurchschnittlichen Werten. Die genannten Metalle werden nach den Vorgaben der EG-WRRL an der Probenahmestelle „unterhalb Valme“ mit „schlecht“ (Zink) bzw. „unbefriedigend“ (Cadmium) bewertet. Mit zunehmender Fließlänge verbessert sich der Zustand, so dass im Unterlauf beim Cadmium der „mäßige“ bis „gute“ Zustand und beim Zink der „mäßige“ Zustand erreicht wurde.

Bei den überwiegend gelöst vorliegenden Schwermetallen Kupfer und Nickel stiegen die Konzentrationen mit zunehmender Fließstrecke zwar wenig aber nahezu stetig an. Auffällig war in 2012 bei beiden Elementen die im Vergleich zu der Jahresreihe 2002 bis 2011 sehr geringe Bandbreite der Messergebnisse. Mit Jahresmittelwerten von unter 2 µg/l Kupfer bis zur „Überwachungsstation Fröndenberg“ reicht der mit „sehr gut“ bewertete Ruhrabschnitt rund 50 km weiter als in den vorangegangenen Jahren. Ab dem „Kraftwerk Westhofen“ wird im Abflussjahr 2012 für Kupfer sicher der „gute“ Zustand nach den Vorgaben der EG-WRRL erreicht. Die mittleren und selbst die höchsten Konzentrationen von Nickel halten in der gesamten Ruhr die Vorgaben für den „sehr guten“ Zustand ein.

Borat-Bor

Die Borat-Bor-Konzentrationen stiegen mit zunehmendem Anteil gereinigten kommunalen Abwassers auf dem Weg von der Ruhrquelle bis zur -mündung kontinuierlich an. Das Niveau der Konzentrationen ist seit mehreren Jahren mit Medianwerten bis 82 µg/l $\text{BO}_3\text{-B}$ („Überwachungsstation Duisburg“) ausgesprochen niedrig, was auf eine geringer gewordene Belastung aus den Haushalten (Ersatz von Perboraten durch Percarbonate in Waschmitteln) zurückzuführen ist.

Zusammenfassung „Physikalisch-chemische Ruhrlängsuntersuchungen“

Das 13-mal jährlich an 12 Probenahmestellen durchgeführte Programm der Ruhrlängsuntersuchungen gibt einen Überblick über die physikalisch-chemischen Verhältnisse in der gesamten Ruhr. Das Jahr 2012 wies hinsichtlich der Abflussverhältnisse bis auf zwei Anstiege im Winterhalbjahr eine relativ geringe Schwankungsbreite auf, so dass auch bei den einzelnen Parametern die Spannweite der zum Teil abflussabhängigen Konzentrationen vergleichsweise gering war. Bei den Kenngrößen BSB_5 , CSB, pH-Wert, Sauerstoff, Phosphor, Ammonium und Nitrat, die von den biologischen Prozessen Primärproduktion und Biomasseabbau maßgeblich beeinflusst werden, stieg die Bandbreite während der Algenentwicklung im Frühjahr mit anschließender Mineralisierung hingegen an. Bei der Bewertung der Ruhr nach den Vorgaben aus der EG-WRRL ergibt sich für fast alle physikalisch-chemischen Kenngrößen der „sehr gute“ oder „gute“ Zustand. Dies trifft für die beiden Schwermetalle Cadmium und Zink, die vor allem durch die geogene Hintergrundbelastung im östlichen Teil des Einzugsgebietes in die Ruhr gelangen, nicht zu. Hier reicht die Bewertung von „schlecht“ oder „unbefriedigend“ im Oberlauf bis zu „mäßig“ oder „gut“ im Unterlauf. Die Schwermetalle Blei, Nickel, Chrom und Quecksilber hingegen können durchgehend mit „sehr gut“ sowie Kupfer in „sehr gut“ bzw. in „gut“ (im Unterlauf) eingestuft werden.

Physikalisch-chemische Untersuchungen gemäß EG-WRRL

Entsprechend der Vereinbarung zur Mitwirkung beim operativen Monitoring nach EG-WRRL wurden im Jahr 2012 insgesamt 62 Fließgewässer mit Teileinzugsgebieten $\geq 10 \text{ km}^2$ von Ruhrverband und Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz NRW (LANUV) untersucht. Hierbei führte der Ruhrverband an 48 Gewässern 164 Probenahmen durch. Gewässer, die im Berichtszeitraum weniger als dreimal untersucht wurden, sind in der Bewertung nicht berücksichtigt. Über die mit dem LANUV gemeinsam ermittelten Ergebnisse der 59 verbleibenden Gewässer, die in acht der neun Planungseinheiten des Ruhreinzugsgebietes liegen, wird nachfolgend berichtet.

Die Lage der Fließgewässer und der jeweiligen Messstellen in den Planungseinheiten ist in Bild 3.5 kartografisch dargestellt. Ausgewählte Stammdaten zu den untersuchten Gewässern sowie die jeweiligen Untersuchungshäufigkeiten sind Tabelle 3.1 zu entnehmen. Auf der Grundlage der Oberflächengewässerverordnung –

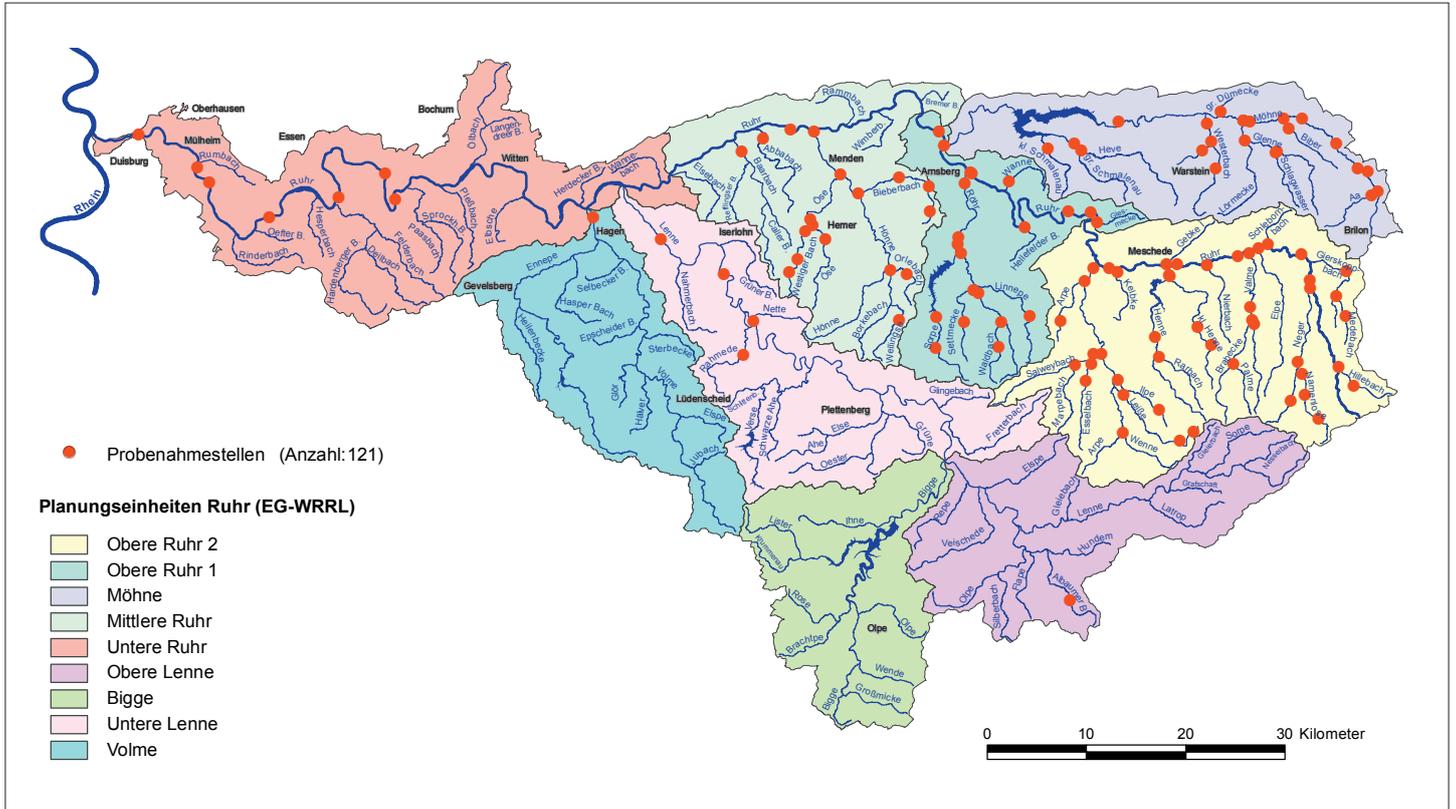


Bild 3.5: Lage der im Jahr 2012 von Ruhrverband und Umweltverwaltung NRW (LANUV) untersuchten Fließgewässer einschließlich der jeweiligen Probenahmestellen

Fig. 3.5: Location of the flowing waters monitored in 2012 by the Ruhrverband and the North Rhine-Westphalian Agency for Nature, Environment and Consumer Protection (LANUV) including the respective sampling points.

OGewV vom 20. Juli 2011 Anlage 5, 6 und 7 [3.3] sowie des „Leitfadens Monitoring Oberflächengewässer des Landes NRW“ Anlage D4 und D5 [3.2] erfolgt eine Bewertung ausgewählter Parameter. Eine Zusammenstellung der messstellenbezogenen Bewertungskriterien für diese Parameterauswahl umfasst Tabelle 3.2.

Die Ergebnisse werden entsprechend der von den NRW-Behörden getroffenen Regelung analog zu den biologischen Qualitätsklassen in einer fünfstufigen Differenzierung mit den Farben blau, grün, gelb, orange und rot dargestellt. Diese Farbgebung wurde gewählt, um den „Abstand vom angestrebten Ziel, z.B. Messwert kleiner UQN bzw. kleiner Orientierungswert“, besser erkennbar zu machen. Ausgenommen von dieser Regelung ist die Darstellung der Kenngrößen pH-Wert, Sauerstoff und Temperatur. So wird für den pH-Wert die Farbe blau für Einhaltung bzw. rot für Nichteinhaltung verwendet. Für den Sauerstoff und die Temperatur dagegen wird die Kennzeichnung blau („sehr gut“), grün („gut“) und gelb („höchstens mäßig“) eingesetzt.

Eine Zusammenstellung der messstellenbezogenen Bewertung gemäß der vorgenannten Farbcodierung gibt Tabelle 3.3 wieder. Ergänzend sind weitere flussgebietspezifische, prioritäre oder sonstige, gesetzlich nicht verbindliche Stoffe, die nur an einigen Stellen analysiert wurden und Bewertungen von „mäßig“ oder

schlechter aufweisen, in dieser Tabelle aufgeführt. Dies sind im Wesentlichen weitere Schwermetalle, Arzneimittel, Diagnostika, PBSM, PAK und PFT.

Planungseinheit Möhne

In dieser 471 km² großen Planungseinheit wird mehr als die Hälfte der Fläche von Wald bedeckt. Ein knappes Drittel umfasst landwirtschaftliche Nutzflächen. In 2012 wurden die Möhne sowie 12 Nebengewässer, die eine Einzugsgebietsgröße ≥ 10 km² besitzen, untersucht.

Die meisten Gewässer zeichneten sich durch eine geringe organische Belastung und niedrige Nährstoffkonzentrationen aus. Eine Ausnahme stellt insbesondere der Oberlauf der Möhne unterhalb der Kläranlage Brilon dar. Die Möhne fließt hier durch Karstgebiet, so dass vor allem in den Sommermonaten teilweise ein Trockenfallen des Gewässers zu beobachten ist. An dieser Messstelle wurden hohe Gehalte an Ammonium-Stickstoff und Gesamtphosphor gemessen, die zu einer Einstufung „schlecht“ bzw. „unbefriedigend“ führen. Ebenfalls leicht erhöht und daher „mäßig“ beurteilt zeigten sich die Konzentrationen für Gesamtphosphor an drei weiteren Stellen in dieser Planungseinheit, eine in der Möhne oberhalb des Glennezuflusses sowie zwei im Westerbach.

Tabelle 3.1: Ausgewählte Stammdaten der im Jahr 2012 physikalisch-chemisch untersuchten Gewässer
 Table 3.1: Selected master data for the waters physico-chemically examined in the year 2012

	Gewässer-Nr.	AE ₀ km ²	Länge km	Anzahl Messstellen	Anzahl Untersuchungen
Planungseinheit 1000: Untere Ruhr					
Ruhr	276	651,0	99,0	7	64
Planungseinheit 1100: Volme					
Volme	2768	427,8	50,5	1	13
Planungseinheit 1300: Untere Lenne					
Lenne	2766	528,7	73,6	2	16
Rahmede	276692	29,8	11,7	1	3
Planungseinheit 1400: Obere Lenne					
Albaumer Bach	276694	32,2	9,0	1	5
Planungseinheit 1500: Mittlere Ruhr					
Ruhr	276	505,0	32,8	1	26
Hönne	2764	261,7	33,4	1	4
Borkebach	27644	42,3	11,6	1	4
Wellingse	276442	15,4	9,0	1	4
Orlebach	276444	10,9	7,3	1	4
Bieberbach	27646	31,4	14,4	4	16
Öse	27648	63,6	19,6	4	16
Westiger Bach	276484	16,8	9,4	3	12
Abbabach	27652	22,0	17,1	1	3
Baarbach	27654	53,1	17,6	1	3
Planungseinheit 1600: Obere Ruhr 1					
Ruhr	276	338,0	34,5	5	29
Giesmecke	276174	10,1	6,3	1	4
Hellefelder Bach	276178	13,7	5,9	1	4
Wanne	2761794	11,2	8,8	1	5
Röhr	27618	203,0	28,9	4	16
Waldbach	276182	15,2	8,1	2	8
Settmecke	276184	18,6	9,9	2	8
Linnepe	276186	40,7	14,3	1	4
Sorpe	276188	57,6	18,6	3	12
Planungseinheit 1700: Obere Ruhr 2					
Ruhr	276	740,0	53,0	5	20
Hillebach	276112	10,1	6,3	2	8
Neger	276114	53,8	17,7	3	12
Die Namenlose	2761144	15,4	10,2	3	12
Gierskoppbach	276116	35,1	11,9	1	4
Medebach	2761162	10,1	5,8	2	8
Schlebornbach	2761176	15,0	5,6	1	4
Elpe	276118	34,3	18,7	1	4
Valme	27612	62,6	19,7	3	12
Brabecke	276122	32,4	13,6	1	4
Palme	2761222	10,5	6,3	1	4
Nierbach	276134	19,3	10,1	1	4
Henne	27614	96,8	22,5	2	8
Rarbach	276142	13,9	8,3	1	4
Kleine Henne	276146	39,7	18,0	3	12
Gebke I	276152	13,6	7,6	1	4
Kelbke	276156	24,1	7,5	1	4
Wenne	27616	218,0	31,1	2	8
Arpe II	276162	17,4	7,3	1	4
Leisse	276164	23,2	13,9	3	11
Ilpe	276166	12,6	8,3	2	8
Salweybach	276168	67,7	14,8	1	4
Marpebach	2761682	15,7	9,1	1	4
Esselbach	2761684	26,6	10,4	2	8
Arpe I	2761696	19,6	8,7	2	8
Planungseinheit 1800: Möhne					
Möhne	2762	471,0	65,1	7	40
Aabach	276212	23,1	7,4	1	4
Biber	276218	10,9	8,2	1	4
Glenne	27622	70,6	17,1	2	8
Schlagwasser	276224	19,6	7,7	1	4
Lörmecke	276226	17,9	12,5	1	4
Große Dümecke	276232	10,2	2,9	1	4
Westerbach	27624	54,7	14,3	3	12
Widneybach (Quellfluss des Westerbachs)	27624	54,7	14,3	1	4
Schorenbach	276246	20,7	5,0	1	4
Heve	27626	101,0	22,3	1	4
Große Schmalenau	276266	18,8	12,4	1	4
Kleine Schmalenau	276268	18,2	10,6	1	4

Tabelle 3.2: Probenahmestellenbezogene Bewertungskriterien für ausgewählte Parameter gemäß der Oberflächengewässerverordnung (OGewV 20. Juli 2011) bzw. Anlage D4 und D5 des „Leitfadens Monitoring Oberflächengewässer“ des Landes NRW
 Table 3.2: Sampling point-specific evaluation criteria for selected parameters according to the Surface Water Regulation (OGewV July 20, 2011) and the appendices D4 and D5 of the "Guidelines on monitoring surface waters" issued by the State of North Rhine-Westphalia

Bewertung	sehr gut	gut	mäßig	unbefriedigend	schlecht
OGewV Anlage 6 -ACP- bzw. Leitfaden Anlage D5					
Wassertemperatur °C	18 – 20 ¹	20 – 25 ²	> 20 bzw. > 25		
pH-Wert	–	6,5 – 8,5 ³	–	–	–
Ammonium-Stickstoff mg/l	0,04	0,3	0,6	1,2	> 1,2
Gesamtphosphor mg/l	0,05	0,1	0,2	0,4	> 0,4
Sauerstoff mg/l	≥ 8 ⁵ bzw. ≥ 9 ⁴	≥ 6 ⁵ bzw. ≥ 7 ⁴	< 6 bzw. < 7	–	–
Chlorid mg/l	50	200	400	800	> 800
TOC mg/l	5	7	14	28	> 28
OGewV Anlage 7 – Umweltqualitätsnormen für prioritäre Stoffe und Nitrat –					
Blei gelöst µg/l	3,6	7,2	14,4	28,8	> 28,8
Cadmium ⁶ gelöst µg/l	0,04 – 0,125	0,08 – 0,25	0,16 – 0,50	0,32 – 1,0	> 0,32 – > 1,0
Nickel gelöst µg/l	10	20	40	80	> 80
Quecksilber µg/l	0,025	0,05	0,1	0,2	> 0,2
Nitrat mg/l	25	50	100	200	> 200
Benzo(ghi)-perylen µg/l	0,001	0,002	0,004	0,008	> 0,008
Indeno(1,2,3-cd)pyren µg/l	0,001	0,002	0,004	0,008	> 0,008
Tributylzinn-Kation µg/l	0,0001	0,0002	0,0004	0,0008	> 0,0008
OGewV Anlage 5 – Umweltqualitätsnormen für flussgebietspezifische Schadstoffe –					
Arsen µg/l	25	50	100	200	> 200
Chrom µg/l	5	10	20	40	> 40
Selen µg/l	1,5	3	6	12	> 12
Thallium µg/l	0,1	0,2	0,4	0,8	> 0,8
MCPA µg/l	0,05	0,1	0,2	0,4	> 0,4
Gesetzlich nicht verbindliche Orientierungswerte – Leitfaden Anlage D4					
Kupfer µg/l	2	4	8	16	> 16
Zink µg/l	7	14	28	56	> 56
Vanadium µg/l	1,2	2,4	4,8	9,6	> 9,6
Kobalt µg/l	0,45	0,9	1,8	3,6	> 3,6
Molybdän µg/l	3,5	7	14	28	> 28
Uran µg/l	1	2	4	8	> 8
Beryllium µg/l	0,05	0,1	0,2	0,4	> 0,4
Barium mg/l	0,03	0,06	0,12	0,24	> 0,24
Bor mg/l	0,05	0,1	0,2	0,4	> 0,4
Summe PAK µg/l	0,05	0,1	0,2	0,4	> 0,4
Pyren µg/l	0,00115	0,0023	0,0046	0,0092	> 0,0092
Benzo(a)anthracen µg/l	0,001	0,002	0,004	0,008	> 0,008
Ibuprofen µg/l	0,005	0,01	0,02	0,04	> 0,04
Diclofenac µg/l	0,05	0,1	0,2	0,4	> 0,4
Erythromycin µg/l	0,01	0,02	0,04	0,08	> 0,08
Clarithromycin µg/l	0,01	0,02	0,04	0,08	> 0,08
Sotalol µg/l	0,05	0,1	0,2	0,4	> 0,4
Iopamidol µg/l	0,05	0,1	0,2	0,4	> 0,4
Bisphenol A µg/l	0,05	0,1	0,2	0,4	> 0,4
Glyphosat µg/l	0,05	0,1	0,2	0,4	> 0,4
Σ PFT µg/l	0,05	0,1	0,2	0,4	> 0,4
Monobutylzinn-Kation µg/l	0,0003	0,0006	0,0012	0,0024	> 0,0024
Diobutylzinn-Kation µg/l	0,002	0,004	0,008	0,016	> 0,016

¹ 18°C Salmoniden- und fischfreie Gew.
 20°C Epipotamal und Cyp. Gew. des Rhitrals

² 20°C Epi- und Metarhital und fischfr. Gew.
 21,5°C Sal. Gew. d. Hyporhitrals und Cyp. Gew. d. Rhitrals
 25°C Epipotamal

³ pH-Werte innerhalb der Spanne gelten als eingehalten (blau), außerhalb als nicht eingehalten (rot)

⁴ Gew. Typ 5, 7, 9, 18

⁵ Gew. Typ 9.2

⁶ Abhängig von der Wasserhärte

Tabelle 3.3: Bewertung der Gewässeruntersuchungen des Jahres 2012 auf der Basis der Oberflächengewässerverordnung (OGewV 20. Juli 2011) bzw. der Anlagen D4 und D5 des „Leitfadens Monitoring Oberflächengewässer“ des Landes NRW
 Table 3.3: Evaluation of water examinations in 2012 based on the Surface Water Regulation (OGewV July 20, 2011) and the appendices D4 and D5 of the “Guidelines on monitoring surface waters” issued by the State of North Rhine-Westphalia

Probenahmestelle – Nummer –	Gewässer	Probenahmestelle – Bezeichnung –	Fluss-km	ACP OGewV Anlage 6							UQN OGewV Anl. 7				UQN OGewV Anlage 5					Weitere Stoffe aus den Anl. 5 und 7 der OGewV sowie gesetzlich nicht verbindliche Stoffe mit Bewertungen von mäßig und schlechter * gesetzl. nicht verbindliche Stoffe – Leitfaden Anlage D4
				Wassertemperatur	pH-Wert	Ammonium-Stickstoff	Gesamtposphor	Sauerstoff	Chlorid	TOC	Blei gelöst	Cadmium gelöst	Nickel gelöst	Quecksilber	Nitrat-Stickstoff	Arsen	Chrom	Kupfer*	Zink*	
Planungseinheit 1800 – Möhne																				
629005	Möhne	uh KA Brilon, oh Aabach	60,12																	
686281	Möhne	in Wülfte	57,57																	
627501	Möhne	oh Heidberg	52,43																	
686827	Möhne	in Höhe Stötenberg	47,44																	
627811	Möhne	oh Glenne, Kuhbrücke	41,61																	
628608	Möhne	oh KA Völlinghausen	24,78																	
416204	Möhne	vor Mdg. i.d. Ruhr	0,15																Ibuprofen*	
628906	Aabach	vor Mdg. i.d. Möhne	0,71																	
629509	Biber	vor Mdg. i.d. Möhne	0,08																	
629145	Glenne	oh Schlagwasser	6,24																	
630111	Glenne	vor Mdg. i.d. Möhne	0,10																	
630408	Schlagwasser	vor Mdg. i.d. Glenne	0,19																	
630603	Lörmecke	vor Mdg. i.d. Glenne	0,04																	
628013	Große Dümecke	uh Fischteiche	0,67																	
630706	Westerbach	oh Warstein	6,86																	
631000	Westerbach	uh KA Warstein	3,45																	
631103	Westerbach	oh Belecke	1,28																	
630809	Wideybach	oh Brauerei Warstein	9,65																	
630640	Schorenbach	uh Hirschberger Bach	1,64																	
631504	Heve	oh Camping Wilhelmsruh	3,83																	
632200	Gr. Schmalenau	vor Mdg. i.d. Heve	0,18																	
632004	Kl. Schmalenau	uh Mdg. Hevensbrink	1,45																	
Planungseinheit 1700 – Obere Ruhr 2																				
400300	Ruhr	uh Mdg. Neger	201,82																	
686360	Ruhr	in Olsberg	198,55																	
400701	Ruhr	in Velmede	190,30																	
400907	Ruhr	oh Meschede	183,23																	
401201	Ruhr	oh Mdg. Wenne	175,35																	
409108	Hillebach	oh Stausee	2,95																	
410007	Hillebach	vor Mdg. i.d. Ruhr	0,10																	
686300	Neger	oh Siedlinghausen	13,31																	
410202	Neger	uh Siedlinghausen	9,00																	
410408	Neger	vor Mdg. i.d. Ruhr	0,12																	
410019	Namenlose	südlich Silbach	6,44																	
410020	Namenlose	in Silbach	3,19																	
410032	Namenlose	vor Mdg. i.d. Neger	0,72																	
410755	Gierskoppbach	uh Elleringhausen	4,43																	
685550	Medebach	oh Bruchhausen	2,64																	
685562	Medebach	vor Mdg. i.d. Gierskoppbach	0,04																	
685549	Schlebornbach	vor Mdg. i.d. Ruhr	0,51																	
411309	Elpe	vor Mdg. i.d. Ruhr	0,20																Σ PFT*	

Tabelle 3.3: Bewertung der Gewässeruntersuchungen des Jahres 2012 auf der Basis der Oberflächengewässerverordnung (OGewV 20. Juli 2011) bzw. der Anlagen D4 und D5 des „Leitfadens Monitoring Oberflächengewässer“ des Landes NRW
 Table 3.3: Evaluation of water examinations in 2012 based on the Surface Water Regulation (OGewV July 20, 2011) and the appendices D4 and D5 of the "Guidelines on monitoring surface waters" issued by the State of North Rhine-Westphalia

Probenahmestelle – Nummer –	Gewässer	Probenahmestelle – Bezeichnung –	Fluss-km	ACP OGewV Anlage 6							UQN OGewV Anl. 7				UQN OGewV Anlage 5					Weitere Stoffe aus den Anl. 5 und 7 der OGewV sowie gesetzlich nicht verbindliche Stoffe mit Bewertungen von mäßig und schlechter * gesetzl. nicht verbindliche Stoffe – Leitfaden Anlage D4		
				Wassertemperatur	pH-Wert	Ammonium-Stickstoff	Gesamtposphor	Sauerstoff	Chlorid	TOC	Blei gelöst	Cadmium gelöst	Nickel gelöst	Quecksilber	Nitrat-Stickstoff	Arsen	Chrom	Kupfer*	Zink*		Selen	Thallium
411504	Valme	oh Mdg. Brabecke	9,09																			
686426	Valme	in Ramsbeck	7,17																			
411802	Valme	vor Mdg. i.d. Ruhr	0,29																			
412004	Brabecke	vor Mdg. i.d. Valme	0,04																			
412107	Palme	vor Mdg. i.d. Brabecke	0,01																			
412200	Nierbach	vor Mdg. i.d. Ruhr	0,23																		∑ PFT*	
412508	Henne	oh Hennetalsperre	9,54																			
686189	Henne	uh Mdg Kleine Henne	0,91																			
412703	Rarbach	vor Mdg. i.d. Henne	0,08																			
412612	Kleine Henne	uh Frielinghausen	12,73																			
686207	Kleine Henne	im Drasenbeck	10,09																			
412909	Kleine Henne	vor Mdg. i.d. Henne	0,04																			
685800	Gebke I	vor Mdg. i.d. Ruhr	0,31																			
413100	Kelbke	vor Mdg. i.d. Ruhr	0,52																			
413501	Wenne	uh KA Eslohe-Bremke	12,73																			
413859	Wenne	vor Mdg. i.d. Ruhr	1,12																			
413320	Arpe II	vor Mdg. i.d. Wenne	0,30																			
686232	Leisse	oh Fredeburg	13,03																			
413902	Leisse	uh Fredeburg	10,41																			
414104	Leisse	vor Mdg. i.d. Wenne	1,32																			
413410	Ilpe	oh Twismecke	6,21																			
413422	Ilpe	vor Mdg. i.d. Wenne	0,13																			
414402	Salweybach	vor Mdg. i.d. Wenne	0,90																			
685586	Marpebach	vor Mdg. i.d. Salweybach	0,08																			
414554	Esselbach	oh Eslohe	2,24																			
414608	Esselbach	vor Mdg. i.d. Salweybach	0,18																			
414700	Arpe I	oh Grevenstein	6,40																			
414906	Arpe I	vor Mdg. i.d. Wenne	0,25																			
Planungseinheit 1600 – Obere Ruhr 1																						
401407	Ruhr	oh Wildshausen	164,75																			
401535	Ruhr	bei Oeventrop	162,13																			
401705	Ruhr	uh Arnsberg	146,52																			
401808	Ruhr	oh Mdg. Röhr	142,35																			
402059	Ruhr	uh Möhne	135,83																			
685811	Giesmecke	vor Mdg. i.d. Ruhr	0,16																			
685781	Hellefelder Bach	vor Mdg. i.d. Ruhr	0,36																			
686530	Wanne	oh Niedereimer	1,53																			
686128	Röhr	oh Mdg. Settmecke	16,09																			
415250	Röhr	oh Mdg. Sorpe	10,60																			
415303	Röhr	uh Mdg. Sorpe	8,84																			
686116	Röhr	in Hüsten	1,50																			
686499	Waldbach	oh Endorf	5,43																			

Probenahmestelle – Nummer –	Gewässer	Probenahmestelle – Bezeichnung –	Fluss-km	ACP OGewV Anlage 6						UQN OGewV Anl. 7				UQN OGewV Anlage 5					Weitere Stoffe aus den Anl. 5 und 7 der OGewV sowie gesetzlich nicht verbind- liche Stoffe mit Bewertungen von mäßig und schlechter * gesetzl. nicht verbindliche Stoffe – Leitfaden Anlage D4
				Wassertemperatur	pH-Wert	Ammonium-Stickstoff	Gesamtphosphor	Sauerstoff	Chlorid	TOC	Blei gelöst	Cadmium gelöst	Nickel gelöst	Quecksilber	Nitrat-Stickstoff	Arsen	Chrom	Kupfer*	
685598	Waldbach	vor Mdg. i.d. Röhr	0,48																
686384	Settmecke	in Stockum	5,58																
685616	Settmecke	vor Mdg. i.d. Röhr	0,31																
686608	Linnepe	Linnepermühle	8,13																
415807	Sorpe	uh KA Sundern-Hagen	12,84																
415900	Sorpe	oh Sorpetalsperre	9,13																
416009	Sorpe	vor Mdg. i.d. Röhr	0,17																
Planungseinheit 1500 – Mittlere Ruhr																			
004108	Ruhr	Fröndenberg	113,76																Clarithromycin*, Iopamidol*, Ibuprofen*
417002	Hönne	vor Mdg. i.d. Ruhr	0,09																Bor*, Diclofenac*, Benzo(a)anthracen*
417208	Borkebach	vor Mdg. i.d. Hönne	0,18																
417233	Wellingse	in der Dieken	2,94																
417312	Orlebach	uh Mellen	2,65																
686130	Bieberbach	in Ainkhausen	12,49																Barium*
662008	Bieberbach	uh Erlbach	9,47																Barium*
417555	Bieberbach	oh Dombkebach	5,32																Barium*
417506	Bieberbach	vor Mdg. i.d. Hönne	0,19																Barium*
417701	Öse	Sundwiger Bach	10,25																
417804	Öse	oh Mdg. Westiger Bach	8,10																
417830	Öse	in Hemer	7,42																
418006	Öse	vor Mdg. i.d. Hönne	0,12																Bor*
418109	Westiger Bach	uh Ihmert	6,51																
418134	Westiger Bach	Hellestraße	4,57																
418158	Westiger Bach	in Hemer	0,99																Barium*
418900	Abbabach	vor Mdg. i.d. Ruhr	2,20																
418456	Baarbach	uh KA Baarbachtal	1,47																∑ PFT*
Planungseinheit 1400 – Obere Lenne																			
430602	Albaumer Bach	uh Heinsberg	7,92																
Planungseinheit 1300 – Untere Lenne																			
422307	Lenne	oh Altena	30,83																
422800	Lenne	Pegel Hohenlimburg	6,90																Clarithromycin*, Iopamidol*, Benzo(ghi)perylen, Ibuprofen*
435855	Rahmede	uh KA Rahmedetal	3,60																∑ PFT*
Planungseinheit 1100 – Volme																			
441200	Volme	vor Mdg. i.d. Ruhr	1,27																Diclofenac*, Ibuprofen*, Iopamidol*, Pyren*
Planungseinheit 1000 – Untere Ruhr																			
004157	Ruhr	Hattingen	56,70																
503800	Ruhr	Brücke Dahlhausen	51,40																Ibuprofen*, Iopamidol*, Monobutylzinn*
505020	Ruhr	oh Baldeneysee	38,40																Bor*, Ibuprofen*, Iopamidol*, Monobutylzinn*
505043	Ruhr	uh Baldeneysee	27,90																Bor*, Ibuprofen*, Iopamidol*, Monobutylzinn*
503812	Ruhr	Mendener Brücke	16,90																Bor*, Ibuprofen*, Iopamidol*, Monobutylzinn*
022810	Ruhr	Mülheim Kahlenberg	14,34																Clarithromycin*, Iopamidol*
030004	Ruhr	Ruhr km 5	5,10																Bor*, Iopamidol*, Monobutylzinn*

Zink und auch Cadmium wurden an mehreren Gewässern in erhöhten Konzentrationen gemessen. So zeigten der Wideybach, die Biber, die Heve und die Glenne mit ihrem Nebenbach Schlagwasser erhöhte Cadmiumgehalte, was zu einer Einstufung in „mäßig“ führt. Insbesondere der Aabach und der Westerbach wiesen erhöhte Zinkgehalte auf, die sich auch im Möhnefluss selber wiederfanden. Im Aabach, an dem keine Kläranlage liegt, wurden offensichtlich geogen bedingt maximale Zinkkonzentrationen bis zu 60 µg/l gemessen, die zu einem Jahresmittelwert von 52 µg/l und einer „unbefriedigenden“ Einstufung führen.

Lediglich an der Probenahmestelle im Mündungsgebiet der Möhne wurde der Arzneistoff Ibuprofen in sehr geringen Konzentrationen nachgewiesen. Ansonsten waren an keiner weiteren Probenahmestelle Auffälligkeiten festzustellen.

Planungseinheit Obere Ruhr 2

Diese mit 740 km² größte Planungseinheit des Ruhreinzugsgebiets ist überwiegend durch Wald und Forstflächen sowie einen erheblichen Anteil landwirtschaftlicher Flächen geprägt. Hier wurden neben der Ruhr 24 Nebengewässer mit Einzugsgebietsgrößen ≥ 10 km² untersucht.

Alle Gewässer wiesen eine geringe organische Belastung auf. Mit TOC-Konzentrationen zumeist deutlich unter 3 mg/l werden alle 46 Probenahmestellen mit „sehr gut“ bewertet. Die Gehalte an Nährstoffen lagen ebenfalls fast immer auf niedrigem Niveau. Lediglich an einer Stelle im Salveybach vor Mündung in die Wenne wurde der Orientierungswert für Ammonium-Stickstoff bei einem durchschnittlichen Wert von 0,7 mg/l deutlich überschritten und ist mit „unbefriedigend“ zu bewerten. Auch für den Pflanzennährstoff Phosphor, repräsentiert durch den Gesamtphosphorgehalt, wurden durchweg sehr geringe Konzentrationen bestimmt. Lediglich zwei Stellen werden als „mäßig“ eingestuft. Hierbei handelt es sich um die Ruhr bei Meschede und den Mündungsbereich der Arpe I, die jeweils den Orientierungswert für den „guten“ Zustand von 0,1 mg/l Gesamtphosphor knapp überschritten.

Die Anforderungen an den pH-Wert von 6,5 bis 8,5 wurden an fast allen Messstellen eingehalten. Die drei Ausnahmen betrafen die Arpe I und zwei Stellen an der Wenne, an denen Mitte April mit Werten von pH 8,8 bzw. 8,9 die Obergrenze knapp überschritten wurde. Im Unterlauf der Henne wurde im Oktober ein geringes Sauerstoffdefizit festgestellt. Mit 6,3 mg/l O₂ wurde damit die Untergrenze von 7 mg/l für den hier vorliegenden Gewässertyp 5 unterschritten.

In mehreren Gewässern treten aufgrund geogener Vorbelastung erhöhte Schwermetallgehalte auf. Dies betrifft die Schwermetalle Zink und Cadmium, die an einigen Stellen für den „unbefriedigenden“ und „schlechten“ Zustand verantwortlich sind. Vor allem das Gebiet der Valme (Bild 3.6) mit ihrem Nebenfluss Brabecke sowie der Nierbach und die Elpe wiesen erhöhte Schwermetallgehalte auf, die sich in der Ruhr unterhalb der jeweiligen Zuflüsse wiederfanden. In der Valme bei Ramsbeck, im Gebiet eines ehemaligen Erzbergbaus, erreichten die Zinkgehalte bis zu 1.580 µg/l.



Bild 3.6: Valme in Ramsbeck
Fig. 3.6: Valme at Ramsbeck

Im Jahresdurchschnitt betragen sie hier 588 µg/l. Für das aus der filtrierten Probe gemessene Cadmium wurden hier mittlere Konzentrationen von 0,85 µg/l gemessen. Für beide Schwermetalle bedeutet dies eine Einstufung in „schlecht“. Durchgängig unauffällig waren die Konzentrationen von Arsen und Selen sowie der Schwermetalle Blei, Nickel, Chrom, Thallium und Kupfer, für die in der Regel eine Bewertung mit „sehr gut“ erfolgt.

Organische Mikroverunreinigungen waren meist nur in sehr geringen Konzentrationen nachzuweisen. Eine „mäßige“ Bewertung ergibt sich für die Probenahmestellen in der Elpe und im Nierbach bezüglich der Stoffgruppe der PFT.

Planungseinheit Obere Ruhr 1

Die Planungseinheit der Oberen Ruhr 1 umfasst eine Fläche von 338 km² und besteht zu knapp zwei Dritteln aus Wald- und Forstflächen. In 2012 wurden hier der dazugehörige Ruhrabschnitt sowie alle 8 Nebengewässer mit Einzugsgebietsgrößen von ≥ 10 km² untersucht. Alle Gewässer zeichnen sich durch zumeist sehr geringe Nährstoffgehalte, Sauerstoffreichtum und eine unbedeutende saprobielle Belastung aus. Zudem wurden in den meisten Gewässern keine auffälligen Schwermetallgehalte gemessen.

Der in dieser Planungseinheit liegende Ruhrabschnitt wies allerdings, wie in den oberhalb liegenden Gewässerabschnitten, weiterhin erhöhte Zinkgehalte auf. So sind die Probenahmestellen oberhalb Wildshausen und bei Oeventrop mit durchschnittlichen Werten von 33 bzw. 43 µg/l mit „unbefriedigend“ zu bewerten. Im weiteren Fließverlauf lagen die Jahresmittelwerte oberhalb der Röhreinmündung bei 33 µg/l und unterhalb der Möhne mündung noch bei 20 µg/l Zink. Diese Messstellen werden folglich mit „unbefriedigend“ bzw. „mäßig“ bewertet.

Bei den Nährstoffen wurde in der Ruhr bei Oeventrop für Phosphor ein geringfügig erhöhter Jahresmittelwert von 0,12 mg/l Gesamtphosphor ermittelt, was zu einer Einstufung in „mäßig“ führt. Im Hellefelder Bach wurde am 1. Februar 2012 bei Eisbedeckung

einmalig ein geringer Sauerstoffgehalt von 6,9 mg/l gemessen, der hier zu einer Einstufung in „mäßig“ führt. In der Ruhr oberhalb Wildshausen wurde im Frühjahr mit Werten von pH 8,6 und 8,7 die Obergrenze von pH 8,5 knapp überschritten.

Planungseinheit Mittlere Ruhr

Das 505 km² große Einzugsgebiet der mittleren Ruhr wird wesentlich durch Wald und landwirtschaftliche Nutzflächen, aber auch zu einem erheblichen Anteil durch größere Siedlungsgebiete, geprägt. In dieser Planungseinheit befinden sich 15 Nebengewässer mit Einzugsgebieten ≥ 10 km², von denen neun Gewässer und eine Messstelle in der Ruhr untersucht wurden.

Die pH-Werte lagen meistens innerhalb der Grenzen von pH 6,5 – 8,5. Bei wenigen Ausnahmen (im Mündungsbereich der Hönne, im Unterlauf des Bieberbachs und in der Öse) wurde die obere Grenze in der Vegetationsperiode im April oder Juni geringfügig um 0,1 oder 0,2 pH-Einheiten überschritten.

Nährstoffe und organische Inhaltsstoffe lagen meist in niedrigen Konzentrationen vor. Lediglich im Mündungsbereich des Baarbachs führen erhöhte Gesamtposphorgehalte bei einem Jahresmittelwert von 0,46 mg/l zu einer „schlechten“ Bewertung. Ebenso ist die Probenahmestelle im Mündungsbereich der Öse in die Hönne bei einem Jahresmittelwert von 0,22 mg/l mit „unbefriedigend“ zu bewerten. Als einzige Stelle im gesamten Ruhreinzugsgebiet wies der Mündungsbereich des Baarbachs eine gering erhöhte Chloridkonzentration auf, was bei einem Jahresmittelwert von 327 mg/l zu einer Einstufung in „mäßig“ führt.

In einigen Gewässern dieser Planungseinheit wurden erhöhte Kupfer- und Zinkgehalte gemessen. So ist der Westiger Bach für Zink bei Jahresmittelwerten zwischen 30 und 42 µg/l an allen drei Messstellen mit „unbefriedigend“ zu beurteilen. Gleiches gilt für die Öse, die im Mündungsbereich bei einer mittleren Zinkkonzentration von 54 µg/l ebenfalls mit „unbefriedigend“ und an der Messstelle in Hemer mit einem Jahresmittel von 26 µg/l mit „mäßig“ zu bewerten ist. In der Öse, dem Westiger Bach und dem Mündungsbereich der Hönne liegen für Kupfer „mäßige“ Zustände vor. Das Metall Barium wurde im gesamten Fließverlauf des Bieberbachs und im Westiger Bach in Hemer in leicht erhöhter Konzentration gemessen, was zu einer Einstufung in „unbefriedigend“ bzw. „mäßig“ führt.

Organische Mikroverunreinigungen waren nur an wenigen Stellen nachzuweisen. Lediglich in der Ruhr bei Fröndenberg wurden das Antibiotikum Clarithromycin, das Röntgenkontrastmittel Iopamidol und das Antirheumatikum Ibuprofen sowie im Mündungsbereich der Hönne das Antirheumatikum Diclofenac, Benzo(a)anthracen aus der Stoffgruppe der PAK und Bor nachgewiesen und mit „mäßig“ oder schlechter bewertet. An der Messstelle im Baarbach unterhalb der Kläranlage Iserlohn-Baarbachtal überschritt der Jahresdurchschnitt der Summen aus zehn PFT-Einzelstoffen mit 1,6 µg/l den gesetzlich nicht verbindlichen Orientierungswert von 0,1 µg/l deutlich und führt damit zu der Bewertung „schlecht“.

Planungseinheit Obere Lenne

In dieser Planungseinheit wurde lediglich eine Probenahmestelle am Albaumer Bach unterhalb von Heinsberg untersucht. Aus den insgesamt fünf Untersuchungen ergibt sich für die Kenngröße Ammonium-Stickstoff eine Bewertung mit „gut“. Alle anderen Parameter weisen einen „sehr guten“ Zustand auf, dies gilt insbesondere auch für die Kenngröße Zink, die in diesem Gebiet aufgrund von ehemaligem Erzbergbau bei vorangegangenen Untersuchungen auffällig war. Mit einem Mittelwert von 4,8 µg/l bei einem Maximalwert von 8,1 µg/l konnten in 2012 keine erhöhten Zinkgehalte festgestellt werden. Ebenso zeigten die Untersuchungen auf die PBSM Glyphosat und MCPA keine Befunde.

Planungseinheit Untere Lenne

In dieser überwiegend durch Wald- und Forstflächen geprägten Planungseinheit wurden zwei Messstellen an der Lenne sowie eine Probenahmestelle an der Rahmede unterhalb der Kläranlage Rahmedetal beprobt. In der Lenne lagen die Nährstoffkomponenten Stickstoff und Phosphor in geringen Konzentrationen vor. Dagegen wird die Rahmede für Phosphor bei einem Jahresmittelwert von 0,28 mg/l mit „unbefriedigend“ bewertet. In der Lenne bei Hohenlimburg wiesen die Schwermetalle Kupfer und Zink leicht erhöhte Gehalte auf, die eine Bewertung mit „mäßig“ ergeben. Weiterhin waren hier auch Clarithromycin, Ibuprofen und Iopamidol nachzuweisen. Die strenge Anforderung von 0,002 µg/l für die Summe aus Indeno(1,2,3-cd)pyren und Benzo(ghi)-perylen wurde bei einem Jahresmittel aus 4 Messungen von 0,006 µg/l und einem Maximalwert von 0,01 µg/l nicht erfüllt und führt zu einer Bewertung mit „unbefriedigend“. In der Rahmede wurden Perfluorierte Tenside nachgewiesen. Hier überschritt der Jahresmittelwert von 0,33 µg/l Perfluorbutansulfonsäure (PFBS) aus vier Messungen bei einer maximalen Konzentration von 0,84 µg/l den gesetzlich nicht verbindlichen Orientierungswert von 0,1 µg/l, wodurch eine Bewertung mit „unbefriedigend“ erfolgt.

Planungseinheit Volme

In dieser Planungseinheit wurde lediglich eine Probenahmestelle an der Mündung der Volme in die Ruhr untersucht. Hier konnten die Anforderungen für den pH-Wert mit 9,0 am 16. April 2012 nicht eingehalten werden. Ebenfalls knapp verfehlt wird der „gute“ Zustand für Phosphor mit 0,12 mg/l. Dagegen weisen alle untersuchten Schwermetalle – auch die im vergangenen Jahr mit „mäßig“ (Kupfer und Zink) beurteilten – einen „guten“ oder „sehr guten“ Zustand auf.

Wie im vergangenen Jahr wurden wiederum einige Arzneiwirkstoffe (Ibuprofen und Diclofenac) sowie das Röntgenkontrastmittel Iopamidol nachgewiesen. Aus der Gruppe der polyzyklischen aromatischen Kohlenwasserstoffe (PAK) wurden bei zwei von 13 Messungen mit 0,01 bzw. 0,02 µg/l erhöhte Pyren-Gehalte festgestellt.

Planungseinheit Untere Ruhr

Diese Planungseinheit zeichnet sich durch einen in weiten Teilen stark industriell und städtisch geprägten Raum aus. Wald nimmt hier rund ein Viertel der Gesamtfläche ein, Äcker und Siedlungen machen etwa jeweils ein Sechstel der Fläche aus. In 2012 wurde in dieser Planungseinheit ausschließlich die Ruhr an sieben Probenahmestellen zwischen Hattingen und Duisburg untersucht.

In den gestauten Abschnitten der Ruhr treten im Frühjahr zeitweise erhöhte pH-Werte auf, die durch den bei der Photosynthese erfolgten Kohlendioxidentzug verursacht werden. Auch in 2012 konnten diese Vorgänge beobachtet werden. So kamen insbesondere auf der Fließstrecke unterhalb des Baldeneysees erhöhte pH-Werte bis zu 9,0 vor. Zudem bewirkte die Sekundärbelastung durch das hier gebildete Plankton kurzzeitige Sauerstoffabnahmen bis auf 5,4 mg/l. Für die Ruhr, die hier dem Fließgewässertyp 9.2 entspricht, gilt eine Untergrenze von 6 mg/l für den „guten“ Zustand.

Nährstoffe und Schwermetalle wurden zumeist nur in niedrigen Konzentrationen gemessen und in der Regel mit „gut“ oder „sehr gut“ bewertet. Lediglich an der Messstelle in Mülheim-Kahlenberg wurden gering erhöhte Kupfer- und Zinkgehalte ermittelt, die eine Einstufung in „mäßig“ bedingen. An allen sechs Probenahmestellen unterhalb der Brücke Dahlhausen wurden Konzentrationen von Mikroverunreinigungen gefunden, die an Hand der nicht verbindlichen Orientierungswerte (Tabelle 3.2) zu einer Bewertung von „mäßig“ oder schlechter führen. Hierzu zählen die Arzneimittelwirkstoffe Ibuprofen und Clarithromycin, das Röntgenkontrastmittel Iopamidol sowie die Organozinnverbindung Monobutylzinn. Vier Probenahmestellen wiesen für Borat-Bor einen Mittelwert von knapp über 0,10 mg/l auf und sind somit mit „mäßig“ einzustufen.

Zusammenfassung „Physikalisch-chemische Untersuchungen gemäß EG-WRRL“

Das Bild 3.7 zeigt die Verteilung der Bewertungen ausgewählter Kenngrößen an den in 2012 untersuchten Probenahmestellen auf der Basis der Oberflächengewässerverordnung [3.3] bzw. der Anlagen D4 und D5 des „Leitfadens Monitoring Oberflächengewässer“ des Landes NRW [3.2]. Demnach liegt bei den meisten Kenngrößen überwiegend ein „sehr guter“ oder „guter“ Zustand vor. Ausgenommen hiervon sind die häufig geogen bzw. durch ehemaligen Bergbau und siedlungsbedingt beeinflussten Schwermetalle Zink und Cadmium sowie der Pflanzennährstoff Phosphor und der pH-Wert. Trotz rückläufiger Werte liegen an einigen Probenahmestellen weiterhin erhöhte Zink- und Cadmiumkonzentrationen vor. So kann für Zink nur an 65 % der in 2012 auf diesen Parameter untersuchten Probenahmestellen der „gute“ oder „sehr gute“ Zustand erreicht werden. An 9 % der Stellen liegt sogar ein „schlechter“ Zustand vor. Das im Gegensatz zu Zink aus der filtrierten Probe gemessene Cadmium führt dagegen inzwischen bei 83 % aller Messungen zu einer Bewertung mit „gut“ oder „sehr gut“.

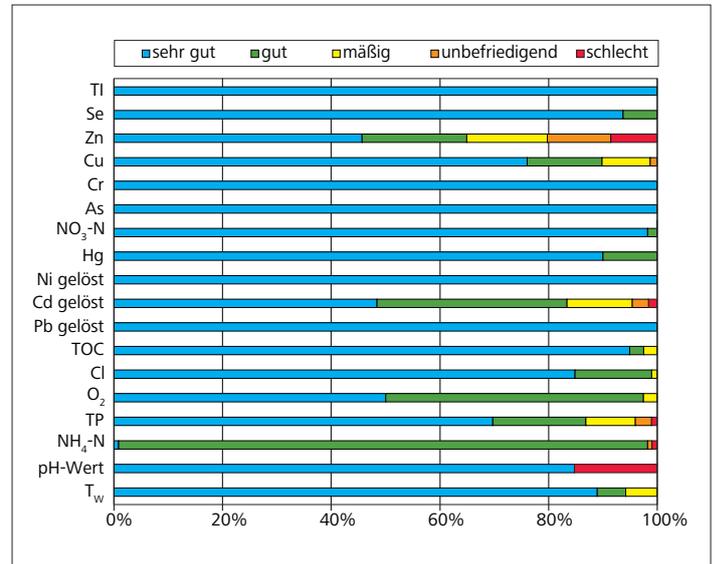


Bild 3.7: Relative Verteilung der Bewertungen ausgewählter Kenngrößen an den im Jahr 2012 untersuchten Probenahmestellen auf der Basis der Oberflächengewässerverordnung (OGewV 20. Juli 2011) bzw. der Anlagen D4 und D5 des „Leitfadens Monitoring Oberflächengewässer“ des Landes NRW

Fig. 3.7: Relative distribution of evaluations for selected parameters at the sampling points monitored in 2012 on the basis of the Surface Water Regulation (OGewV July 20, 2011) and the appendices D4 and D5 of the „Guidelines on monitoring surface waters“ issued by the State of North Rhine-Westphalia

Die Kupferbelastung der Fließgewässer ist neben der geogenen Herkunft aus grundwasserbürtigem Abfluss auf Einträge aus gereinigtem Abwasser kommunaler Kläranlagen zurückzuführen, hervorgerufen auch durch Auswaschungen von Regenrinnen. 90 % aller Probenahmestellen weisen für dieses Element einen „sehr guten“ bzw. „guten“ Zustand auf. Keine Stelle weist einen „schlechten“ Zustand auf, nur eine Probenahmestelle in der Öse vor der Mündung in die Hönne wird mit „unbefriedigend“ bewertet. Die übrigen Metalle bzw. Halbmetalle waren unauffällig und können zumeist mit „sehr gut“ bewertet werden.

An einigen Stellen traten zumeist im Frühjahr während der Vegetationsperiode geringfügig erhöhte pH-Werte auf. Für Phosphor verfehlen 13 von 99 Probenahmestellen den „guten“ Zustand. Die einzige Stelle mit einer „schlechten“ Bewertung für Phosphor tritt im Baarbach auf, drei weitere Stellen in der Rahmede, in der Möhne und in der Öse zeigen einen „unbefriedigenden“ Zustand.

Ergänzend wurden weitere flussgebietspezifische, prioritäre und gesetzlich nicht verbindliche Stoffe an einigen ausgewählten Stellen analysiert. Hierbei handelt es sich um weitere Schwermetalle, Arzneimittel, Diagnostika, PBSM, PAK, PFT, LHKW und PCB. Einstufungen mit „mäßig“ oder schlechter erfolgen für diese Stoffgruppen insgesamt selten. Die häufigsten Bewertungen mit „mäßig“ oder schlechter betrafen das Antirheumatikum Ibuprofen, das Antibiotikum Clarithromycin und das Röntgenkontrastmittel Iopamidol sowie vereinzelt das Schmerzmittel Diclofenac. An we-

nigen Stellen wurden noch einzelne PAK sowie Metalle (Barium und Bor) und andere Stoffe, wie PFT und Monobutylzinn, gefunden.

Hydrobiologische Untersuchungen

Zur Beschreibung des ökologischen Gewässerzustands stellt das Makrozoobenthos, welches im Rahmen der hydrobiologischen Untersuchungen erhoben wird, eine wichtige Qualitätskomponente dar. Hierbei handelt es sich um eine am Gewässerboden lebende Tiergruppe, zu der u.a. Insektenlarven, Strudelwürmer, Krebstiere, Muscheln und Schnecken gehören. Im Ökosystem eines Fließgewässers spielen diese Tiere eine große Rolle, da sie z.B. organisches Material aufnehmen und selbst als Nahrungsgrundlage u.a. für Fische dienen. Manche dieser Tiere, wie diverse Steinfliegen- und Libellenarten, leben bis zur Schlupfreife mehrere Jahre im Gewässer. Die Qualitätskomponente Makrozoobenthos stellt somit einen aussagekräftigen Langzeitindikator dar.

Die Zusammensetzung der Makrozoobenthoszönose, das Vorkommen oder Fehlen bestimmter Arten und deren Häufigkeit ermöglichen Aussagen zur saprobiologischen Wasserqualität („Saprobie“), zum strukturellen Zustand („Allgemeine Degradation“) und zur Versauerung eines Fließgewässers. Die „Allgemeine Degradation“ spiegelt im Wesentlichen den hydromorphologischen Zustand eines Gewässers und Veränderungen von besiedelbaren Habitaten wider. Ebenso können durch die „Allgemeine Degradation“ auch Nutzungseinflüsse aus dem Einzugsgebiet angezeigt werden.

Die hier dargestellten Ergebnisse der hydrobiologischen Untersuchungen des Makrozoobenthos beruhen auf dem PERLODES-Verfahren mit den beiden Modulen „Saprobie“ und „Allgemeine Degradation“ und bei einigen Gewässertypen zusätzlich mit dem Modul „Versauerung“ und den Berechnungen mit der Auswertesoftware ASTERICS in den zum Untersuchungszeitraum gültigen Versionen (für die Ergebnisse 2007 bis 2011 Version 3.1.1, für 2012 Version 3.3.1) [3.5].

Im Modul „Saprobie“ wird der Saprobienindex nach DIN 38410 [3.6] berechnet und gewässertypbezogen bewertet. Eine Übersicht über die Qualitätsklassen des Moduls „Saprobie“ nach PERLODES mit den zugehörigen Orientierungswerten für die Allgemeinen Chemischen und Physikalischen Komponenten (ACP) für die im Einzugsgebiet der Ruhr vorkommenden fünf Gewässertypen ist in Tabelle 3.4 dargestellt. Diese Orientierungswerte können bei der Bewertung des ökologischen Zustands (ÖZ) auf der Basis des Makrozoobenthos zur Ergänzung bzw. Unterstützung der Zustandsermittlung besonders zwischen den Klassengrenzen „gut“ und „mäßig“ herangezogen werden.

[3.5] <http://www.fliessgewaesserbewertung.de> (Zugriff: Dezember 2012)
[3.6] DIN 38410: 2004. Bestimmung des Saprobienindex in Fließgewässern. Berlin: Beuth-Verlag GmbH

Tabelle 3.4: Qualitätsklassen des Moduls „Saprobie“ nach PERLODES für die im Ruhreinzugsgebiet vorkommenden Gewässertypen mit den zugehörigen Orientierungswerten

Table 3.4: Quality classes of the module "saprobic index" according to the evaluation system PERLODES and respective benchmarks for all types of waters found in the Ruhr catchment area

LAWA-Gewässertyp	Qualitätsklassen „Saprobie“					Orientierungswerte für allgemeine chemische und physikalische Komponenten (ACP) [3.2]								
	sehr gut	gut	mäßig	unbefriedigend	schlecht	Temp* (°C)	O ₂ (mg/l)	Cl ⁻ (mg/l) Mittelwert	pH-Wert	P _{ges} (mg/l) Mittelwert	o-PO ₄ -P (mg/l) Mittelwert	NH ₄ -N (mg/l) Mittelwert	TOC (mg/l) Mittelwert	BSB ₅ ** (mg/l) Mittelwert
Typ 5 „Grobmaterialreiche, silikatische Mittelgebirgsbäche“	≤ 1,45	1,46 – 2,00	2,01 – 2,65	2,66 – 3,35	3,36 – 4,00	< 20 – < 21,5	> 7	200	6,5 – 8,5	0,1	0,07	0,3	7	4
Typ 7 „Grobmaterialreiche, karbonatische Mittelgebirgsbäche“	≤ 1,60	1,61 – 2,10	2,11 – 2,75	2,76 – 3,35	3,36 – 4,00	< 20 – < 21,5	> 7	200	6,5 – 8,5	0,1	0,07	0,3	7	4
Typ 9 „Silikatische Mittelgebirgsflüsse“	≤ 1,60	1,61 – 2,10	2,11 – 2,75	2,76 – 3,35	3,36 – 4,00	< 20 – < 25	> 7	200	6,5 – 8,5	0,1	0,07	0,3	7	4
Typ 9.2 „Große Flüsse des Mittelgebirges“	≤ 1,80	1,81 – 2,25	2,26 – 2,85	2,86 – 3,40	3,41 – 4,00	< 21,5 – < 28	> 6	200	6,5 – 8,5	0,1	0,07	0,3	7	6
Typ 18 „Lösslehmgeprägte Tieflandbäche“	≤ 1,80	1,81 – 2,25	2,26 – 2,85	2,86 – 3,40	3,41 – 4,00	< 20 – < 21,5	> 7	200	6,5 – 8,5	0,1	0,07	0,3	7	4

* Temperatur abhängig von der Ausprägung der Fischgemeinschaft

** ohne Nitrifikationshemmung

Tabelle 3.5: Qualitätsklassen des Moduls „Allgemeine Degradation“ nach PERLODES

Table 3.5: Quality classes of the module „general degradation“ according to the evaluation system PERLODES

Multimetrischer Index	Qualitätsklasse
1,00 – 0,81	sehr gut
0,80 – 0,61	gut
0,60 – 0,41	mäßig
0,40 – 0,21	unbefriedigend
0,20 – 0,00	schlecht

Die Berechnung innerhalb des Moduls „Allgemeine Degradation“ erfolgt an Hand von so genannten Core-Metrics (wie z.B. Artenzusammensetzung, Auftreten oder Fehlen bestimmter funktionaler Gruppen), die sich je nach Gewässertyp unterscheiden. Diese Einzelmetrics werden zu einem einzigen Wert verrechnet, dem multimetrischen Index, aus dem sich die Qualitätsklasse ergibt. Die zur Beurteilung dieses Moduls festgelegten Klassengrenzen des multimetrischen Indexes sind in Tabelle 3.5 dargestellt.

Im Modul „Versauerung“ wird der Säurezustand entsprechend dem Vorkommen der säureempfindlichsten Taxa bestimmt.

Im Folgenden wird zunächst auf die hydrobiologischen Untersuchungsergebnisse der Ruhr eingegangen. Daran schließen sich die im Zuge des operativen Monitorings erhobenen Befunde an den Nebengewässern an, wozu aufgrund des Monitoringkonzepts auch einzelne Ruhrmessstellen gehören. Ergänzt werden die Ergebnisse des Monitorings noch durch weitergehende Untersuchungen für spezifische Fragestellungen des Ruhrverbands, z.B. im Rahmen der „Integralen Entwässerungsplanung“.

Untersuchungen an der Ruhr

Gewässertypen der Ruhr

Von der Quelle nordöstlich von Winterberg bis zur Ortschaft Olsberg-Bigge (km 198,1) stellt sich die Ruhr als schnellfließender, sauerstoffreicher „Grobmaterialreicher silikatischer Mittelgebirgsbach“ des Gewässertyps 5 dar. Im weiteren Fließverlauf bis zum Zufluss der Röhr bei Arnsberg-Hüsten (km 141,8) nimmt sie nach Aufnahme zahlreicher kleinerer Nebengewässer den Charakter eines Mittelgebirgsflusses vom Gewässertyp 9 „Silikatischer Mittelgebirgsfluss“ an, bevor sie auf der restlichen Fließstrecke bis zur Mündung in den Rhein dem Gewässertyp 9.2 „Großer Fluss des Mittelgebirges“ zugeordnet wird.

In ihrem unteren Bereich wird die Ruhr zum langsam fließenden, häufig gestauten Fließgewässer mit nutzungsbedingtem Ausbau. Daraus resultiert auch die überwiegende Ausweisung von Teilstrecken der unteren Ruhr als erheblich verändert (HMWB – Heavily Modified Water Body) gemäß EG-WRRL.

Im Bild 3.8 sind die Ergebnisse der biologischen Untersuchungen des Gewässerzustands der Ruhr messstellenbezogen für die Qualitätskomponenten „Saprobie“ und „Allgemeine Degradation“ dar-

gestellt. Diese Abbildung ist ein Ausschnitt aus dem Gesamtuntersuchungsumfang und gibt einen Überblick über den ökologischen Zustand der Ruhr im Untersuchungszeitraum 2007 bis 2012 an insgesamt 54 Probenahmestellen.

Modul „Saprobie“

Im Oberlauf, von der Quelle bis oberhalb des Stadtgebiets von Olsberg, wurde mit Saprobienindizes (SI) zwischen 1,49 bis 1,57 die Qualitätsklassengrenze von 2,00 für den „guten“ saprobiellen Zustand des Gewässertyps 5 deutlich unterschritten. Eine Ausnahme stellt lediglich die Probenahmestelle bei Olsberg mit einem SI von 1,89 dar. Die Ruhr weist hier durchgängig – bezogen auf die Saprobie – einen „guten“ Zustand auf. Die vorwiegend anspruchsvollen Insektengruppen der EPT (Ephemeroptera, Plecoptera und Trichoptera, d. h. Eintags-, Stein- und Köcherfliegen) konnten in hoher Artenzahl nachgewiesen werden. Als für diesen Gewässertyp charakteristische Leitarten traten die großen, räuberischen Steinfliegenlarven *Perla marginata* und *Dinocras cephalotes* und die Eintagsfliegenlarven *Baetis melanonyx* und *Baetis alpinus* auf. Weiterhin konnten die Eintagsfliegenlarven *Ephemerella mucronata* und *Ephemerella danica* sowie die Köcherfliegenlarven *Rhyacophila tristis* und *Hydropsyche dinarica* sowie die Zweiflüglerlarve *Ibisia marginata* nachgewiesen werden. Diese Reinwasserarten stellen hohe Ansprüche an die Wasserqualität. Sie sind zudem strömungsliebend und benötigen niedrige Wassertemperaturen sowie hohe Sauerstoffgehalte.

Auch im nachfolgenden Ruhrabschnitt bis Arnsberg-Neheim, in dem die Ruhr dem Gewässertyp 9 mit einer Qualitätsklassengrenze von 2,10 entspricht, wird mit Saprobienindizes von 1,66 bis 1,95 der „gute“ saprobielle Zustand deutlich eingehalten. Als fein- bis grobmaterialreicher Mittelgebirgsfluss weist die Ruhr hier sowohl Bereiche mit hoher Strömung als auch strömungsberuhigte Zonen auf. Typische Arten der schnellfließenden, sauerstoffreichen Abschnitte wie die Steinfliegenlarven *Leuctra geniculata* und *Perlodes microcephalus*, die Eintagsfliegenlarven aus der *Ecdyonurus venosus*-Gruppe sowie der Käfer *Esolus parallelepipedus* konnten nachgewiesen werden. Als eine charakteristische Art der strömungsberuhigten Zonen fand sich dort im Feinsediment zwischen den Steinen und im nahen Uferbereich in größerer Anzahl die Köcherfliegenlarve *Allogamus auricollis*.

Im weiteren Fließverlauf, im Abschnitt von Arnsberg-Neheim bis zum Stadtbereich Schwerte, befinden sich drei von sieben Probenahmestellen bei der zugrundeliegenden gewässertypbezogenen Bewertung in diesem Bereich der Ruhr als „Großer Fluss des Mittelgebirges“ (Typ 9.2) sogar in einem „sehr guten“ saprobiellen Zustand. An der Probenahmestelle unterhalb des Möhnezufusses bestätigte sich bei einem Saprobienindex (SI) von 1,77 der „sehr gute“ Zustand der früheren Bewertungen von 2007 (SI = 1,70) und 2010 (SI = 1,69). In diesem Flussabschnitt wurde eine sehr arten- und individuenreiche Biozönose mit einer Reihe anspruchsvoller Arten angetroffen. So fand sich neben verschiedenen Eintagsfliegenarten der Gattung *Baetis* und Steinfliegenlarven der Gattung *Leuctra* sowie Köcherfliegen der Gattungen *Sericostoma* und *Lepidostoma* auch der Käfer *Esolus parallelepipedus*. In frü-

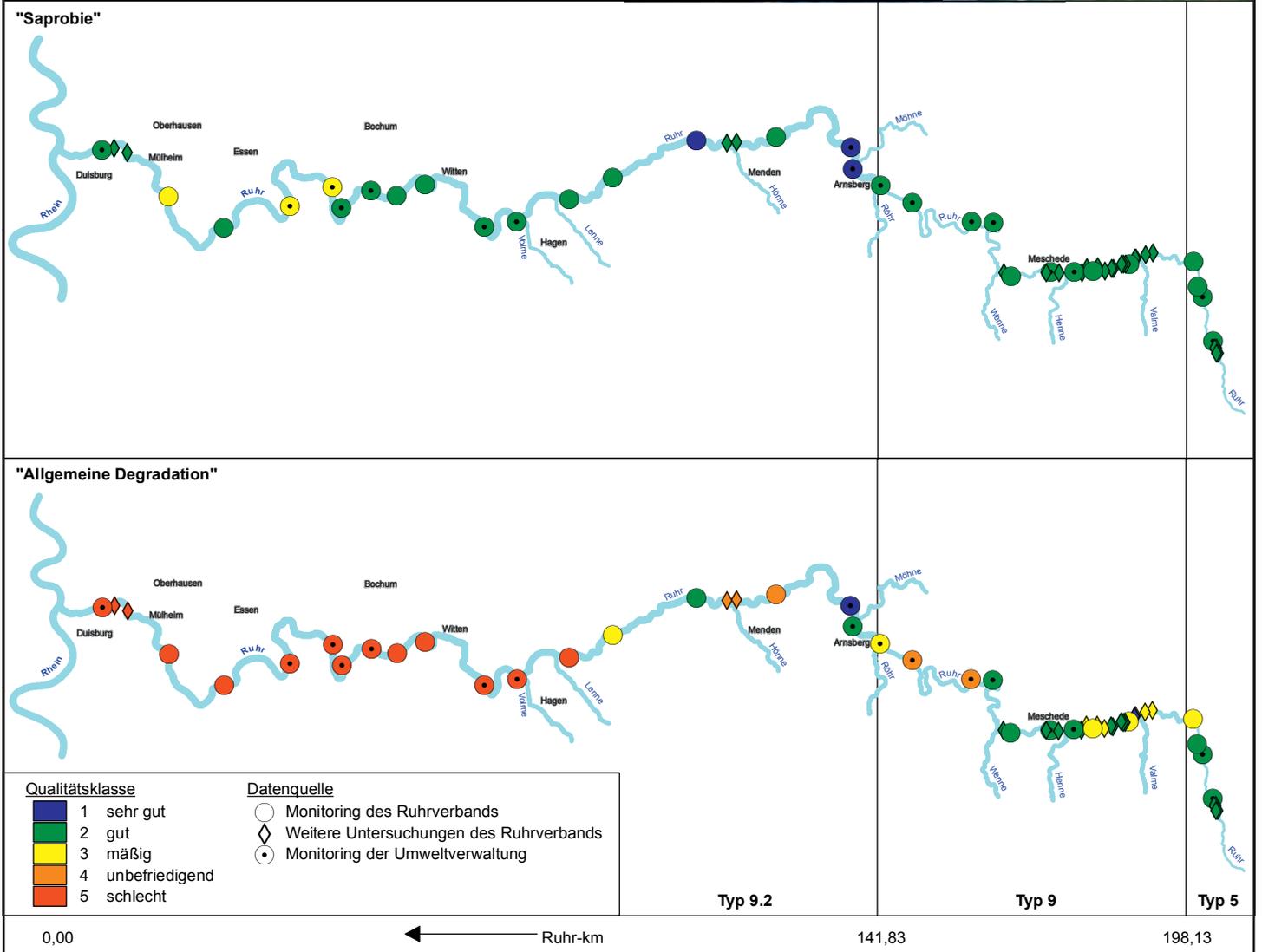


Bild 3.8: Ökologischer Gewässerzustand – Makrozoobenthos (Module „Saprobie“ und „Allgemeine Degradation“) im Fließverlauf der Ruhr 2007 bis 2012. Ergebnisse „Monitoring der Umweltverwaltung“: Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz © Land NRW, Recklinghausen, <http://www.lanuv.nrw.de>

Fig. 3.8: Ecological water condition – macrozoobenthos (modules “saprobic index” and “general degradation”) along the course of the Ruhr, 2007 to 2012. Results „Monitoring der Umweltverwaltung“: Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz © Land NRW, Recklinghausen, <http://www.lanuv.nrw.de>

heren Jahren war hier die große Dominanz von *Echinogammarus berilloni* auffällig. Diese Neozoen-Art, die nachweislich aus der Möhne kommend in die Ruhr eingewandert ist, war bis zum Jahr 2008 vom Zufluss der Möhne bis zum Baldeneysee die vorherrschende Neozoen-Flohkrebsart. Inzwischen wird sie von *Dikergammarus villosus*, dem Großen Höckerflohkrebs, zunehmend verdrängt. Funde in 2012 belegen, dass dieser aus dem Rhein eingewanderte räuberisch lebende Neozoe die Ruhr flussaufwärts bis Fröndenberg erreicht hat. Einheimische Gammariden, wie *Gammarus roeselli* und *Gammarus pulex*, treten in diesem Flussabschnitt kaum noch auf.

In dem weiter flussabwärts gelegenen Abschnitt ab Pegel Villigst, der durch die fünf großen Flussstauseen stark geprägt ist, wurde an 12 von 15 untersuchten Probenahmestellen ein Saprobienindex zwischen 1,98 und 2,19 ermittelt, womit dieser Bereich entsprechend der gewässertypspezifischen Bewertung ebenfalls als „gut“ einzustufen ist. Für die Ruhr, die hier dem Gewässertyp 9.2 entspricht, liegt die gewässertypspezifische Klassengrenze für einen „guten“ saprobiellen Zustand bei 2,25. Dieser Wert wurde an drei Probenahmestellen mit Saprobienindizes zwischen 2,27 und 2,34, wenn z.T. auch nur geringfügig, überschritten. Die Ruhr befindet sich hier im Übergangsbereich vom „mäßigen“ zum „gutem“ saprobiellen Zustand. In diesem stauregulierten Abschnitt der Ruhr zeigt sich der Einfluss einer Sekundärbelastung durch den Sauerstoffverbrauch und den mikrobiellen Abbau der gebildeten Biomasse aus Phyto- und Zooplankton („Autosaprobie“). Dies kann dazu führen, dass der saprobielle Zustand lokal mit „mäßig“ bewertet wird. Das PERLODES-Bewertungsverfahren findet bei gestauten Gewässern keine Anwendung, daher wurden in diesem Ruhrabschnitt jeweils nur die Gewässerstrecken zwischen den Ruhrstauseen untersucht.

Modul „Allgemeine Degradation“

Im oberen Ruhrabschnitt von der Quelle bis oberhalb Olsberg zeigt die Bewertung der „Allgemeinen Degradation“ für alle Probenahmestellen einen „guten“ Zustand. An der in 2012 untersuchten Probenahmestelle unterhalb der Einmündung der Neger wurden zahlreiche anspruchsvolle Eintags-, Stein- und Köcherfliegen-Arten nachgewiesen, so auch die als Leitart für den hier vorliegenden Gewässertyp 5 geltende Köcherfliegenart *Micrasema longulum*.

Im weiteren Gewässerverlauf schwankt die Bewertung dann zwischen „gut“ und „unbefriedigend“. In der Ortslage von Olsberg oberhalb des renaturierten Ruhrabschnitts hat sich in 2012 die Bewertung von 2009 mit „mäßig“ bestätigt. Es traten wenige anspruchsvolle sauerstoff- und strömungsliebende Arten auf. In Bestwig-Velmede gilt für eine Probenahmestelle ebenfalls eine „mäßige“ Bewertung (Index = 0,53). Dies stellt hier gegenüber der früheren Untersuchung von 2009 (Index = 0,34) jedoch eine Verbesserung um eine Bewertungsklasse dar. Insgesamt wies auch diese Probenahmestelle eine für den vorliegenden Gewässertyp 5 zu geringe Individuen- und Artenzahl anspruchsvoller Tiere auf. Vertiefte, kleinräumige Untersuchungen in diesem Flussabschnitt zeigten aber, dass es hier Bereiche mit zum Teil hohem Besied-

lungspotenzial gibt, die einen „guten“ Zustand aufweisen. Prinzipiell können naturnahe Gewässerabschnitte eine positive Wirkung auf benachbarte, strukturell überformte Gewässerabschnitte haben. Diese so genannte Strahlwirkung beruht auf einer aktiven oder passiven Migration von Organismen im Gewässer [3.7]. Die untersuchten, ökologisch wertvollen Gewässerabschnitte können in diesem Zusammenhang so genannte Trittsteine darstellen (kleine Gewässerabschnitte, die struktureiche Habitats besitzen), deren Wirkung lokal schon erkennbar ist.

Die Untersuchung an der Probenahmestelle bei Wehrstapel (km 186,2), unterhalb des Zuflusses des Niebachs, zeigt gleichfalls ein „mäßiges“ Ergebnis (Index = 0,46). Anspruchsvolle Eintags-, Köcher- und Steinfliegen traten in sehr geringer Arten- und Individuenzahl auf. Der relative Anteil an der Gesamtabundanz der Lebensgemeinschaft betrug 37 %. Für eine „gute“ Bewertung für den hier vorliegenden Gewässertyp 5 wären mehr als 56 % erforderlich.

Im weiteren Fließverlauf weist die Ruhr bezüglich der „Allgemeinen Degradation“ eine „gute“ Bewertung auf. Mit „unbefriedigend“ wird allerdings die Probenahmestelle in Oeventrop (km 162,1) bewertet. Dies stellt gegenüber 2009 eine Verschlechterung um zwei Bewertungsklassen dar, deren Ursache nicht bekannt ist. Strömungsliebende Arten, insbesondere aus der Gruppe der Eintags-, Köcher- und Steinfliegen, waren kaum vertreten. Auffallend war das Massenvorkommen der Gemeinen Schlamm-schnecke (*Radix balthica*) mit über 2.000 Tieren pro Quadratmeter sowie das vermehrte Auftreten von Köcherfliegenlarven, die in sandigen, detritusreichen Ablagerungen leben, z. B. *Mystacides azurea* und *Anabolia nervosa*.

An einer 2012 erstmalig untersuchten Probenahmestelle unterhalb von Arnsberg vor Zufluss der Wanne (km 146,5), liegt bezüglich der „Allgemeinen Degradation“ ebenfalls ein „unbefriedigender“ Zustand vor. Eine Ursachenklärung bleibt den weitergehenden Untersuchungen im Rahmen der „Integralen Entwässerungsplanung“ in diesem Bereich vorbehalten.

Die Bewertung der Probenahmestelle oberhalb der Einmündung der Röhr (km 142,2) lag wie in 2009 mit einem Index von 0,57 knapp unterhalb der Klassengrenze von 0,60 zum „guten“ Zustand. Mit der Käferart *Esolus parallelepipedus* und der Eintagsfliegenart *Baetis lutheri* konnten zwei Leitarten des hier vorliegenden Gewässertyps 9 „Silikatischer Mittelgebirgsfluss“ nachgewiesen werden. Insgesamt war der Anteil der anspruchsvollen Insektentaxa aus der Gruppe der Eintags-, Köcher- und Steinfliegen an der Lebensgemeinschaft für diesen Gewässertyp gering. Die Ruhr befindet sich hier allerdings im Übergang vom mittelgroßen (Typ 9) zum großen Fluss des Mittelgebirges (Typ 9.2). Dies spiegelt sich auch in der Lebensgemeinschaft des Makrozooben-

[3.7] Deutscher Rat für Landespflege – DRL (Hrsg.) 2008: Kompensation von Strukturdefiziten in Fließgewässern durch Strahlwirkung. – Schriftenreihe des DRL Heft 81



Bild 3.9: Ruhr bei Bachum
Fig. 3.9: Ruhr at Bachum

thos wider. So war neben den oben genannten charakteristischen Vertretern des Gewässertyps 9 auch die Eintagsfliegenart *Baetis vardarensis* als eher charakteristische Art der „Großen Flüsse des Mittelgebirges“ vertreten. Bemerkenswert war die sehr hohe Individuenzahl - mit 800 Tieren pro Quadratmeter - der Gattung *Pisidium* (Erbsenmuschel). Diese sehr kleinen Muscheln besiedeln bevorzugt detritusreiche kiesig-sandige Hartsubstrate.

Im Bereich von Arnsberg-Neheim bis zum Stadtbereich Schwerte, hier ist die Ruhr dem Gewässertyp 9.2 zugeordnet, befindet sich der Fluss bezüglich der „Allgemeinen Degradation“ an drei von sieben Stellen in einem „guten“ bzw. „sehr guten“ Zustand. Besonders erwähnenswert ist die Probenahmestelle unterhalb der Einmündung der Möhne (Bild 3.9). Hier weist die Ruhr im Bereich der eigendynamischen Aufweitung eine vielseitige naturnahe Gewässerstruktur auf, was sich in einem „sehr guten“ ökologischen Zustand bezogen auf das Makrozoobenthos widerspiegelt. Wie in 2010 wurde eine sehr arten- und individuenreichen Biozönose mit vielen anspruchsvollen Arten nachgewiesen. So traten Steinfliegen der Gattung *Leuctra* und daneben als charakteristische Bewohner schnell fließender schotter- und kiesreicher Gewässerabschnitte zahlreiche Eintagsfliegenarten der Gattung *Baetis*, u. a. *Baetis lutheri*, *Baetis scambus* und *Baetis vardarensis*, auf. Als Bewohner von strömungsberuhigten Zonen wurden u.a. die Köcherfliege *Allogamus auricollis* sowie der Käfer *Esolus parallelepipedus* nachgewiesen. Erwähnenswert ist hier auch das Vorkommen von *Agapetus ochripes*, einer anspruchsvollen und für Mittelgebirgsflüsse charakteristischen Köcherfliegenart.

Weiter flussabwärts zeigen Ergebnisse im Rahmen der Integralen Entwässerungsplanung in 2012 für zwei Probenahmestellen im Bereich Fröndenberg, die in staubeinflussten Bereichen liegen, einen „unbefriedigenden“ Zustand bezüglich der „Allgemeinen Degradation“.

Unterhalb des Pegels Villigst führt die naturferne Gewässermorphologie der Ruhr dann zu einer durchgängig „schlechten“ Bewertung der allgemeinen Degradation an allen Probenahmestellen. Verantwortlich hierfür sind neben den unbefriedigenden Gewässerstrukturen vor allem Stauereffekte durch Querbauwerke und beispielsweise die damit verbundene Erwärmung des Gewässers. Dieser Gewässerabschnitt ist aufgrund verschiedener Nutzungsansprüche, z.B. Trinkwassergewinnung, Wasserkraftnutzung, Schifffahrt und Freizeitnutzung, stark ausgebaut und folglich bis zur Mündung in den Rhein fast durchgehend als „erheblich verändert“ (HMWB) ausgewiesen worden. Somit ist in diesem Ruhrabschnitt das gute ökologische Potenzial das Entwicklungsziel und nicht die Erreichung des guten ökologischen Zustands. Ein allgemeines Verfahren zur Bewertung des guten ökologischen Potenzials auf der Basis biologischer Untersuchungen befindet sich derzeit in der Endphase der Bearbeitung.

Für diese Gewässerabschnitte steht nur ein begrenztes Wiederbesiedlungspotenzial zur Verfügung, da eine Ausbreitung des Makrozoobenthos über Migration aufgrund der Ruhrstauseen erschwert bzw. kaum möglich ist. Naturnahe Nebengewässer mit hohem Besiedlungspotenzial können hier nur bedingt als Strahlursprünge fungieren, da sie keine für Flüsse typgerechte Fauna aufweisen.

Modul „Versauerung“

An Hand des Makrozoobenthos kann auch eine mögliche Versauerung des Gewässers in einem weiteren Modul bewertet werden. Dies gilt allerdings nur für bestimmte Gewässertypen in silikatischen Gebieten mit geringer Pufferkapazität.

In der Ruhr wäre der Aspekt der Versauerung nur im oberen Ruhrabschnitt, in dem sie dem Typ eines silikatischen Mittelge-

birgsbachs entspricht, relevant. Die Ruhr weist hier einen „sehr guten“ Zustand auf und unterliegt daher keinem nachweisbaren Versauerungseinfluss.

Hydrobiologische Untersuchungen gemäß EG-WRRL in den Gewässern der Planungseinheiten

Der Gewässerzustand im Einzugsgebiet der Ruhr wird vor dem Hintergrund der kooperativen Mitwirkung des Ruhrverbands beim operativen Gewässermonitoring gemäß EG-WRRL seit 2007 in Form von ökologischen Gewässerzustandskarten dargestellt. Als Datenquellen dienen die Untersuchungsergebnisse aus dem vom Ruhrverband und vom LANUV NRW gemeinsam durchgeführten Gewässermonitoring. Daneben werden Daten berücksichtigt, die im Rahmen der „Integralen Entwässerungsplanung“ (IEP) beim Ruhrverband [3.8] erhoben wurden. Diese in räumlich eng begrenzten Gebieten mit hoher Dichte gewonnenen Daten sollen unter Berücksichtigung der Ziele der EG-WRRL helfen, notwendige Maßnahmen im Bereich der Siedlungsentwässerung hinsichtlich Zielerreichung und Aufwand zu optimieren.

Im Rahmen des kooperativen Gewässermonitorings lag im Jahr 2012 seitens des Ruhrverbands der Schwerpunkt der hydrobiologischen Untersuchungen auf der Planungseinheit Obere Ruhr 2, während das LANUV NRW in den Planungseinheiten Möhne, Obere Ruhr 1 und Mittlere Ruhr untersucht hat. Darüber hinaus fanden 2012 im Rahmen des Programms „Integrale Entwässerungsplanung“ des Ruhrverbands schwerpunktmäßig Untersuchungen in der Planungseinheit Obere Lenne statt.

Die Bilder 3.10 und 3.11 zeigen die Gewässerzustandskarten für die Module „Saprobie“ und „Allgemeine Degradation“. In den Karten sind die Ergebnisse messstellengenau mit farbig codierten Symbolen entsprechend der fünfstufigen Qualitätsklassifizierung nach EG-WRRL dargestellt. Diese Karten basieren auf Untersuchungen, die in den Jahren 2007 bis 2012 durchgeführt wurden. Alle Daten, die das Sechsjahresfenster überschreiten, wurden entfernt oder durch neuere Ergebnisse ersetzt. Diese Karten repräsentieren daher den Gewässerzustand der letzten sechs Jahre und umfassen 644 Probenahmestellen. Im Jahr 2012 wurden vom Ruhrverband 77 Probenahmestellen hydrobiologisch untersucht. Diese Ergebnisse sowie die Daten von 44 Probenahmestellen des operativen Monitorings des LANUV NRW aus dem Jahr 2012 wurden bei der Aktualisierung der vorliegenden Gewässerzustandskarten berücksichtigt.

Planungseinheit Obere Ruhr 2

Für die Mehrzahl der Probenahmestellen bestätigen die vom Ruhrverband erhobenen Ergebnisse aus 2012 die früheren Befunde des „sehr guten“ bzw. „guten“ saprobiellen Zustands. Dies ist aktuell ein Anteil von 98 %.

Drei Probenahmestellen weisen nunmehr jedoch einen „mäßigen“ Zustand auf. Hierzu zählt zum einen der Salveybach. Für diesen Bach, der dem Gewässertyp 5 entspricht, liegt die gewässertypspezifische Klassengrenze für einen „guten“ saprobiellen Zustand

bei 2,00. Dieser Wert wurde an der Probenahmestelle im Unterlauf des Bachs, bevor er in die Wenne mündet, mit einem Saprobienindex von 2,06 geringfügig überschritten. Hinsichtlich der „Allgemeinen Degradation“ zeigte diese Probenahmestelle in 2012 einen niedrigen Index von 0,32 und weist damit einen „unbefriedigenden“ Zustand auf. Es dominierten hier Ubiquisten, Tiere mit zumeist geringen Ansprüchen an ihren Lebensraum. Zudem traten verschiedene Störanzeiger auf, wie z. B. *Asellus aquaticus* (Wasserassel), Tubifiziden (Schlammröhrenwürmer), Chironomiden (Zuckmücken) und Oligochaeten (Wenigborsterwürmer).

Zwei andere Probenahmestellen, die ebenfalls einen „mäßigen“ saprobiellen Zustand zeigen, liegen in der Arpe II und der Weiste, zwei kleinen Nebenbächen der Wenne. In diesem Gebiet wird aktuell eine differenzierte Immissionsanalyse (IEP) der Misch- und Trennsystemeinleitungen der Kläranlagen Schmallenberg-Wormbach und Schmallenberg-Bracht durchgeführt, die zu einer Klärung der Ursachen der saprobiellen Belastung führen wird.

Insgesamt einen „guten“ saprobiellen Zustand weist die Henne auf. An den Probenahmestellen oberhalb und unterhalb der Talsperre, die in 2009 bezüglich der „Allgemeinen Degradation“ mit „mäßig“ bewertet wurden, zeigt sich in 2012 eine Verbesserung um eine Bewertungsklasse auf nunmehr „gut“ (Index von 0,64 bzw. 0,66). Ebenso kann an der Kleinen Henne, die bezüglich der „Saprobie“ wie in 2009 aktuell mit „gut“ bewertet wurde, in 2012 durchgängig eine Verbesserung der „Allgemeinen Degradation“ auf „gut“ (Index von 0,69) und damit insgesamt ein „guter“ ökologischer Zustand bezogen auf das Makrozoobenthos verzeichnet werden. Dies zeigte sich in einer relativ artenreichen Fauna mit einem hohen Anteil an anspruchsvollen Ephemeroptera-, Plecoptera- und Trichoptera-Arten. Jedoch war die Besiedlungsdichte im Bereich des Beileitungssystem, in dem die Kleine Henne zudem noch Wasser aus der Brabecke aufnimmt und über den Horbach der Hennetalsperre zuführt, auf Grund des technischen Ausbaus und der hydraulischen Belastung für ein Gewässer diesen Typs zu gering. Der Ruhrverband befasst sich daher in Abstimmung mit der Bezirksregierung Arnsberg und dem Hochsauerlandkreis damit, für diesen Teil der Kleinen Henne unter Berücksichtigung der bestehenden Nutzungen Möglichkeiten einer naturnäheren Gestaltung aufzuzeigen (vgl. Kapitel „Maßnahmen des Ruhrverbands aus den Umsetzungsfahrplänen der EG-WRRL“).

Die Wenne zeigt an allen Probenahmestellen einen „guten“ saprobiellen Zustand. Bezüglich der „Allgemeinen Degradation“ zeigen drei von sechs Messstellen, die im Oberlauf liegen, einen „guten“ Zustand. Die Probenahmestelle unterhalb der Kläranlage Eslohe-Bremke, die in 2011 noch mit „mäßig“ (Index = 0,45) bezüglich

[3.8] Jardin, N., Podraza, P., Schweder, H., Weyand, M.: Auswirkungen von Niederschlagswassereinleitungen auf den ökologischen Zustand – Eine Zwischenbilanz nach fünf Jahren umfassender gewässerökologischer Untersuchungen. In: Pinnekamp, J. (Hrsg.): Gewässerschutz-Wasser-Abwasser Band 223: 44. Essener Tagung, Aachen 23. – 25. März 2011, Seite 60/1 bis 60/15, Aachen 2011, ISBN 978-3-938996-29-4

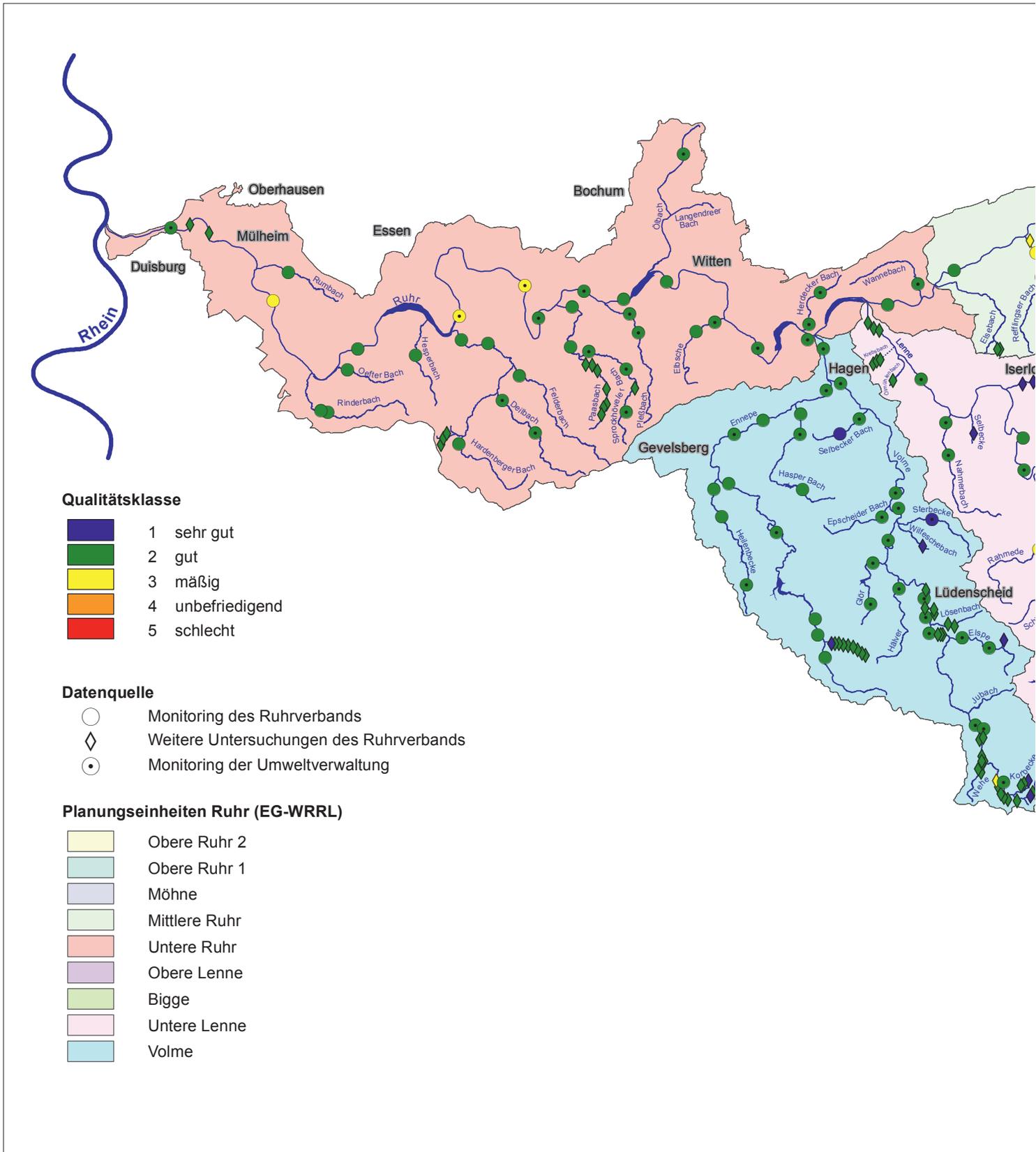
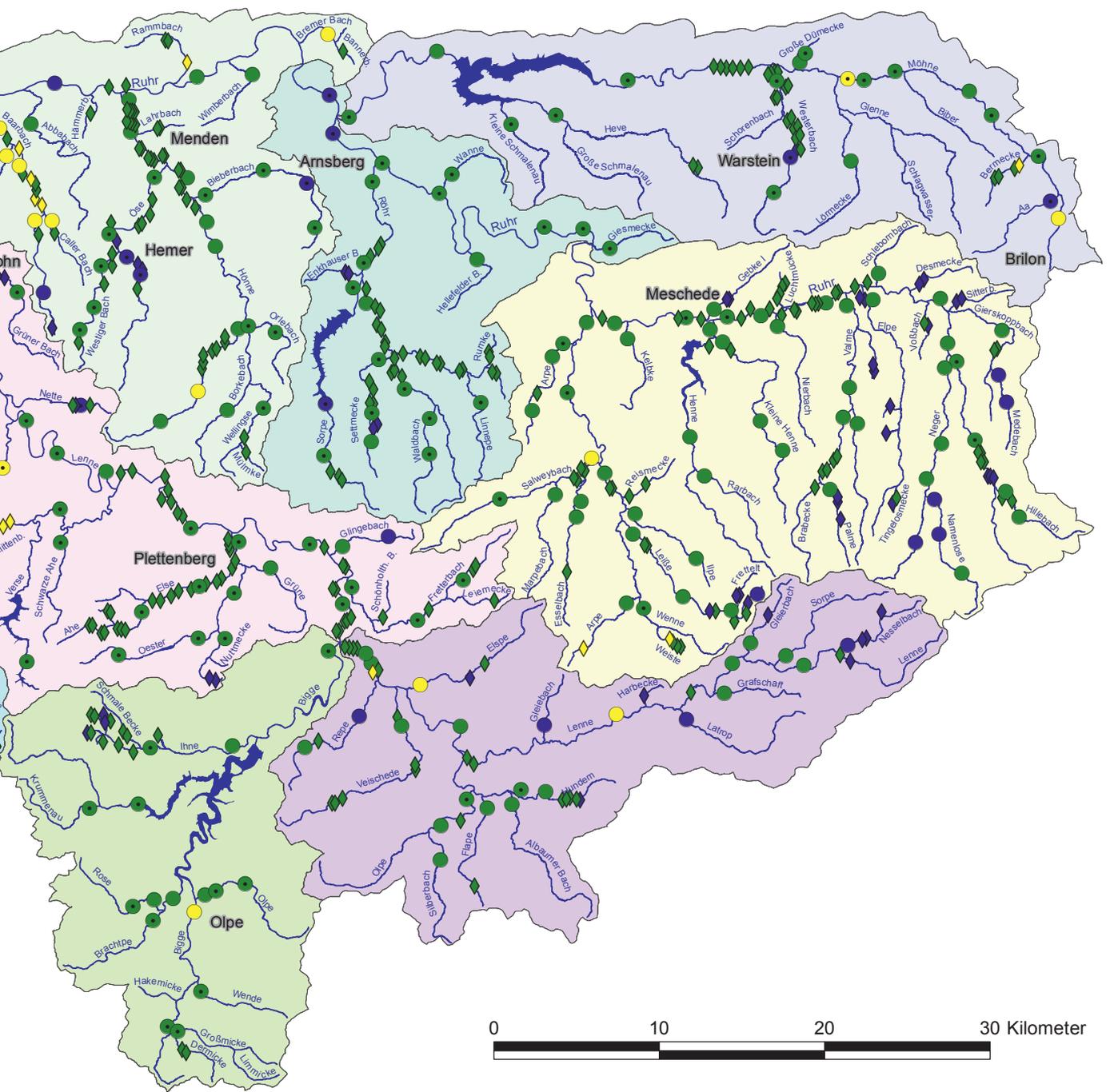


Bild 3.10: Ökologischer Gewässerzustand im Ruhreinzugsgebiet – Makrozoobenthos (Modul „Saprobie“), 2007 bis 2012. Ergebnisse „Monitoring der Umweltverwaltung“
 Fig. 3.10: Ecological water condition in the Ruhr catchment area – macrozoobenthos (module “saprobic index”), 2007 to 2012. Results „Monitoring der Umweltverwaltung“



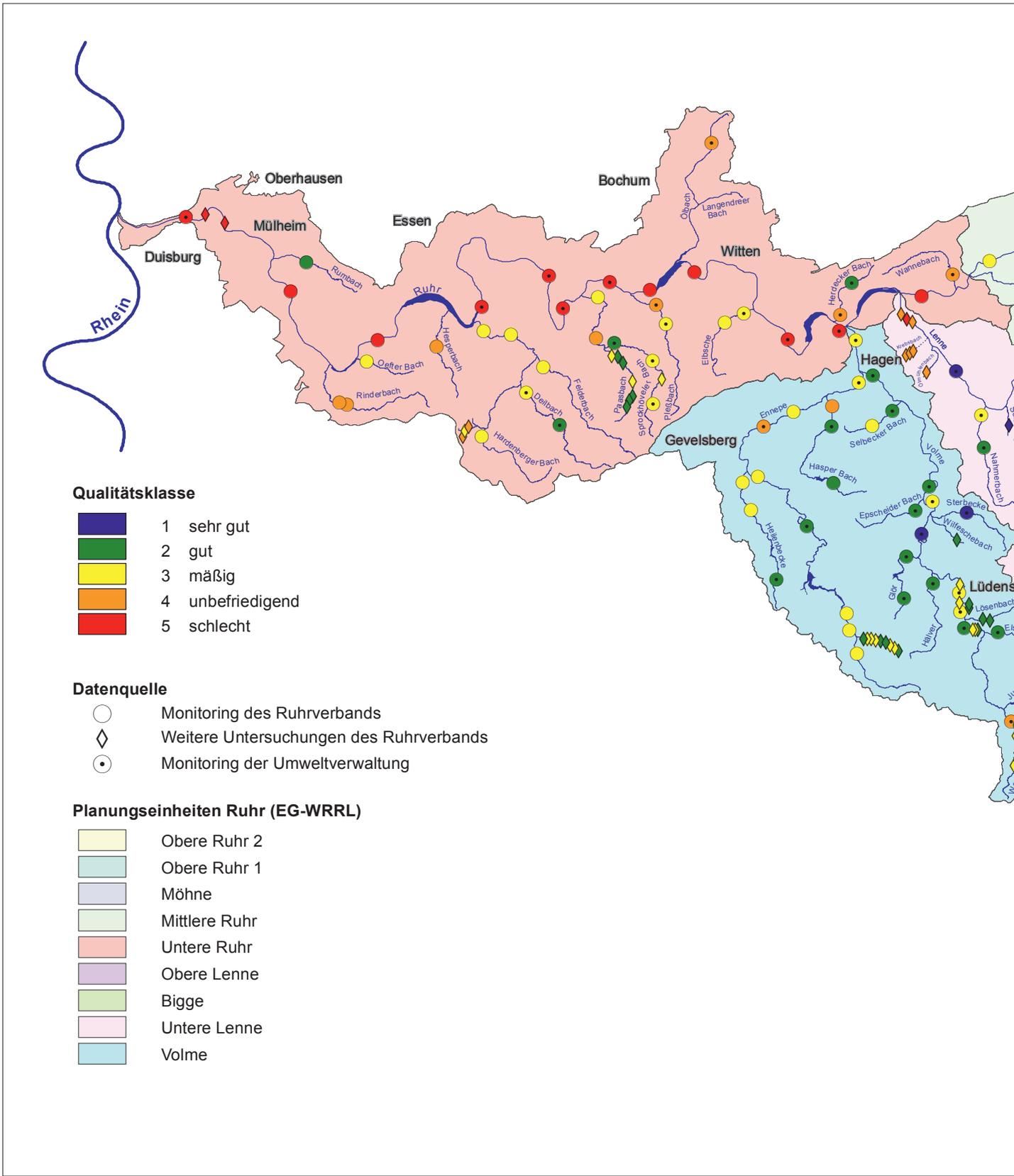


Bild 3.11: Ökologischer Gewässerzustand im Ruhreinzugsgebiet – Makrozoobenthos (Modul „Allgemeine Degradation“), 2007 bis 2012. Ergebnisse „Monitoring“
 Fig. 3.11: Ecological water condition in the Ruhr catchment area – macrozoobenthos (module „general degradation“), 2007 bis 2012. Results „Monitoring“

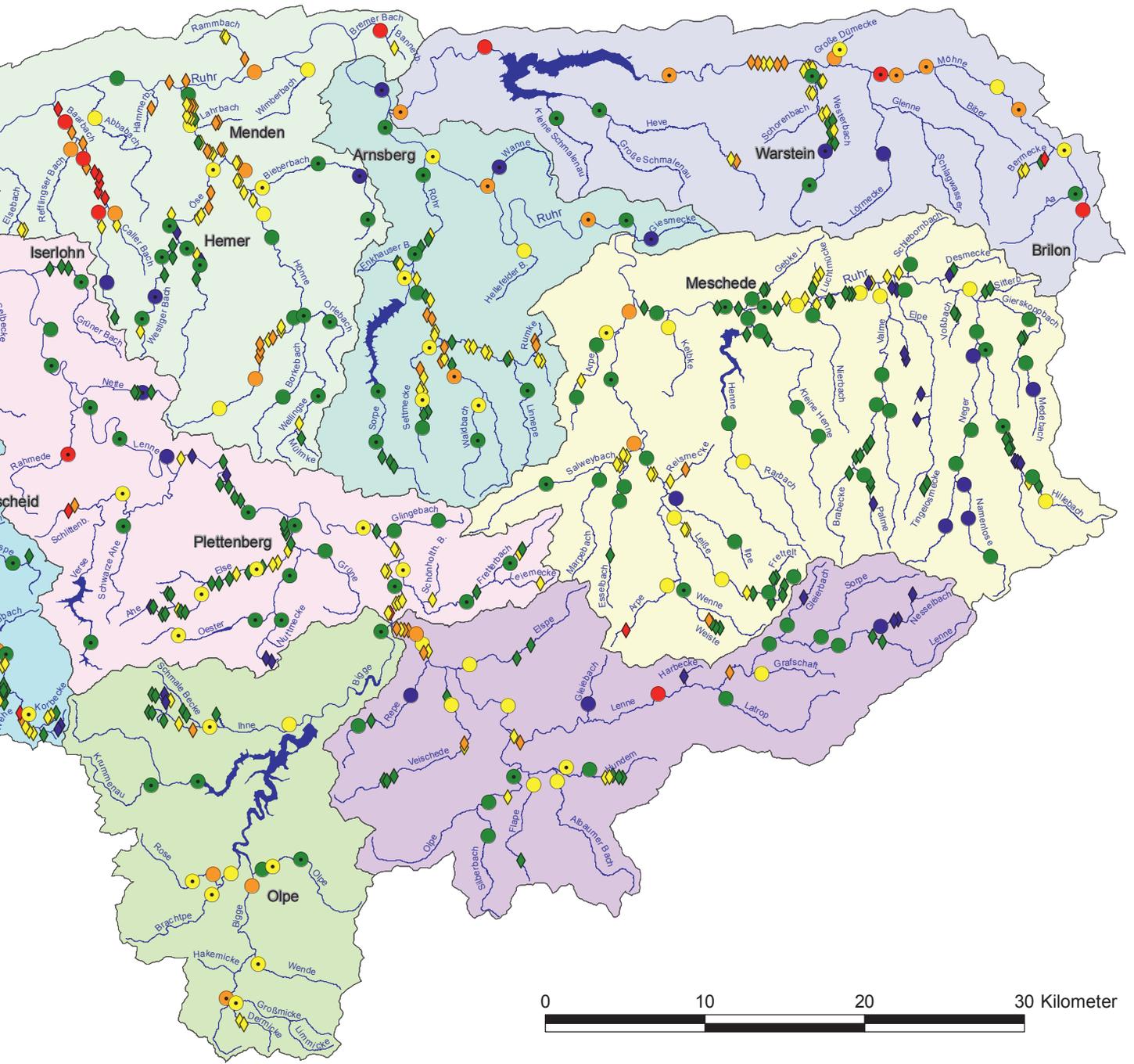




Bild 3.12: Die Neger, ein Nebengewässer der Ruhr
 Fig. 3.12: The Neger, a tributary to the Ruhr

der Allgemeinen Degradation beurteilt wurde, weist in 2012 bei einem Index von 0,62 eine Verbesserung auf „gut“ auf. Dagegen zeigt die Probenahmestelle an der Mündung in die Ruhr eine deutliche Verschlechterung gegenüber 2011. Mit einem Index von 0,29 wird diese Probenahmestelle in 2012 nunmehr mit „unbefriedigend“ (2011: Index = 0,63) bewertet. Sowohl die Anzahl der Taxa als auch die Individuendichte waren deutlich geringer. Hier sind weitergehende kleinräumige Untersuchungen zur Klärung der Ursache notwendig.

Die Valme, die dem Gewässertyp 5 „Grobmaterialreicher, silikatischer Mittelgebirgsbach“ zugeordnet ist, zeigt hinsichtlich der „Saprobie“ an allen Probenahmestellen einen „guten“ Zustand. Bezüglich der „Allgemeinen Degradation“ weisen die Probenahmestellen oberhalb der Einmündung der Brabecke und in Ramsbeck einen „guten“ Zustand auf, während die Probenahmestelle vor der Mündung in die Ruhr in 2012 nunmehr einen „mäßigen“ Zustand bei einem Index von 0,54 (2009: Index = 0,71) zeigt.

Besonders positiv erwähnenswert sind die Neger (Bild 3.12) und die Namenlose, ein Nebenbach der Neger. Beide Gewässer zeigten eine sehr arten- und individuenreiche Makrozoobenthofauna, die an mehreren Messstellen sowohl für die „Saprobie“ als auch für die „Allgemeine Degradation“ mit „sehr gut“ bewertet werden. So konnten diverse Leitarten des Gewässertyps 5 nachgewiesen werden. Hierzu zählen die großen und wegen ihres mehrjährigen Entwicklungszyklus sehr anspruchsvollen Steinfliegen *Perla marginata* und *Dinocras cephalotes* ebenso wie die Eintagsfliege *Baetis alpinus*, die Köcherfliege *Philopotamus ludificatus* und die Kriebelmücken *Simulium argyreatum*, *S. cryophilum* und *S. monticola*. Insgesamt weist die Mehrheit der in dieser Planungseinheit untersuchten Gewässer (73 %) einen „guten“ oder sogar „sehr guten“ Zustand bezogen auf die „Allgemeine Degradation“ auf.

Planungseinheit Obere Ruhr 1

Die Ergebnisse der im Jahr 2012 vom LANUV NRW durchgeführten Untersuchungen bestätigen ohne Ausnahme den „sehr guten“ oder „guten“ saprobiellen Zustand. Erwähnenswert ist das positive Bewertungsergebnis der Wanne, eines kleinen Bachs, der bei Arnsberg-Niedereimer in die Ruhr fließt. Das Gewässer wurde im Rahmen von Hochwasserschutzmaßnahmen im Jahr 2009 im Unterlauf gewässermorphologisch umgestaltet. Die oberhalb dieser Renaturierungsmaßnahme liegende Probenahmestelle zeigt hinsichtlich der „Allgemeine Degradation“ einen „sehr guten“ Zustand (Index von 0,88). So wurde eine Vielzahl an für den hier vorliegenden Gewässertyp 5 charakteristischen Reinwasserarten gefunden. Hierzu zählten die große Steinfliege *Perla marginata*, die neben sieben anderen Steinfliegengattungen vorkam, sowie anspruchsvolle Köcher- und Eintagsfliegen (z. B. *Hydropsyche dinarica* und *Epeorus assimilis*). Damit kann dieser naturnahe Abschnitt eine Strahlwirkung auf den unterhalb liegenden neu gestalteten Gewässerabschnitt ausüben. Für den Rest dieser Planungseinheit zeigen hinsichtlich der „Allgemeinen Degradation“ viele Probenahmestellen einen „mäßigen“ (40 %), einige auch einen „unbefriedigenden“ ökologischen Zustand (17 %). Ursache für die defizitäre Bewertung der überwiegenden Anzahl der Probenahmestellen sind vor allem die unbefriedigenden Gewässerstrukturen der siedlungsbedingt stark ausgebauten Gewässer.

Planungseinheit Möhne

Die im Jahr 2012 ermittelten Befunde des LANUV NRW bestätigen den überwiegend „guten“ saprobiellen Zustand der Möhne und ihrer Nebengewässer. Eine Probenahmestelle an der Möhne oberhalb des Zuflusses der Glenne weist bei einem Saprobienindex von 2,03 knapp einen „mäßigen“ saprobiellen Zustand auf. Für die Möhne, die hier dem Gewässertyp 5 zugeordnet ist, liegt die gewässertypspezifische Klassengrenze für einen „guten“ saprobiellen Zustand bei 2,00. In diesem Bereich fand sich insgesamt eine sehr geringe Besiedlung. Sensible strömungs- und sauerstoffliebende Arten aus der Gruppe der Ephemeroptera, Plecoptera und Trichoptera (EPT) fehlten fast ganz, was sich deutlich in der mit „schlecht“ (Index von 0,19) bewerteten Qualitätskomponente „Allgemeine Degradation“ niederschlägt. Hinsichtlich der „Allgemeinen Degradation“ zeigen insgesamt lediglich 30 % der Probenahmestellen einen „guten“ oder „sehr guten“ Zustand.

Planungseinheit Mittlere Ruhr

In dieser Planungseinheit tritt im Vergleich zum gesamten Ruhreinzugsgebiet eine überdurchschnittlich hohe Zahl an Probenahmestellen im „mäßigen“ saprobiellen Zustand auf (13 %) auf, wobei die im Jahr 2012 vom LANUV NRW erhobenen Daten die früheren Befunde weitestgehend bestätigten. Eine Ausnahme stellt die Öse, ein Nebengewässer der Hönne, dar. Dieser Bach weist nunmehr durchgehend einen „guten“ bzw. im Mittellauf bis zur Einmündung des Westiger Bachs einen „sehr guten“ saprobiellen Zustand auf. Hier konnten in hoher Individuen- und Artenzahl anspruchsvolle Reinwasserarten nachgewiesen werden, u. a. die Steinfliege *Perla marginata* sowie sieben andere Steinfliegengattungen.

Eine Verbesserung zeigt sich ebenfalls hinsichtlich der „Allgemeinen Degradation“, die nun im Mittellauf fast durchgängig mit „gut“ bewertet wird. Hier zeigt sich damit, wenn auch mit gewissem zeitlichen Verzug, der Erfolg der ökologischen Umgestaltung der Öse im Stadtgebiet von Hemer von einem ehemals unter der Fußgängerzone verdohlenen Gewässer zu einem nun offen fließenden, dem Gewässertyp entsprechend gestalteten Gewässer im urbanen Bereich. Im Unterlauf der Öse vor Mündung in die Hönne zeigt der aktuelle Befund im Rahmen des operativen Monitorings ebenfalls eine Verbesserung, allerdings von bisher „unbefriedigend“ (2010: Index = 0,32) auf „mäßig“ (2012: Index = 0,49).

Hinsichtlich der „Allgemeinen Degradation“ zeigt insgesamt weniger als ein Drittel (28 %) der Probenahmestellen in dieser Planungseinheit einen „guten“ oder „sehr guten“ Zustand.

Planungseinheit Untere Ruhr

In dieser Planungseinheit fanden in 2012 keine Untersuchungen statt. Entsprechend den früheren Ergebnissen weist diese Planungseinheit an fast allen Probenahmestellen (94 %) einen „guten“ saprobiellen Zustand auf. Mehrheitlich befinden sich die Nebengewässer in dieser Planungseinheit hinsichtlich der „Allgemeinen Degradation“ in einem „mäßigen“ und „unbefriedigenden“ Zustand. Die Ruhr ist hier überwiegend als HMWB ausgewiesen. Bei der direkten Übertragung des Bewertungsverfahrens auf die als HMWB ausgewiesenen Wasserkörper führt die Zusammensetzung des Makrozoobenthos zu einer schlechten Bewertung. Für diese Gewässerabschnitte ist aber das gute ökologische Potenzial das Entwicklungsziel und nicht die Erreichung des guten ökologischen Zustands. Ursache für diese Befunde sind einerseits veränderte Gewässerstrukturen. Die Gewässer sind durch bestehende Nutzungsansprüche (Siedlungstätigkeiten, Hochwasserschutz, Schifffahrt, Wasserkraftnutzung, etc.) so überprägt, dass ein natürlicher oder naturnaher Zustand selten vorliegt. Andererseits führen die aus dem Rhein eingewanderten Neozoen in vielen Fällen mit dem jetzigen Bewertungssystem zu einer schlechten Bewertung.

Planungseinheit Obere Lenne

Die im Programm „Integrale Entwässerungsplanung“ im Jahr 2012 an der Hundem, der Veischede und der Oberen Lenne untersuchten 10 Probenahmestellen zeigen alle einen „guten“ oder „sehr guten“ saprobiellen Zustand. Hinsichtlich der „Allgemeinen Degradation“ zeigen zwei der Probenahmestellen an der Hundem einen „mäßigen“ Zustand, alle anderen einen „guten“ Zustand. Diese Planungseinheit weist insgesamt an 95 % der Messstellen einen „sehr guten“ oder „guten“ saprobiellen Zustand auf, während dies nur für 56 % der Probenahmestellen hinsichtlich der „Allgemeinen Degradation“ gilt.

Planungseinheit Untere Lenne

In dieser Planungseinheit fanden in 2012 keine Untersuchungen im Rahmen des kooperativen Monitorings gemäß EG-WRRL statt. Im Programm „Integrale Entwässerungsplanung“ wurden im Jahr

2012 im Einzugsgebiet der Kläranlage Altena an der Nette drei Messstellen untersucht. Diese Probenahmestellen zeigen alle hinsichtlich der „Saprobie“ und „Allgemeinen Degradation“ einen „guten“ oder „sehr guten“ Zustand.

Zwei weitere Probenahmestellen, die am Schlittenbach liegen, zeigen einen „mäßigen“ saprobiellen Zustand und einen „unbefriedigenden“ bzw. „schlechten“ Zustand hinsichtlich der „Allgemeinen Degradation“. Hier zeigten sich die Defizite bereits direkt im Anschluss an den verrohrten Oberlauf oberhalb der Kläranlage Lüdenscheid-Schlittenbachtal und setzten sich unterhalb im stark technisch ausgebauten und auf weiten Strecken verrohrten Unterlauf weiter fort. Insgesamt weist diese Planungseinheit fast an allen Probenahmestellen (97 %) einen „guten“ oder „sehr guten“ saprobiellen Zustand auf. Hinsichtlich der „Allgemeinen Degradation“ zeigen knapp zwei Drittel (62 %) der Probenahmestellen in dieser Planungseinheit einen „guten“ oder „sehr guten“ Zustand.

Planungseinheit Volme

Schwerpunktmäßig fanden in dieser Planungseinheit 2012 intensive gewässerökologische Untersuchungen im Rahmen des Programms „Integrale Entwässerungsplanung“ der Kläranlage Kierspe statt. Die hierbei untersuchten sechs Messstellen in der Volme und der Wehe, einem kleinen Nebenbach der Volme, weisen alle bis auf eine Stelle hinsichtlich der „Saprobie“ einen „guten“ Zustand auf. Insgesamt weisen fast alle Probenahmestellen einen „guten“ oder „sehr guten“ saprobiellen Zustand auf. Dagegen zeigt nur die Hälfte der Messstellen bezüglich der „Allgemeinen Degradation“ einen „guten“ oder „sehr guten“ Zustand.

Planungseinheit Bigge

In dieser Planungseinheit fanden in 2012 keine Untersuchungen statt. Entsprechend den früheren Ergebnissen weist diese Planungseinheit fast an allen Probenahmestellen einen „guten“ oder „sehr guten“ saprobiellen Zustand auf. Hinsichtlich der „Allgemeinen Degradation“ zeigt nur knapp die Hälfte (48 %) der Probenahmestellen einen „guten“ oder „sehr guten“ Zustand.

Zusammenfassung „Hydrobiologische Untersuchungen“

Eine Gesamtübersicht über die messstellenbezogene Verteilung der Ergebnisse für die jeweiligen Planungseinheiten und das gesamte Ruhreinzugsgebiet gibt Tabelle 3.6. Die Ruhr besitzt über weite Strecken eine artenreiche Wirbellosenfauna (Makrozoobenthos). Diese setzt sich aus typischen Arten der silikatischen Mittelgebirgsbäche und -flüsse zusammen und wird ergänzt durch eine Vielzahl von ubiquitär vorkommenden Arten. Trotz ihrer vielfältigen Nutzung, zu der auch die Aufnahme gereinigter Abwässer gehört, zeigt die Ruhr nur eine geringe Belastung mit organisch abbaubaren, sauerstoffzehrenden Stoffen. Dies spiegelt sich in der fast durchgängig „guten“ Bewertung des Moduls „Saprobie“ wider. Im Bereich zwischen Arnsberg-Neheim und dem Pegel Villigst, hier entspricht die Ruhr dem Gewässertyp „Grosser Fluss des Mittelgebirges“ (Typ 9.2), weisen drei Probenahmestellen sogar eine „sehr gute“ saprobielle Bewertung auf. Besonders erwähnenswert

Tabelle 3.6: Gesamtübersicht über die messstellenbezogene Verteilung der Ergebnisse der hydrobiologischen Untersuchungen zum ökologischen Gewässerzustand in den jeweiligen Planungseinheiten im Ruhreinzugsgebiet – Makrozoobenthos, 2007 bis 2012. Ergebnisse „Monitoring der Umweltverwaltung“: Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz © Land NRW, Recklinghausen, <http://www.lanuv.nrw.de>
 Table 3.6: Overview of the measuring point-specific distribution of results of the hydrobiological examinations on the ecological water conditions in the respective planning units of the Ruhr catchment area – macrozoobenthos, 2007 to 2012. Results „Monitoring der Umweltverwaltung“: Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz © Land NRW, Recklinghausen, <http://www.lanuv.nrw.de>

		Untere Ruhr			Volme			Bigge			Untere Lenne			Obere Lenne			Mittlere Ruhr			Obere Ruhr 1			Obere Ruhr 2			Möhne			Ruhreinzugsgebiet									
		○	◇	◎	Summe	○	◇	◎	Summe	○	◇	◎	Summe	○	◇	◎	Summe	○	◇	◎	Summe	○	◇	◎	Summe	○	◇	◎	Summe	○	◇	◎	Summe	Summe				
Saprobie	sehr gut					1	5	1	7		3		3	1	7	1	9	4	8		12	2	4	3	9		4	3	7	6	24		30		1	2	3	80
	gut	16	13	17	46	9	33	23	65	4	12	11	27	4	54	23	81	15	25		40	12	56	11	79	3	32	16	51	41	55	8	104	4	26	11	41	534
	mäßig	1		2	3		1		1				1		2	1	3	2	1		3	7	6		13					1	2		3	1	1	1	3	30
	unbefriedigend																																					
	schlecht																																					
	Summe				49				73				31				93				55				101				58				137				47	644
Allgemeine Degradation	sehr gut						2	2	4		2		2	1	6	2	9	3	5		8	1	2	2	5			3	3	6	12		18	1		1	2	51
	gut	1	5	3	9	1	18	14	33	1	8	4	13	4	30	15	49	9	14		23	5	8	10	23	2	12	8	22	30	45	7	82		7	5	12	266
	mäßig	7	4	5	16	8	17	6	31	2	4	6	12	17	7	24	47	7	8		15	6	30	2	38	1	17	5	23	10	21	1	32	1	14	2	17	208
	unbefriedigend	4	2	4	10	1	1	2	4	2	1	1	4		7		7	1	7		8	5	20		25		7	3	10	2	2		4	1	6	5	12	84
	schlecht	5	2	7	14		1		1					3	1	4	8		1		1	4	6		10					1	1	2	4	1	1	1	4	35
	Summe				49				73				31				93				55				101				58				137				47	644

Saprobie	sehr gut										
	gut										
	mäßig										
	unbefriedigend										
	schlecht										
Allgemeine Degradation	sehr gut										
	gut										
	mäßig										
	unbefriedigend										
	schlecht										

ist die Probenahmestelle unterhalb des Möhnezufusses bei Bachum. Hier spiegelt sich die vielfältige Gewässermorphologie in einer nunmehr wiederholt bestätigten „sehr guten“ ökologischen Bewertung bezüglich des Makrozoobenthos wider.

Verantwortlich für den nicht durchgängig „guten“ ökologischen Zustand der Ruhr sind im Wesentlichen die nutzungsbedingt veränderten Gewässerstrukturen (Flussverbauungen, Begradigungen und Staubereiche), die insbesondere in den Fließstrecken unterhalb vom Pegel Villigst ihre negativen Auswirkungen zeigen. Dies wird wiedergegeben durch die biologische Qualitätskomponente „Makrozoobenthos – Modul Allgemeine Degradation“. Daraus

resultiert für die Abschnitte der unteren Ruhr etwa ab Zufluss der Lenne eine Einstufung in eine nur „schlechte“ ökologische Zustandsklasse für das Makrozoobenthos. Diese Bewertung berücksichtigt wegen noch fehlender Bewertungsverfahren nicht, dass die Ruhr hier „erheblich verändert“ ist und die Anforderungen an die ökologische Qualität nicht mit denen an ein natürliches Gewässer vergleichbar sind.

Von den 90 im Zuge der hydrobiologischen Untersuchungen nach EG-WRRl an den Nebengewässern und an der Ruhr im Jahr 2012 betrachteten Probenahmestellen konnten alle bis auf zwei Stellen hinsichtlich des saprobiellen Zustands mit „gut“ oder „sehr gut“ bewer-

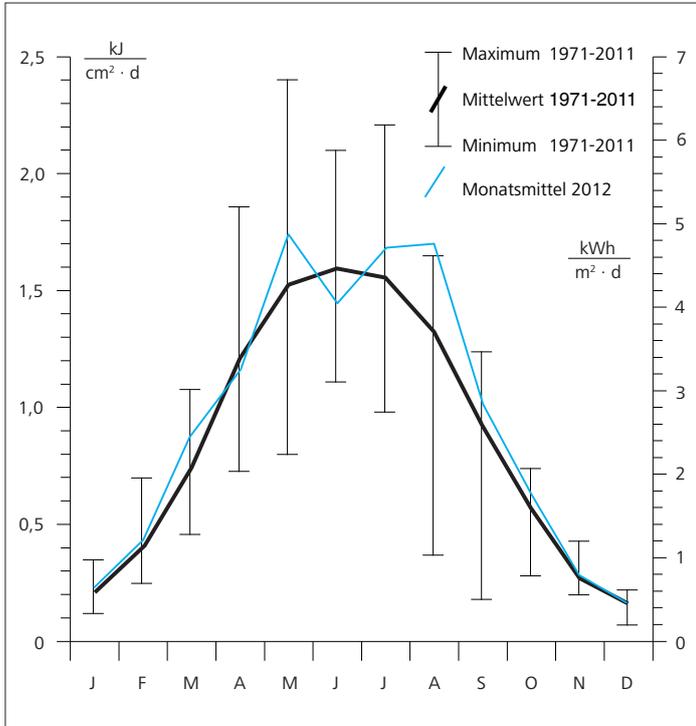


Bild 3.13: Monatsmittel der Globalstrahlung bei Essen, 1971 bis 2012
 Fig. 3.13: Monthly means of total radiation at Essen, 1971 to 2012

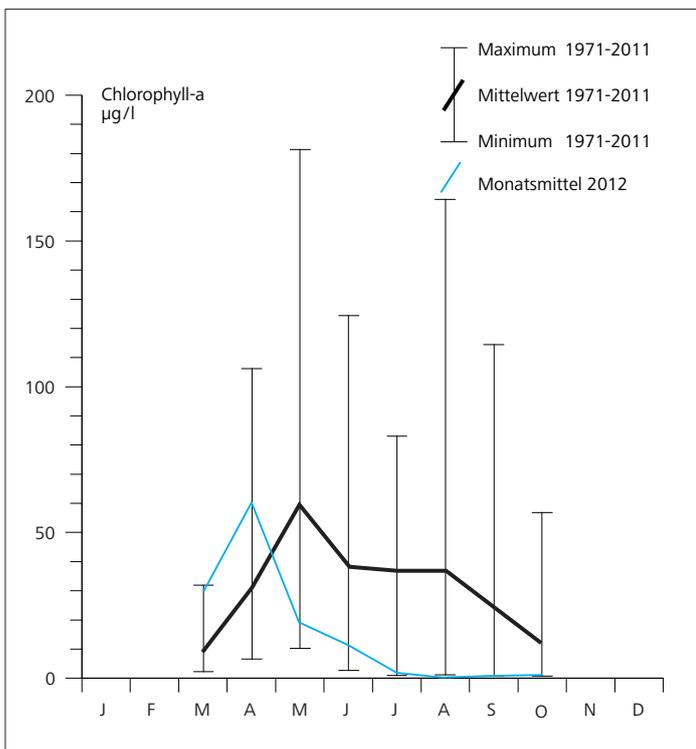


Bild 3.14: Monatsmittelwerte des Chlorophyll-a-Gehalts in der Ruhr bei Essen-Rellinghausen (Zornige Ameise), 1971 bis 2012
 Fig. 3.14: Monthly means of the chlorophyll a concentration in the Ruhr at Essen-Rellinghausen (Zornige Ameise), 1971 to 2012

tet werden. Betrachtet man die seit 2007 insgesamt untersuchten 644 hydrobiologischen Probenahmestellen in der Ruhr und ihren Nebengewässern, so zeigen seit nunmehr sechs Jahren konstant rund 95 % einen „guten“ oder „sehr guten“ saprobiellen Zustand.

Der Gewässerzustand hinsichtlich der „Allgemeinen Degradation“ weist für 317 der im Zeitraum 2007 bis 2012 untersuchten Probenahmestellen im Einzugsgebiet der Ruhr, das sind 49 % aller untersuchten Messstellen, einen „guten“ bzw. „sehr guten“ Zustand aus. Dies ist eine leichte Verbesserung von zwei Prozentpunkten gegenüber 2011. Trotzdem liegt damit bei rund der Hälfte der Probenahmestellen noch ein „mäßiger“, „unbefriedigender“ und in wenigen Fällen auch ein „schlechter“ Zustand vor. Ursache für diese Befunde sind zumeist die veränderten Gewässerstrukturen. Viele dieser Gewässerabschnitte wurden in früheren Jahren aufgrund von Siedlungstätigkeiten, Hochwasserschutz, Wasserkraftnutzung, Schifffahrt, Trinkwassergewinnung oder Landwirtschaft stark ausgebaut und unterliegen weiterhin diesen Nutzungen.

Die Ruhr und ihre Nebengewässer – Trophische Situation

Zur Beschreibung der trophischen Situation werden ergänzend zu den physikalischen, chemischen und hydrobiologischen Untersuchungen in der Ruhr weitere biologische Parameter erfasst. Hierzu zählt neben den Prozessen der planktischen Primär- und Sekundärproduktion und ihren Auswirkungen auf die Wasserbeschaffenheit auch die Entwicklung von Makrophyten.

Phytoplankton

Als Maß für die planktische Primärproduktion wird der Chlorophyllgehalt herangezogen. Diese Analysen werden durch die qualitative und quantitative Bestimmung des Phytoplanktons (Primärpro-

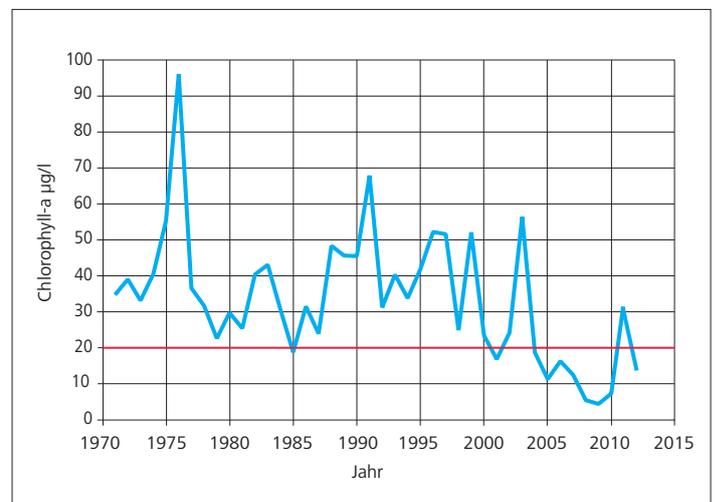


Bild 3.15: Mittelwerte des Chlorophyll-a-Gehalts in der Ruhr bei Essen-Rellinghausen (Zornige Ameise) in der Vegetationsperiode (April bis Oktober) der Jahre 1971 bis 2012
 Fig. 3.15: Means of the chlorophyll a concentration in the Ruhr at Essen-Rellinghausen (Zornige Ameise) during the vegetation period (April to October), 1971 to 2012

duzenten) und des Zooplanktons (v.a. Primärkonsumenten) vervollständigt. Am Beispiel des Baldeneysees, des größten der fünf Ruhrstauseen, wird der Zusammenhang der Phytoplanktonentwicklung mit den abiotischen Faktoren Globalstrahlung und Abfluss sowie mit dem biotischen Gegenspieler, dem algenfressenden Zooplankton, aufgezeigt. Weitere Aspekte sind die Einflüsse der Prozesse Photosynthese, Atmung und Mineralisierung auf den Sauerstoffgehalt. Hierzu werden in den folgenden Abschnitten die Untersuchungsergebnisse aus dem Jahr 2012 vorgestellt und gemeinsam mit den Ergebnissen langjähriger Untersuchungen interpretiert.

Im Vergleich zu den Mittelwerten der zurückliegenden 40 Jahre zeichnet sich das Jahr 2012 durch eine fast ganzjährig leicht überdurchschnittliche Globalstrahlung aus (Bild 3.13). Der März zeigte sich dabei als sonniger Frühjahrsmonat, dessen Monatsmittelwert 19 % über dem langjährigen Monatsmittelwert lag. Im April dagegen wurde eine um 5 % unterdurchschnittliche Strahlungsintensität verzeichnet. Die höchste Globalstrahlung des Jahres 2012 wurde im Mai gemessen. Der Mittelwert von 1,74 kJ/(cm²·d) lag 13 % über dem langjährigen Mittelwert dieses Monats. Er erreichte aber nicht den Wert vom Vorjahr, der bei 1,91 kJ/(cm²·d) lag und bei weitem nicht das maximale Monatsmittel der letzten 40 Jahre von 2,40 kJ/(cm²·d). Der Juni brachte einen deutlichen Strahlungseinbruch. Mit 1,45 kJ/(cm²·d) lag er 10 % unter dem langjährigen Mittelwert. Bemerkenswert war in diesem Jahr der hochsommerlich heiße Monat August. Mit einem Mittelwert von 1,70 kJ/(cm²·d) wurde für diesen Monat der höchste Strahlungswert seit 1971 ermittelt. Dem extrem strahlungsreichen August folgten bis zum Jahresende Monate mit nur leicht erhöhter bzw. durchschnittlicher Strahlungsintensität.

In Folge der ab Mitte Februar für eine Algenentwicklung günstigen abiotischen Bedingungen – wärmeres trockenes Wetter, geringer Abfluss und insbesondere im März sonnenreiche Tage – wurden im März und April hohe Chlorophyll-a-Gehalte gemessen (Bild 3.14). So erreichte der Mittelwert des Chlorophyll-a-Gehalts in der Ruhr bei Essen-Rellinghausen im März mit 30 µg/l beinahe das maximale Märzmittel der letzten 40 Jahre. Das höchste Monatsmittel der Chlorophyll-a Werte des Jahres 2012 wies der April mit 60 µg/l auf, womit jedoch weder der Vorjahreswert noch die Chlorophyllspitzenwerte der 1970er Jahre annähernd erreicht wurden. Im Mai und Juni blieb die Algenentwicklung deutlich unter den langjährigen Monatsmitteln. Ab Juli konnten sich trotz guter abiotischer Bedingungen keine nennenswerten Algenpopulationen mehr entwickeln. Hier zeigt sich, dass weitere Faktoren entscheidenden Einfluss auf die Algenentwicklung haben. So ließ das verstärkte Auftreten von Makrophyten in den oberhalb gelegenen Ruhrstauseen aufgrund von Nährstoff- und Lichtkonkurrenz in der Ruhr bei Essen-Rellinghausen in diesem Jahr kaum noch eine Primärproduktion durch planktische Algen zu.

Fließgewässer werden gemäß Monitoringleitfaden NRW als planktonführende Fließgewässer bezeichnet, wenn sie in der Vegetationsperiode von April bis Oktober eine Chlorophyll-a-Konzentration von 20 µg/l als Saisonmittel überschreiten. Während für das letzte Jahr ein überdurchschnittlich hoher Chlorophyll-a-Gehalt in der Ve-

getationsperiode verzeichnet wurde, lag das diesjährige Saisonmittel der Chlorophyll-a-Konzentration in der Ruhr bei Essen-Rellinghausen wiederum unter 20 µg/l (Bild 3.15, rote Linie bezeichnet den Schwellenwert für planktonführende Fließgewässer in NRW).

Die im Vergleich zum letzten Jahr niedrigeren Chlorophyllgehalte in der Ruhr bei Essen-Rellinghausen finden sich auch in der Darstellung der jahreszeitlichen Sukzession der Planktonalgen wieder (Bild 3.16). Die Abbildung beruht auf der mikroskopischen Zählung der Algenarten. Hierzu wurden Monatsmischproben untersucht, die aus den dreimal wöchentlich entnommenen Proben generiert wurden. Die Querstriche symbolisieren die Größenordnung der Zellzahl der entsprechenden Algenart oder -gruppe. Das vertikal blaulinierte Raster gibt die Gesamtzellzahl an. Die Algentaxa sind entsprechend ihrer Zugehörigkeit zu den Algenklassen eingefärbt (z.B. Cyanophyta – Blaualgen, blau; Chrysophyta – Goldalgen, gelb etc; vgl. Bild 3.17).

Nennenswerte Algenentwicklungen traten 2012 in der Ruhr bei Essen-Rellinghausen nur in den Monaten März bis Juni auf. Der Maximalwert der Gesamtzellzahl wurde im April mit einem Monatsmittel von 24.000 Zellen/ml registriert. Dieses sogenannte Frühjahrsplankton wurde vor allem von Kieselalgen und hier zu meist von radiären Kieselalgen (*Diatomeae centrales*) dominiert. Die Kieselalgen stellten zu dieser Zeit knapp 80 % der Phytoplanktonzellen. Ihren Verbreitungsschwerpunkt hat diese Algengruppe bevorzugt in trophisch gering belasteten Gewässern, wo sie im Frühjahr bei relativ niedrigen Wassertemperaturen den anderen Algengruppen im Wachstum überlegen ist. Ebenfalls in höheren Zellzahlen kamen auch die sehr kleinen und nicht näher bestimm- baren µ-Algen vor. Nachdem im vergangenen Jahr deutlich höhere Planktonzellzahlen (Monatsmittel im Mai 63.000 Zellen/ml) gemessen worden waren, lagen die Zellzahlen im Jahr 2012 wieder in einem ähnlich niedrigen Bereich wie in den Jahren 2008 bis 2010. Damit waren sie wiederum weit entfernt von den in den 1990er Jahren gemessenen Größenordnungen, in denen Mittelwerte von 100.000 Zellen/ml über mehrere Monate im Jahr überschritten wurden. Seit 2007 konnte eine merkliche Entwicklung eines wärmeliebenden Sommerplanktons nicht mehr beobachtet werden. Dies betrifft vor allem die zum Sommerplankton zählende Gruppe der Grünalgen, die auch in 2012 nur mit wenigen Arten und in geringen Zellzahlen auftraten. Ab Juli trat diese Algengruppe kaum mehr in Erscheinung. Dagegen konnten Flagellaten, die den *Chrytophyta* zuzuordnen sind, ganzjährig beobachtet werden. Hierzu zählen verschiedene *Cryptomonas*-Arten, *Rhodomonas minuta* und *Katablepharis spec.*. Weiterhin traten fast das ganze Jahr Goldalgen (*Chrysophyta*) mit den Gattungen *Ochromonas*, *Chrysochromulina* und *Erkenia* und diverse andere Chrysoflagellaten auf.

Die Entwicklung der taxonomischen Zusammensetzung des Phytoplanktons in der Ruhr bei Essen-Rellinghausen ist in Bild 3.17 als Jahresmittelwerte der Biovolumina der einzelnen Algengruppen dargestellt. Auch hier zeigte sich die Dominanz der Kieselalgen sehr deutlich. Mit einem Biovolumen von 4,01 mm³/l hatten diese einen Anteil von 91 % am Gesamtbiovolumen. Als weitere nennenswerte Algengruppe in der Ruhr traten wie im vergangenen

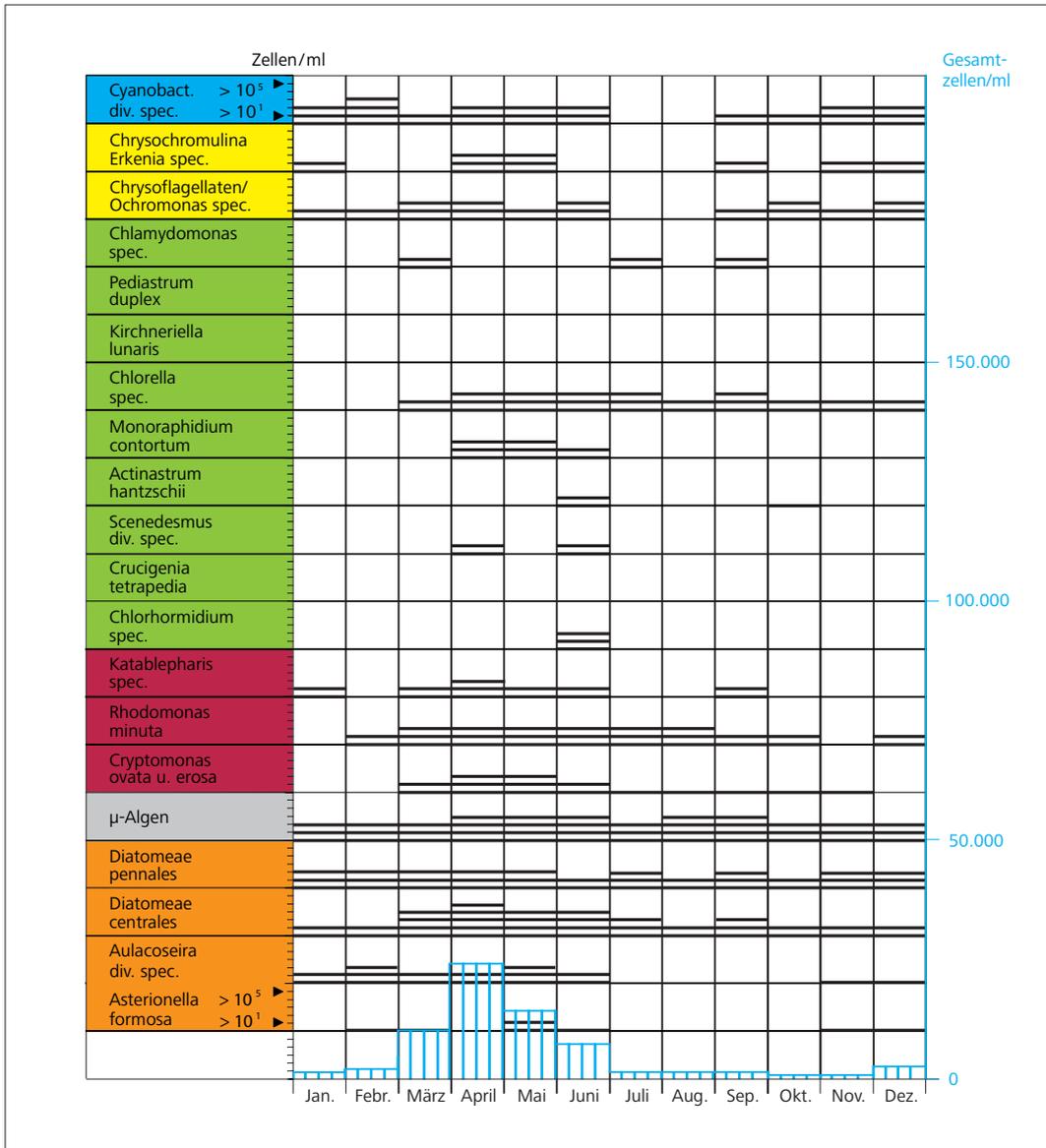


Bild 3.16: Jahreszeitliche Sukzession der Planktonalgen in der Ruhr bei Essen-Rellinghausen 2012

Fig. 3.16: Seasonal succession of plankton algae in the Ruhr at Essen-Rellinghausen in 2012

Jahr die Flagellaten (*Chryptophyta*) mit einem Anteil am Gesamtbiovolumen von 6 % (in 2011: 4 %) auf. Die Grünalgen, die bis 2001 mit etwa 10 % Anteil am Gesamtbiovolumen die zweitstärkste Phytoplanktongruppe darstellten, machten auch in diesem Jahr weniger als 1 % des Gesamtbiovolumens aus. Insgesamt zeigte sich in 2012 mit einem Gesamtbiovolumen von 4,40 mm³/l eine geringere planktische Primärproduktion als in 2011 (5,12 mm³/l), die aufgrund des höheren Anteils von mittelgroßen radiären Kieselalgen aber deutlich über den sehr niedrigen Werten der Jahre 2008 bis 2010 lag.

Neben der Strahlungsintensität und dem Nährstoffangebot bestimmen in Fließgewässern die Aufenthaltszeit des Wassers und damit das Abflussgeschehen maßgeblich die Entwicklung des Phytoplanktons, da hierdurch die zur Verfügung stehende Zeit für das Wachstum und die Vermehrung vorgegeben wird. In der mittleren

und unteren Ruhr von Echthausen bis zur Mündung in den Rhein beträgt die Aufenthaltszeit bei Trockenwetter in der Regel etwa 20 Tage. Die räumliche und zeitliche Entwicklung des Algenvorkommens auf dieser Fließstrecke in der Vegetationsperiode von März bis Oktober ist an Hand von neun Probenahmestellen in Bild 3.18 dargestellt. Die Chlorophyllwerte an den Probenahmestellen Echthausen (Wehr WWW, Oberwasser) und Westhofen (Kraftwerk Auslauf) wurden von der Westfälischen Wasser- und Umweltanalytik GmbH, die im Auftrag der Wasserwerke Westfalen GmbH (WWW) und der Wasserbeschaffung Mittlere Ruhr (WMR) die Analysen durchgeführt hat, zur Verfügung gestellt.

Im Vergleich zum Vorjahr zeigten die in der Regel einmal wöchentlich gemessenen Chlorophyll-a-Gehalte in 2012 im Bereich von Echthausen bis oberhalb des Baldeneysees ein deutlich niedrigeres Niveau. Dagegen erreichten sie im Baldeneysee selbst und

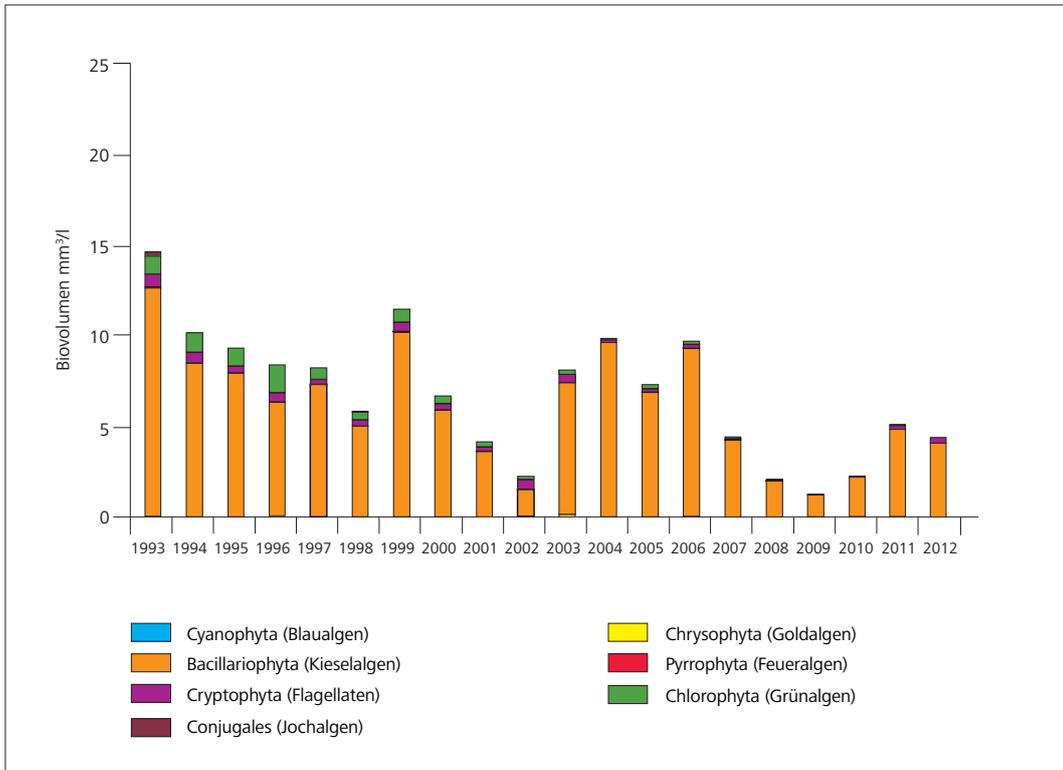


Bild 3.17: Phytoplankton in der Ruhr bei Essen-Rellinghausen (Jahresmittel 1993 bis 2012)
 Fig. 3.17: Phytoplankton in the Ruhr at Essen-Rellinghausen (annual means 1993 to 2012)

in den flussabwärts liegenden Wasserkörpern ähnlich hohe Werte wie in 2011. So lag der im Frühjahr maximal gemessene Tageswert im Hengsteysee nur bei 46 µg/l (in 2011: 72 µg/l) Chlorophyll-a. Auch im Kemnader Stausee und im Bereich der ungestauten Ruhr in Hattingen wurden in dieser Zeit mit Maximalwerten von 78 µg/l (in 2011: 160 µg/l) bzw. 64 µg/l Chlorophyll-a (in 2011: 120 µg/l) halb so hohe Werte wie in 2011 registriert. An der weiter unterhalb gelegenen Probenahmestelle Essen-Rellinghausen stieg die Konzentration des Chlorophyll-a-Gehalts im Frühjahr auf 115 µg/l (in 2011: 173 µg/l), um dann mit der zunehmenden Verweilzeit im Baldeneysee im April einen Tageshöchstwert von 128 µg/l (in 2011: 137 µg/l) zu erreichen. Ähnlich hohe Chlorophyll-Gehalte fanden sich in dieser Zeit auch im Kettwiger Stausee und an der Messstelle in Duisburg (Aakerfähre). Dieser frühjährlichen Planktonentwicklung folgten Mitte Mai und Mitte Juni noch zwei Algenwachstumsphasen, allerdings mit deutlich geringerer Ausprägung. Vor allem im hochsommerlichen, strahlungsreichen August verhinderte die Makrophytenentwicklung in den oberen Ruhrstauseen eine stärkere Entwicklung von Planktonalgen auf der unterhalb gelegenen Fließstrecke bis zur Mündung in den Rhein.

Einen zusätzlich reduzierenden Einfluss auf das sommerliche Phytoplankton könnte auch das seit 2011 vermehrt beobachtete Auftreten der Körbchenmuschel *Corbicula fluminea* haben. Diese Tiere ernähren sich von Phytoplankton. Als wechselwarme Tiere zeigen die Muscheln im Frühjahr bei niedrigen Wassertemperaturen noch eine geringe Filtrierleistung, die sich aber im Sommer bei steigenden Wassertemperaturen deutlich erhöht.

Insbesondere für ein mehrfach gestautes Gewässer wie die Ruhr gilt, dass die biologischen Prozesse wie Photosynthese, Atmung und Biomasseauf- bzw. -abbau eng mit abiotischen Faktoren wie Abfluss und Strahlungsverhältnissen zusammenhängen. Diese Faktoren sowie ihre Auswirkungen auf den Sauerstoffhaushalt zeigt Bild 3.19 am Beispiel des größten Ruhrstausees, des Baldeneysees. Für die Wasserführung und den Chlorophyll-a-Gehalt, der aus der kontinuierlich gemessenen In-vivo-Fluoreszenz errechnet wurde, werden die Wochenmittel und für den Sauerstoffgehalt die Wochenmittelwerte der Tagesminima und -maxima des Sättigungsindex herangezogen. Die Globalstrahlung wird als Wochensumme dargestellt.

Das Jahr begann mit einer Phase ausgeprägt hoher Abflüsse und einem Hochwasserereignis, bei dem am Pegel Hattingen ein Spitzenabfluss von 587 m³/s (6. Januar 2012) erreicht wurde. Anfang Februar sank der Abfluss bis auf ca. 50 m³/s und blieb mit Ausnahme einer kleinen Abflussspitze von 165 m³/s als Tagesmittelwert in der zweiten Julihälfte während des ganzen Jahres konstant auf niedrigem Niveau. Lediglich zum Ende des Jahres stieg der Abfluss wieder an.

Nach Rückgang des Abflusses in der ersten Februarhälfte reichte die Globalstrahlung zunächst noch nicht aus, um eine Algenentwicklung im Baldeneysee zu initiieren. Erst ein deutlicher Anstieg der Strahlung, verbunden mit einem Temperaturanstieg, führte Ende März zur Entwicklung des typischen Frühjahrsplanktons. So wurden während des gesamten Monats April die höchsten Wochenmittelwerte mit 80 µg/l Chlorophyll-a registriert. Die insge-

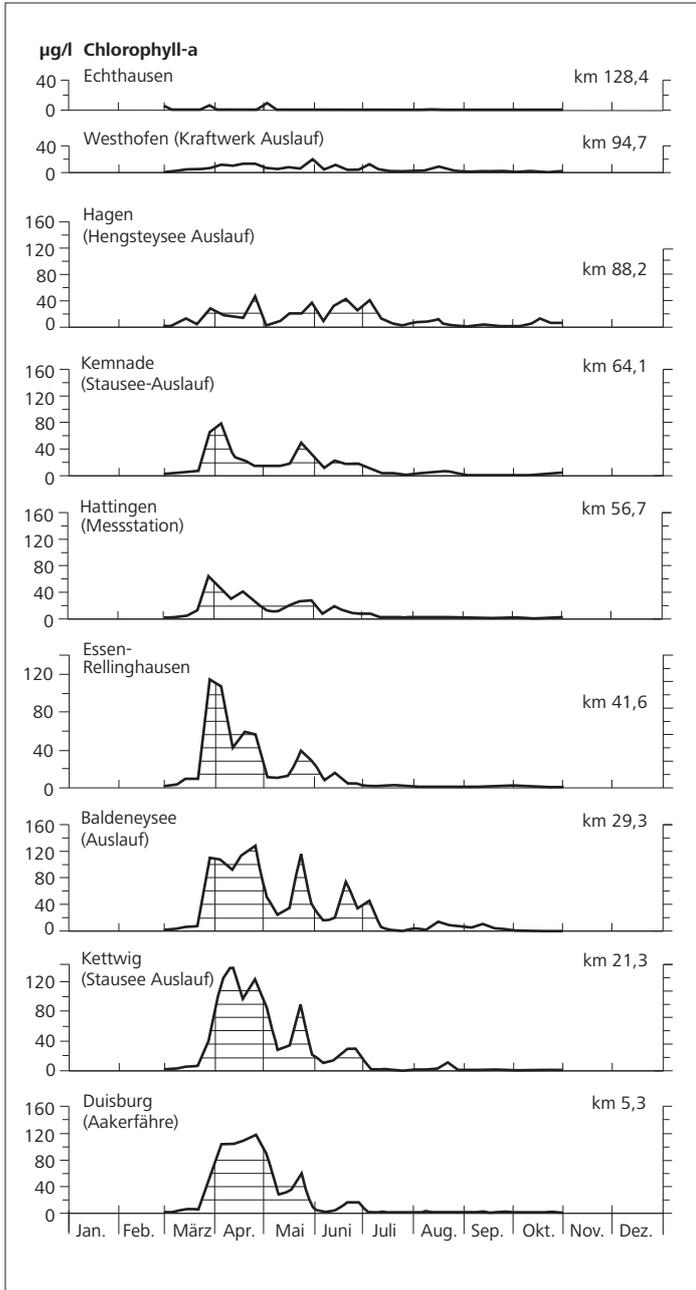


Bild 3.18: Algenentwicklung (als Chlorophyll-a-Gehalt) an verschiedenen Stellen der Ruhr im Verlauf des Jahres 2012

Fig. 3.18: Development of algae (chlorophyll a concentration) measured at various points of the Ruhr during 2012

samt für eine Algenentwicklung günstigen abiotischen Bedingungen – hohe Globalstrahlung, niedriger Abfluss und damit hohe Verweilzeiten – ließen im weiteren Verlauf der Vegetationsperiode noch mehrere kleinere Planktonentwicklungen zu, auch wenn diese deutlich niedriger als im Frühjahr ausfielen und ein ausgeprägtes Sommerplankton nicht auftrat. Ursache hierfür war die zu dieser Zeit geringe planktische Produktivität in der Ruhr oberhalb des Baldeneysees. Hierdurch wurde kaum Plankton als

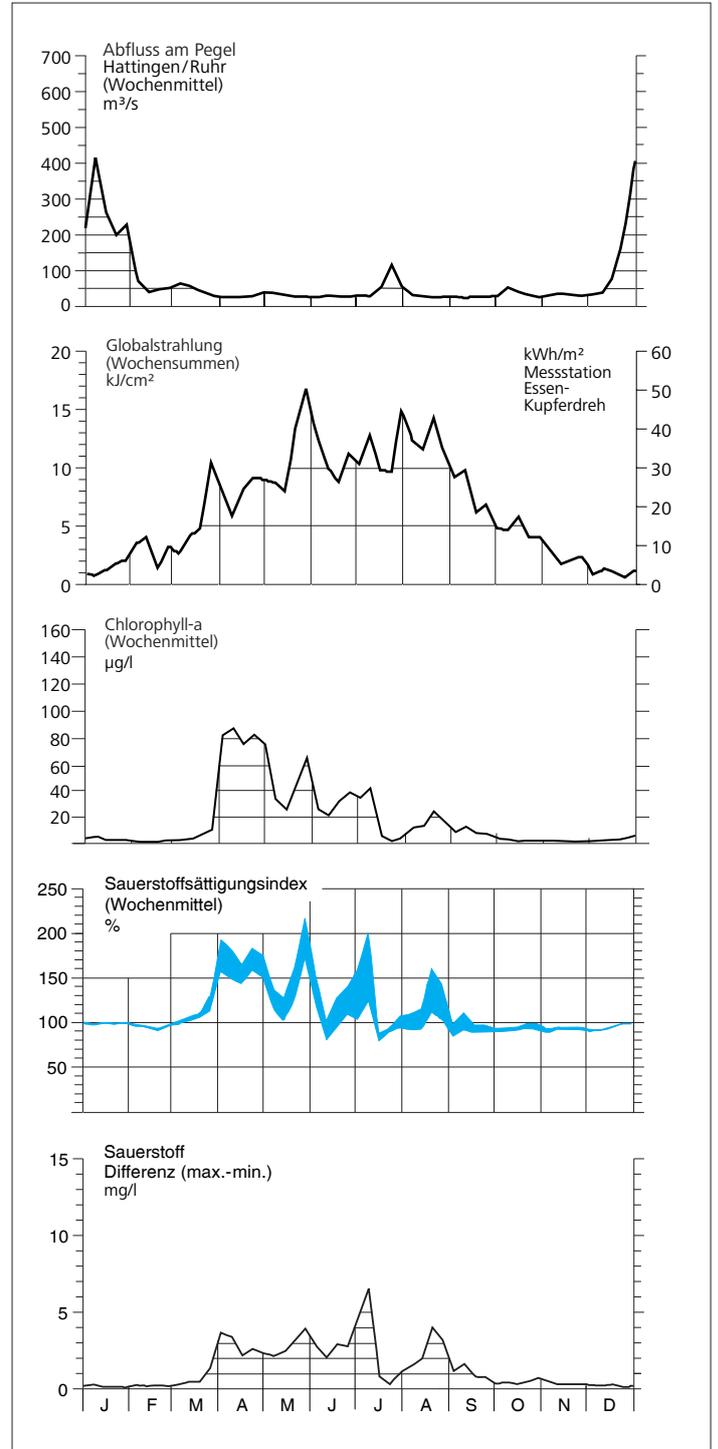


Bild 3.19: Einfluss der Wasserführung und der Globalstrahlung auf die Algenentwicklung im Baldeneysee und deren Auswirkung auf den Sauerstoffgehalt 2012

Fig. 3.19: Influence of river flow and total radiation on algae growth in Lake Baldeney and the resulting impact on the oxygen level in 2012

Impfmaterial in den Stausee eingetragen, so dass auch bei einer rechnerischen Aufenthaltszeit von bis zu drei Tagen ab Juni keine hohe Chlorophyllkonzentration auftrat. Mit Wochenmittelwerten zwischen 25 und 40 µg/l Chlorophyll-a blieben diese Algenentwicklungen auf einem niedrigen Niveau. In den Sommermonaten zeigte sich damit wieder der starke Einfluss, den das zunehmende Wachstum von *Elodea nuttallii* in den oberen drei Ruhrstauseen Hengstey, Harkort und Kemnade auf das Algenwachstum im Baldeneysee hat. Die im Verlaufe der Vegetationsperiode mehrmals zu beobachtenden Einbrüche in der Algenentwicklung sind bei insgesamt guten abiotischen Verhältnissen eher auf biotische Einflussgrößen im Baldeneysee zurückzuführen. Hier kommt dem Fraßdruck durch Algen fressende (algivore) Zooplankter eine große Bedeutung zu. Mit stark sinkender Strahlungsintensität ab September konnte dann im Spätherbst und Winter kaum noch Phytoplankton nachgewiesen werden.

Bei Betrachtung der Sauerstoffverhältnisse im Baldeneysee fällt auf, dass ab Ende März bei niedriger Wasserführung und hoher Strahlungsintensität eine Phase länger anhaltender Sauerstoffübersättigung auftrat, gefolgt von mehreren kurzen Phasen mit sehr hohen Sauerstoffübersättigungen, in denen Wochenmittelwerte der Tagesmaxima von 200 % zweimal überschritten wurden. Sauerstoffminima - wie noch in den 1990er Jahren - traten allerdings selbst im sommerheißen August nicht auf. Sauerstoffsättigungswerte von 80 % Sättigung wurden nur kurzfristig und gering unterschritten. Die Sauerstoffamplituden zeigten im Juli und August jedoch deutliche Schwankungsbreiten (6,5 bzw. 4 mg/l). Das bedeutet, dass die während des Tages durch Photosynthese produzierte hohe Sauerstoffkonzentration in den Nachtstunden stark absank. Ursache hierfür waren sauerstoffverbrauchende Prozesse wie Atmung und mikrobieller Abbau von pflanzlicher und tierischer Biomasse. Derartig große Tag- und Nachtunterschiede im Sauerstoffgehalt können grundsätzlich eine Stressbelastung für Fische und Makrozoobenthos darstellen. Im Baldeneysee konnten jedoch keine negativen Auswirkungen auf die Fischfauna beobachtet werden, zumal sich hier das Ausbleiben von Sauerstoffminima positiv auswirkte.

Zooplankton

Die Fraßaktivität („Grazing“) des Zooplanktons hat neben abiotischen Faktoren wie Abfluss und Globalstrahlung einen wesentlichen Einfluss auf die zeitliche Abfolge und das Ausmaß der Phytoplanktonentwicklung im Baldeneysee. In den beiden oberen Teilen des Bildes 3.20 sind die Chlorophyll-a-Gehalte (wöchentliche Einzelmesswerte am Tag der Zooplanktonprobenahme) als Maß für die Algenbiomasse im Ein- und Auslauf des Stausees und die daraus resultierende Differenz dargestellt. Der untere Teil des Bildes stellt die Populationskurven von Rädertieren der Gattung *Brachionus* und der Gruppe der *Synchaetiden* dar, die hier stellvertretend für das algivore (Algen fressende) Zooplankton stehen.

Die Regulation des Phytoplanktons als Primärproduzenten durch das Zooplankton als Primärkonsumenten ist hier gut erkennbar. So lässt sich der Einbruch der Algenpopulation im Mai auf den Fraßdruck der Zooplankter zurückführen. Zu diesem Zeitpunkt er-

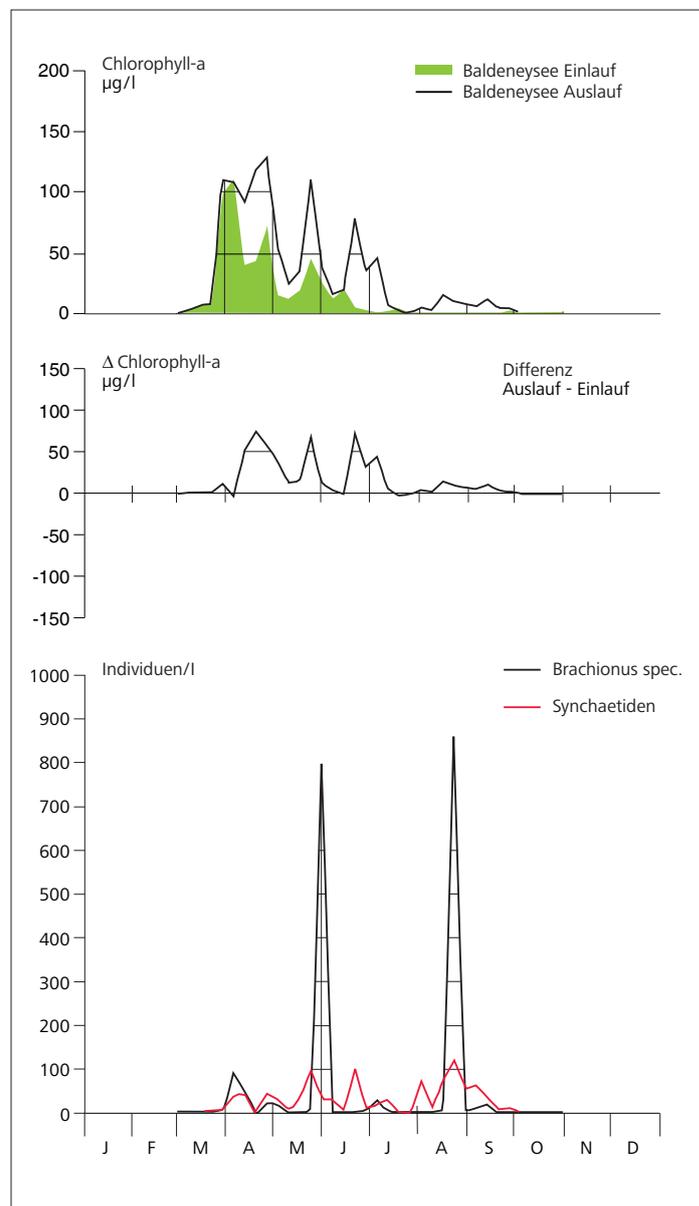


Bild 3.20: Bedeutung des Zooplanktons für die Algenentwicklung im Baldeneysee 2012

Fig. 3.20: Effect of zooplankton on algae development in Lake Baldeney in 2012

reichte die *Brachionus*-Population Individuenzahlen von 900 Individuen/l. Diese lagen zwar in der Größenordnung der Individuenzahlen des vergangenen Jahres, konnten aber anders als in 2011 lediglich eine Kompensation des Algenwachstums bewirken. Für eine Reduzierung der zufließenden Algen reichte die Größe der Zooplanktonpopulation nicht aus. Somit blieb eine negative Chlorophyll-a-Bilanz nahezu aus. Erstaunlich erscheint zunächst das Auftreten der weiteren *Brachionus*-Population im August, da zu diesem Zeitpunkt keine vorangegangene Phytoplanktonentwicklung erkennbar ist. Eine detaillierte Betrachtung aller für diesen Zeitraum vorliegenden Tagesmesswerte der Chlorophyll-a-

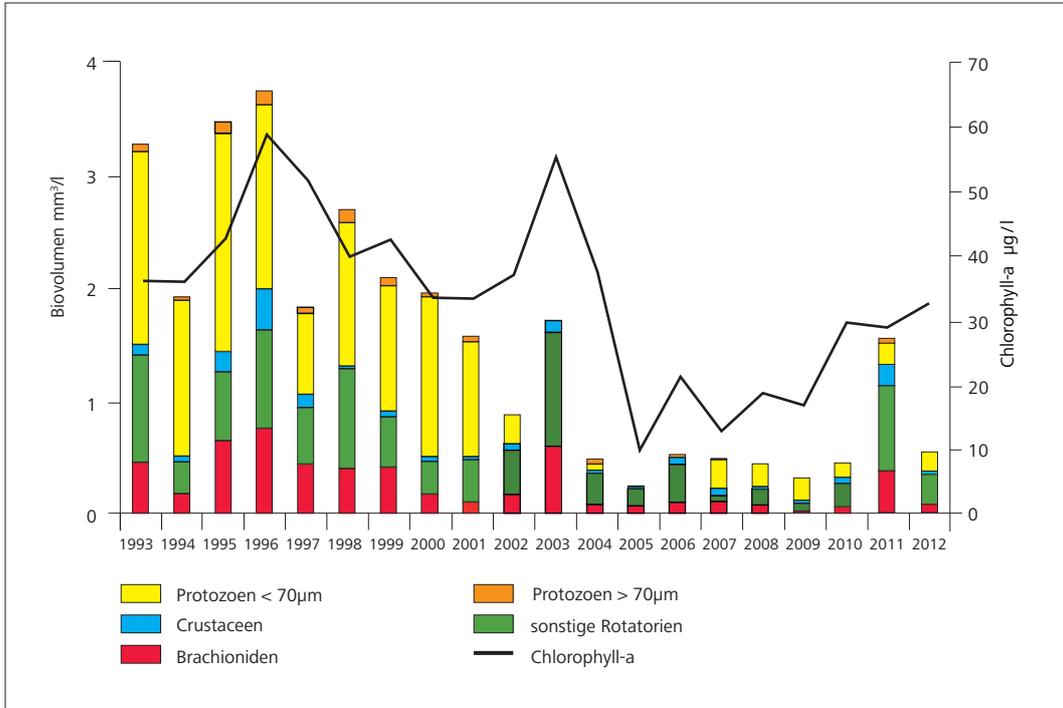


Bild 3.21: Zooplankton und Chlorophyll-a im Baldeneysee (Saisonnittel März bis Oktober)
 Fig. 3.21: Zooplankton and chlorophyll a in Lake Baldeney (seasonal mean March to October)

Konzentration zeigt jedoch, dass sich auch in dieser Zeit eine kleine Algenpopulation im Baldeneysee etabliert hatte. So wurde am 21. August 2012 ein Tagesmaximum von 82 µg/l Chlorophyll-a gemessen, während das Wochenmittel in dieser Zeit bei 25 µg/l Chlorophyll-a lag (Bild 3.19).

Im Jahr 2012 zeigte die Sekundärproduktion mit einem Biovolumen des Zooplanktons von 0,55 mm³/l insgesamt wieder ein sehr niedriges Niveau (Bild 3.21). Als dominierende Gruppe der Zooplankter traten die Rotatorien (Rädertiere) auf, die knapp 64 % des Gesamtbiovolumens ausmachten. Innerhalb der Gruppe der Rotatorien überwogen die nicht zur Gattung *Brachionus* gehörenden „sonstigen Rotatorien“ mit 77 % Anteil am Biovolumen. Hierzu zählen u.a. die zu den Synchaetiden zählenden Gattungen *Polyarthra* und *Synchaeta*, die in diesem Jahr jedoch in deutlich geringerem Umfang als in 2011 auftraten (vgl. Bild 3.20). Als bisher nicht vertretene Rotatorienart konnte die Gattung *Hexarthra* erstmalig im Baldeneysee beobachtet werden. Einen erheblichen Anteil am Biovolumen der sonstigen Rotatorien machte – wie auch im vergangenen Jahr – das sehr große Rädertier *Asplancha priodonta* aus. Als räuberisch lebender Zooplankter hatte er auf die Reduzierung des Phytoplanktons im Baldeneysee allerdings keinen direkten Einfluss. Zweitstärkste Gruppe der Zooplankter war die Gruppe der sehr kleinen Protozoen (< 70 µm) mit einem Biovolumen von 0,17 mm³/l. Diese Einzeller ernähren sich von kleinsten organischen Partikeln (z.B. Bakterien) oder nehmen gelöste organische Substanz auf und sind nicht auf Phytoplankton als Nahrung angewiesen. In sehr geringem Umfang mit einem Anteil von rund 5 % am Gesamtbiovolumen traten in diesem Jahr zu den Crustaceen gehörende Kleinkrebse auf. Lediglich die hierzu zäh-

lende Wasserflohart *Bosmina longirostris* bildete in diesem Jahr Anfang September eine nennenswerte Population aus.

Makrophyten

Neben Phyto- und Zooplankton bestimmen in den letzten Jahren auch die z. T. in dichten Beständen vorkommenden Wasserpflanzen die Stoffumsetzungsprozesse in der Ruhr. Bereits seit dem Jahr 2000 ist v.a. das massenhafte Auftreten von *Elodea nuttallii* in den oberen Ruhrstauseen Hengsteysee, Harkortsee und Kemnader See auffällig. Und wie beim Phyto- und Zooplankton sind das Vorkommen und die Ausdehnung und Dichte der Makrophytenbestände abhängig v.a. von hydrologischen und klimatischen Bedingungen. In einem dreijährigen, durch das damalige MUNLV (Ministerium für Umwelt und Naturschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz) des Landes NRW geförderten Forschungsvorhaben des Ruhrverbands konnten diese Abhängigkeiten dargestellt und beschrieben werden [3.9], [3.10], [3.11]. Dabei zeigte sich, dass – anders als beim Phytoplankton – die Verfügbarkeit von Nährstoffen in der fließenden Welle, hier vor allem die des Phosphors, für die Bestandsentwicklung von *Elodea nuttallii* keine Rolle spielt. Wenn Phosphor in der Wasserphase zum Minimumfaktor wird, ist die Pflanze in der Lage, diesen über die Wurzeln aus dem Sediment aufzunehmen. Zudem kann die Pflanze in Zeiten erhöhter Phosphorverfügbarkeit in ihren Zellen Phosphatspeicher anlegen und diese in Mangelsituationen für ihr weiteres Wachstum nutzen.

So war die verstärkte Phytoplanktonentwicklung im April 2012 in Essen Rellinghausen zwar in der Lage, die Konzentrationen des

pflanzenverfügbaren ortho-Phosphat-Phosphors durch Nährstoffaufnahme auf einen Monatsmittelwert von nur noch 0,02 mg/l abzusinken. Zu Zeiten der Makrophytenmassenentwicklung in den oberen drei Ruhrstauseen in den Sommermonaten Juni, Juli und August blieb jedoch die monatliche Durchschnittskonzentration des ortho-Phosphat-Phosphors bei 0,08 mg/l erhalten, d.h. das verstärkte Wachstum der Wasserpflanzen hatte keinen erkennbaren Einfluss auf die Konzentration dieses Nährstoffs.

Diese ausreichende Verfügbarkeit von Nährstoffen führte jedoch nicht zu der Ausbildung einer zweiten Planktonblüte im Sommer, wie sie in den früheren Jahren auftrat. Diese in sich widersprüchlich erscheinenden Sachverhalte, die auch nicht durch einen Grazing-Effekt sommerlich erhöhter Zooplanktondichten zu erklären sind, können auf zwei mögliche Effekte zurückgeführt werden: Ein möglicher Grund ist die fortschreitende Ausbreitung der neozoischen Körbchenmuschel *Corbicula*, die mit ihrer Ernährung als Filtrierer das sommerliche Plankton direkt wieder durch Nahrungsaufnahme reduzieren kann. Ein anderer Grund ist möglicherweise die Fähigkeit von *Elodea nuttallii*, allelopathische Stoffe an das Wasser abzugeben [3.12]. Diese polyphenolischen Verbindungen sind in der Lage, das Wachstum von planktischen Algen chemisch zu hemmen. In der Evolutionsbiologie wird diese Fähigkeit als Anpassungsstrategie von *Elodea* interpretiert, um hierdurch eine Beschattung auf Grund von Trübung durch Phytoplankton, die sich negativ auf die Photosyntheserate der Pflanze und deren weiteres Wachstum auswirkt, zu verhindern [3.13]. Allelopathische Stoffe und deren Wirkungen konnten bis jetzt vornehmlich in Laborexperimenten nachgewiesen werden. In Gewässern wie der Ruhr haben diese Stoffe nur eine kurze Lebensdauer und werden schnell durch Bakterien wieder abgebaut, so dass sie praktisch nicht nachweisbar sind.

Ein weiterer Grund ist, dass Körbchenmuscheln am Gewässergrund, v.a. in der Gewässermitte und weniger häufig in den von Wasserstandsschwankungen stärker betroffenen Uferbereichen leben. Da sie in ihrem Habitat daher nur schwer zu erfassen sind, liegen von ihren Verbreitungsmustern und Dichten im Bereich der unteren Ruhr noch keine genaueren Ergebnisse vor, so dass ihr Beitrag zum Phytoplankton-Grazing auch noch nicht quantifiziert werden kann.

Auf Grund dieser Unsicherheiten kann die Ursache für das in den letzten Jahren bereits mehrfach beobachtete Fehlen der sommerlichen zweiten Planktonblüte nicht abschließend kausal auf das Vorkommen von *Elodea nuttallii* oder das Plankton-Grazing der Körbchenmuschel oder auf eine Kombination von beidem zurückgeführt werden.

Wird die Makrophytensituation in den oberen drei Ruhrstauseen 2012 mit der Situation im vorherigen Jahr verglichen, so zeigt sich, wie auch beim Phyto- und Zooplankton, eine ähnliche Situation (Tabelle 3.7). Die etwas geringere Bewuchsfläche 2012 im Kemnader See im Vergleich zum Vorjahr ist darauf zurückzuführen, dass 2012 nach Fertigstellung der Umbaumaßnahme am Wehr nun wieder *Elodea* gemäht werden konnte. Die Bestände wurden hier in den Sommermonaten mehrfach durch Befahrung

Tabelle 3.7: Gegenüberstellung der maximalen Makrophytenbestandsflächen [km²] in den oberen drei Ruhrstauseen in den Jahren 2011 und 2012

Table 3.7: Comparison of the maximum surface area with macrophyte occurrence [km²] in the three upstream impounding lakes of the Ruhr in 2011 and 2012

	Makrophytenfläche [km ²]		
	Hengsteysee	Harkortsee	Kemnader See
2011	0,58	0,50	0,55
2012	0,29	0,56	0,45

mit dem Mähboot Manati reduziert. Gemäht wurde an 30 Tagen im Zeitraum vom 17. Juli bis 12. September 2012. Dabei konnten 1.370 m³ Pflanzenmaterial mit einem Gewicht von insgesamt 240 Tonnen entnommen und entsorgt werden.

Auch im Hengsteysee wurde 2012 aus dem Luftbild eine deutlich geringere Fläche als im Vorjahr kartiert. Da im Hengsteysee nicht gemäht werden konnte, handelte es sich bei der unerwartet kleinen Fläche jedoch wahrscheinlich um ein Artefakt. Offensichtlich wurde eine Situation mit einem um mehr als einen halben Meter höheren Wasserstand durch Betrieb des Pumpspeicherkraftwerks Koepchenwerk erfasst, so dass tiefer untergetauchte Pflanzenbestände in ihrer Ausdehnung unterschätzt wurden.

Entwicklung der Wasserpflanzenbestände in den oberen Ruhrstauseen im Jahr 2012

Durch die langjährig vorliegenden Untersuchungsreihen am Kemnader See ist dieser für die exemplarische Darstellung und Ursachenanalyse, unter welchen Bedingungen sich *Elodea*-Massenbestände ausbilden, besonders gut geeignet. Wie in den Jahren zuvor verlief 2012 die Bestandsentwicklung auch im Hengstey- und Harkortsee im betrachteten Zeitraum weitgehend ähnlich. Bild 3.22 zeigt die maximalen Bestandsflächen von *Elodea nuttallii* im Kemnader See in den Jahren 2001 bis 2012. Es zeigt sich, dass die Bestandsentwicklung 2012 sehr ähnlich zum Vorjahr verlief, allerdings erreichte *Elodea* 2011 bereits in der ersten Juniwoche

[3.9] Ruhrverband: Untersuchungen zur Massenentwicklung von Wasserpflanzen in den Ruhrstauseen und Gegenmaßnahmen. Abschlussbericht des Forschungsvorhabens im Auftrag des Ministeriums für Umwelt und Naturschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz des Landes NRW 2008, 364 S.

[3.10] Ruhrverband: Untersuchungen zur Massenentwicklung von Wasserpflanzen in den Ruhrstauseen und Gegenmaßnahmen. Broschüre der Kurzfassung des Forschungsvorhabens im Auftrag des Ministeriums für Umwelt und Naturschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz des Landes NRW 2009, 32 S.

[3.11] Ruhrverband: *Elodea*-Vorkommen in den Ruhrstauseen. Ruhrgrütebericht 2008, S. 86 – 95.

[3.12] Hilt S. & E.M. Groß: Can allelopathically active submerged macrophytes stabilize clear-water states in shallow lakes? Basic and Applied Ecology 2008, 9, S. 422 – 432.

[3.13] Erhard, D. & E.M. Groß: Allelopathic activity of *Elodea canadensis* and *Elodea nuttallii* against epiphytes and phytoplankton. Aquatic Botany 2006, 85, S. 203 – 211.

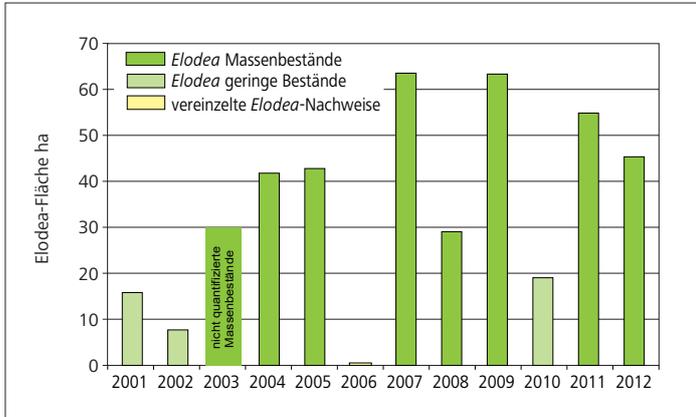


Bild 3.22: Bestandsflächen von *Elodea nuttallii* im Kemnader See in den Jahren 2001 bis 2012 (Daten auf Basis von Satelliten- und Luftbildauswertungen sowie Vor-Ort-Kartierung, 2008 und 2012 Bestände durch Mahd reduziert)

Fig. 3.22: Abundance of *Elodea nuttallii* at Lake Kemnade in the years 2001 to 2012 (data based on the evaluation of satellite and aerial photographs as well as on-site mapping, *Elodea* reduced through mowing in 2008 and 2012)

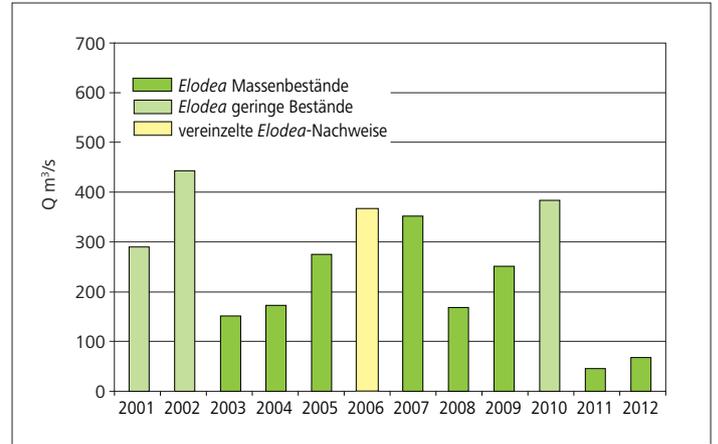


Bild 3.23: Maximaler Abfluss (Tagesmittelwerte) im Zeitraum März bis April am Pegel Hattingen (unterhalb Kemnader See) in den Jahren 2001 bis 2012 mit Zuordnung zu der entsprechenden *Elodea*-Bestandssituation

Fig. 3.23: Maximum runoff (daily means) during March and April at the gauging station Hattingen (downstream of Lake Kemnade) in the years 2001 to 2012 in relation to the respective *Elodea* abundance

mit ihren Trieben die Wasseroberfläche, 2012 erst ca. fünf Wochen später. Da eine optische Orientierung an der Lage und Ausdehnung der Wasserpflanzenbestände für eine effiziente Mahd notwendig ist, wurde daher auch erst am 17. Juli 2012 mit der Mahd im Kemnader See begonnen.

Auch im Hengsteysee erreichte *Elodea nuttallii* erst Anfang Juli großflächig die Wasseroberfläche, im Harkortsee jedoch bereits in der ersten Juni-Woche. Im Vergleich dazu erreichte *Elodea* 2010 jedoch erst im September die Wasseroberfläche, ein Hinweis auf ein zum damaligen Zeitpunkt reduziertes und verzögert eingesetztes Pflanzenwachstum [3.14].

Die Größe der Bestandsflächen und das Erreichen der Wasseroberfläche bereits im frühen Sommer charakterisieren damit das Jahr 2012, genau wie das Vorjahr, als ein Jahr mit Makrophyten-dominanz in allen drei oberen Ruhrstauseen. Die nur kurze Phytoplanktonblüte im April 2012 war damit nicht in der Lage, durch Trübung das Wachstum von *Elodea nuttallii*, anders als 2010, nachhaltig zu verlangsamen. Das Phänomen der „Bistabilität“ der Ruhrstauseen, d.h. dass diese in Abhängigkeit von den jeweiligen abiotischen Randbedingungen in einem Makrophyten- oder Phytoplankton-dominierten Zustand vorkommen können, manifestierte sich 2011 wie auch 2012 deutlich als Makrophyten-dominiert.

Wie in den letzten beiden Jahren wurden auch 2012 wieder die hydrologischen und hydraulischen Bedingungen, die Wasserqualität und die klimatischen Bedingungen im frühen Frühjahr im Bereich der Ruhrstauseen ausgewertet. Dies soll Rückschlüsse auf die Makrophytenentwicklung im laufenden Jahr ermöglichen, um so

bereits möglichst im Frühjahr die weitere Bestandsentwicklung prognostizieren zu können.

Ausgewertet wurden die Monate März und April 2012, da dies der Zeitraum ist, in dem es sich entscheidet, ob sich im laufenden Jahr ein Makrophyten- oder ein Phytoplankton-dominiertes Zustand einstellen wird. Bei der zunächst monokausal angelegten Auswertung zeigt sich, dass mit dem maximalen Abfluss dieser Monate von 67,3 m³/s am Pegel Hattingen, unterhalb des Kemnader Sees, der zweit-niedrigste Wert im Betrachtungszeitraum

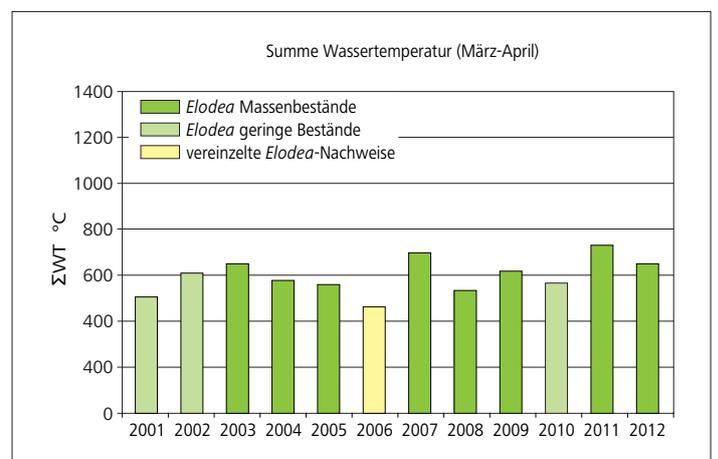


Bild 3.24: Summe der Tageswassermitteltemperaturen des Zeitraums März bis April an der Messstation Hattingen (unterhalb Kemnader See) in den Jahren 2001 bis 2012 mit Zuordnung zu der entsprechenden *Elodea*-Bestandssituation

Fig. 3.24: Sum of daily temperature means during March and April at the gauging station Hattingen (downstream of Lake Kemnade) in the years 2001 to 2012 in relation to the respective *Elodea* abundance

[3.14] Ruhrverband: *Elodea*-Vorkommen in den Ruhrstauseen. Ruhrgebietebericht 2010, S. 93 – 98.

2001 bis 2012 gemessen wurde (Bild 3.23). Das heißt, auch in diesem Jahr herrschte für diese Jahreszeit untypisches Trockenwetter. Durch die geringen Abflüsse traten auch keine erhöhten Fließgeschwindigkeiten mit verstärkter Erosion und Sedimentumlagerung auf. Die Reste der *Elodea*-Pflanzen aus dem Vorjahr wurden daher weder ausgespült noch durch umgelagerte Sande überdeckt, so dass ein ungehinderter Wachstumsbeginn im Frühjahr möglich war.

Bild 3.23 zeigt aber auch, dass sich bei maximalen Abflüssen in den beiden Monaten März und April der Vorjahre zwischen 150 m³/s und 450 m³/s nur geringe bzw. sehr vereinzelt Wasserpflanzenbestände oder aber dichte Massenbestände ausbilden konnten. Damit ist der maximale Abfluss zu dieser Zeit als alleinige Bedingung nicht geeignet, die weitere Entwicklung der Pflanzenbestände zu bestimmen. Jedoch gibt die Kenngröße Abfluss mit ihrer hydraulischen Wirkung auf die Makrophytenentwicklung zumindest bei sehr hohen und sehr geringen maximalen Abflüssen in den Monaten März und April eine monokausale Begründung.

Der Wachstumsbeginn und die Wachstumsgeschwindigkeit von *Elodea nuttallii* sind zudem von der Wassertemperatur abhängig. Erst bei Wassertemperaturen über 8 °C setzt das Wachstum ein. Je höher die Wassertemperaturen sind und je länger diese wachstumsfördernden Bedingungen herrschen, desto schneller kann *Elodea nuttallii* dichte Massenbestände entwickeln. In Bild 3.24 ist daher die Summe der täglichen mittleren Wassertemperaturen für den Zeitraum März bis April dargestellt. Das Frühjahr 2012 erreichte zwar mit 646 °C nicht die Summe der Tagesgrade wie 2011 mit damals 731 °C, ist aber immer noch der dritthöchste Wert in der betrachteten Zeitspanne. Wie für die Kenngröße Ab-

fluss ist damit die Summe der Wassertemperaturen gut geeignet, die Extremsituationen zu begründen (kaltes Frühjahr = geringes bzw. fehlendes *Elodea*-Wachstum; warmes Frühjahr = schnelles Makrophytenwachstum). Jedoch lassen sich die mittleren Temperatursummen nicht monokausal zu den entsprechenden Makrophytenbeständen in Relation setzen.

Wird jedoch der Quotient aus maximalem Tagesabfluss und der Summe der mittleren Tagestemperaturen für die Zeitspanne März bis April gebildet (Bild 3.25), so erklärt ein Quotient größer 0,8 m³/(s • °C) das Ausbleiben von Massenbeständen, so dass höchstens Einzelpflanzen in hydraulisch geschützten Bereichen nachzuweisen sind. Bei Quotienten zwischen 0,55 und 0,8 m³/(s • °C) ist das *Elodea*-Wachstum auf Grund der ungünstigen Rahmenbedingungen verzögert, so dass sich nur geringe, jedoch flächig zusammenhängende Bestände bilden. Bei einem Quotient kleiner 0,55 m³/(s • °C) sind die hydraulischen Bedingungen und die Wassertemperaturen in ihrem Zusammenspiel so wachstumsförderlich, dass sich dichte ausgedehnte Massenbestände bilden können. Das Jahr 2012 ist mit einem Quotienten von 0,10 m³/(s • °C) somit eindeutig einem sich entwickelnden Makrophyten-dominierten Zustand zuzuordnen.

Neben Temperatur und Abfluss ist die Trübung und folglich die für das Pflanzenwachstum verfügbare Lichtmenge ein weiterer bestandsregulierender Faktor für die Makrophytenentwicklung. Ist die durch Phytoplankton oder erhöhte Abflüsse mit Resuspension der feinen Sedimente hervorgerufene Trübung gering, so erhalten die untergetauchte lebenden Wasserpflanzen mehr Licht, wodurch deren Photosyntheseleistung und damit auch deren Wachstum gefördert werden. Bild 3.26 zeigt die Mittelwerte der Trübung in der Ruhr bei Hattingen, d.h. unterhalb des Kemnader Sees, für die

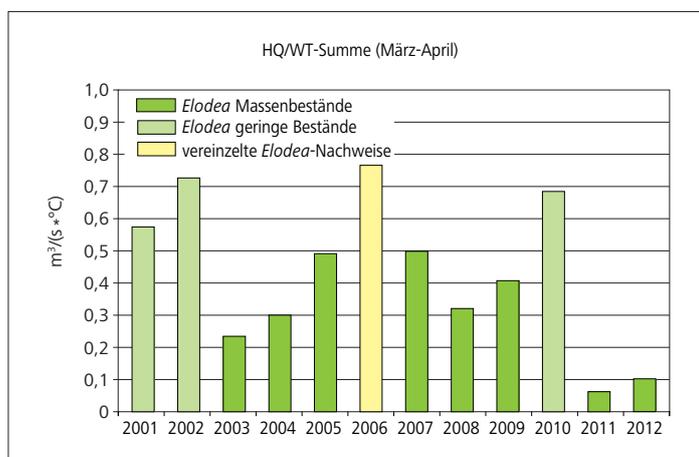


Bild 3.25: Verhältnis des maximalen Tagesabflusses zu der Summe der Tagesmittelwassertemperaturen des Zeitraums März bis April an der Messstation Hattingen (unterhalb Kemnader See) in den Jahren 2001 bis 2012 mit Zuordnung zu der entsprechenden *Elodea*-Bestandssituation

Fig. 3.25: Relation of the maximum daily runoff to the sum of daily water temperature means during March and April at the gauging station Hattingen (downstream of Lake Kemnade) in the years 2001 to 2012 in relation to the respective *Elodea* abundance

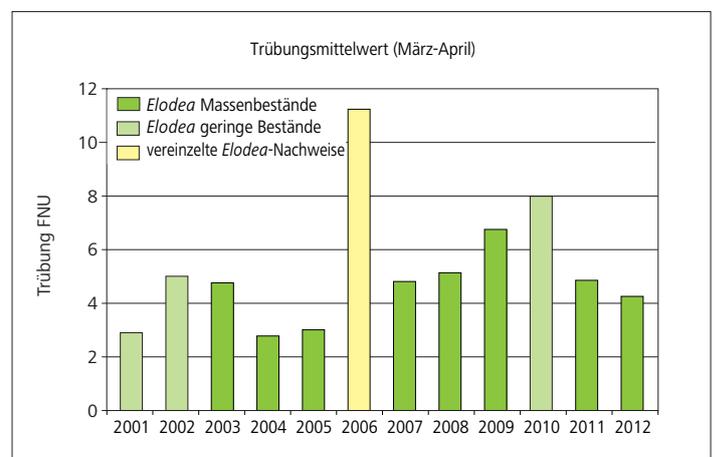


Bild 3.26: Trübungsmittelwerte des Zeitraums März bis April an der Messstation Hattingen (unterhalb Kemnader See) in den Jahren 2001 bis 2012 mit Zuordnung zu der entsprechenden *Elodea*-Bestandsituation

Fig. 3.26: Turbidity means from March to April at the gauging station Hattingen (downstream of Lake Kemnade) in the years 2001 to 2012 in relation to the respective *Elodea* abundance

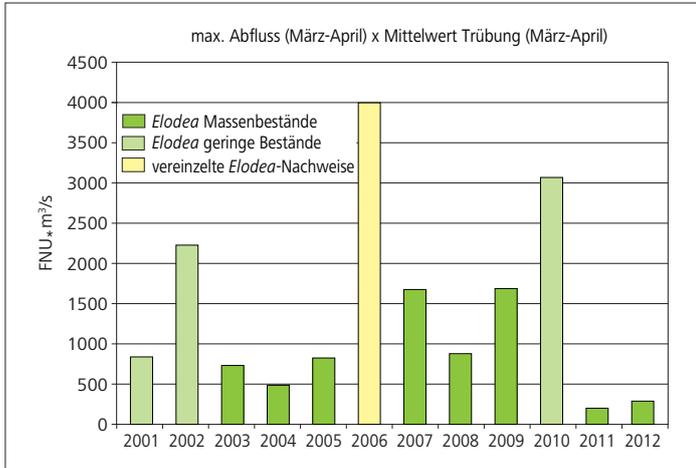


Bild 3.27: Produkt aus maximalem Abfluss und dem Mittelwert der Trübung des Zeitraums März bis April an der Messstation Hattingen (unterhalb Kemnader See) in den Jahren 2001 bis 2012 mit Zuordnung zu der entsprechenden Elodea-Bestandssituation

Fig. 3.27: Product from the maximum runoff and the mean turbidity from March to April at the gauging station Hattingen (downstream of Lake Kemnade) in the years 2001 to 2012 in relation to the respective Elodea abundance

Zeitspanne März bis April. 2012 wies mit 4,26 FNU den drittniedrigsten Trübungswert im Beobachtungszeitraum auf. Der Wert lag damit noch unter den Trübungsbedingungen von 2011, da 2011 auch der mittlere Chlorophyll-a-Gehalt der Monate März bis April mit 49 µg/l deutlich höher lag als in 2012 mit nur im Mittel 28 µg/l Chlorophyll-a. Wie die Parameter Abfluss und Temperatursumme kann auch die Trübung monokausal nicht erklären, ab welchem Wert im Frühjahr sich ein Phytoplankton- oder ein Makrophyten-dominiertes Zustand entwickelt. Wird jedoch wieder



Bild 3.28: Unterwasserbestände des Einfachen Igelkolbens (*Sparganium emersum*) (Foto: K. v. d. Weyer)

Fig. 3.28: Underwater occurrence of European bur-reed (*Sparganium emersum*) (Photo: K. v. d. Weyer)

bikausal das Produkt aus maximalem Abfluss und mittlerer Trübung des Zeitraums März bis April gebildet (Bild 3.27), so können die Bestandsentwicklungen von *Elodea nuttallii* weitgehend erklärt werden. Bei einem Produkt größer 4.000 FNU · m³/s sind die Wachstumsbedingungen für *Elodea nuttallii* so ungünstig, dass sich keine zusammenhängenden Bestände mehr bilden. Bei einem Produkt zwischen 2.000 und 4.000 FNU · m³/s verzögern die relativ ungünstigen hydraulischen Bedingungen und das Lichtregime das Wachstum von *Elodea*, so dass sich nur geringe, weniger



Bild 3.29: Luftbild des Baldeneysees (Überflieger am 01. September 2012). Die weißen Punkte im Unterlauf zeigen regen Bootsverkehr, v.a. Segelboote, Makrophytenbestände sind nicht erkennbar.

Fig. 3.29: Aerial view of Lake Baldeney (flight on September 1, 2012). The white dots on the lower reaches show the frequent boat traffic, esp. sailing boats, macrophyte population cannot be detected.

dichte Bestände ausbilden. Liegt das Produkt unter $2.000 \text{ FNU} \cdot \text{m}^3/\text{s}$, so herrschen für *Elodea nuttallii* günstige Bedingungen für die anfängliche Wachstumsphase, und es können sich im Laufe des Sommers dichte Massenbestände ausbilden. Mit einem Produkt von $286 \text{ FNU} \cdot \text{m}^3/\text{s}$ liegt das Jahr 2012 deutlich im Bereich der Makrophyten-dominierten Massenbestandsbildungen. Die bivariate Kausalanalyse durch Auswertung ausgewählter abiotischer Faktoren in den Monaten März und April prognostizierte damit auch 2012 korrekt die sich im Sommer einstellende Makrophytenentwicklung.

Bei genauerer Analyse der Makrophytenbestände des Jahres 2012 zeigte sich, dass die bereits 2011 beobachtete Entwicklung einer langsamen Artverschiebung bei den Makrophyten weiter fortgeschritten ist. Auch 2012 kommt der Einfache Igelkolben *Sparganium emersum* (Bild 3.28) in den oberen drei Ruhrstauseen mit zunehmender Häufigkeit vor, oft in Mischbeständen mit *Elodea nuttallii*. Lokal kann beobachtet werden, dass der Igelkolben bereits höhere Dichten einnimmt als *Elodea nuttallii* und kleinräumig auch Reinbestände bildet. Sollte sich der Prozess der Artverschiebung weiter fortsetzen bis hin zu einer Dominanz von *Sparganium emersum*, - eine Situation, wie sie bereits zu Beginn des Einstaus der Ruhrstauseen herrschte [3.15] -, so wird das für eine *Elodea nuttallii*-Dominanz entwickelte Prognosemodell hinfällig. Denn *Sparganium emersum* und *Elodea nuttallii* unterscheiden sich in ihren autökologischen Ansprüchen deutlich, so dass kausale Bezüge und Grenzwerte nicht übertragen werden können.

Eine Artverschiebung bringt zudem auch für die Bewirtschaftung ein weiteres Problem. Während *Elodea nuttallii* durch das Schneidwerk des Mähbootes gut erfasst und abgeschnitten werden kann, werden die bandförmigen Blätter des Igelkolben vom Schneidwerk nicht erfasst, sondern nur niedergedrückt, um sich anschließend wieder aufzurichten. Eine Reduzierung dieser Art ist daher nur durch Ausreißen aus dem Gewässergrund möglich, eine Maßnahme, die dann allerdings auch nachhaltigere Wirkung zeigt als das Mähen der *Elodea*-Bestände.

Entwicklung der Wasserpflanzenbestände im Baldeneysee im Jahr 2012

Bei einer Betrachtung des Baldeneysees aus der Vogelperspektive zeigte sich der Baldeneysee 2012, wie im Vorjahr, quasi frei von aquatischen Makrophyten (Bild 3.29). Die mittlere ortho-Phosphat-Phosphor-Konzentration von $34 \mu\text{g/l PO}_4\text{-P}$ im Zeitraum März bis April 2012 in der Ruhr bei Essen Rellinghausen lag zwar deutlich höher als im Vorjahr, bewegte sich aber im Bereich der Konzentrationen der Jahre 2005 bis 2010 und damit deutlich unter den erhöhten Konzentrationen, die für diesen Monatsbereich noch bis 1996 gemessen werden konnten (Bild 3.30). Die durch den geringen Abfluss im Baldeneysee erheblich verlängerte Aufenthaltsdauer und die ausreichende Verfügbarkeit des Pflanzennährstoffs Phosphat ermöglichten in den für die Makrophytenentwicklung entscheidenden Monaten März und April die Entwicklung einer Diatomeenblüte, die mit einem Monatsmittelwert für April von $61 \mu\text{g/l Chlorophyll-a}$ (Bild 3.14) eine gleiche Größenordnung erreichte wie der höchste mittlere Monatsmittel-

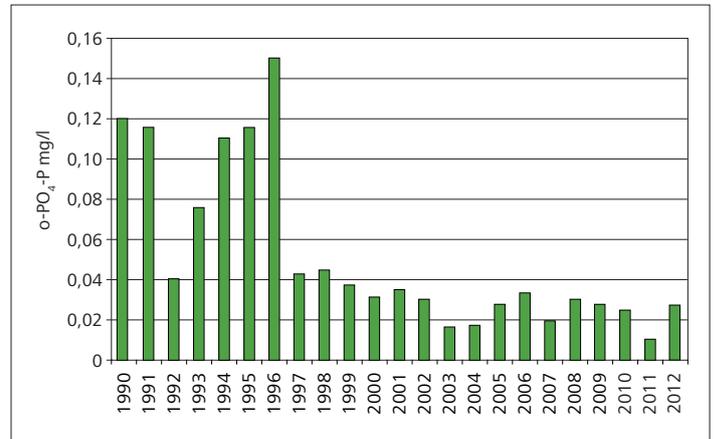


Bild 3.30: Mittelwerte der o-PO₄-P-Konzentrationen des Zeitraums März bis April in den Jahren 1990 bis 2012 in der Ruhr bei Essen-Rellinghausen („Zornige Ameise“) oberhalb des Baldeneysees
 Fig. 3.30: Means of o-PO₄-P concentrations in the period March to April during the years 1990 to 2012 in the Ruhr at Essen-Rellinghausen („Zornige Ameise“) upstream of Lake Baldeney

wert der langjährigen Jahresreihe von 1971-2011. Die mit der hohen Algendichte einhergehende Trübung des Wassers verhinderte im Baldeneysee den Beginn einer Makrophytenentwicklung im Frühjahr. Erst mit Rückgang der Algenentwicklung im Juni wurde das Wasser im Baldeneysee etwas klarer und lokal bildeten sich kleine Vorkommen von *Elodea nuttallii*, vor allem aber vom Einfachen Igelkolben *Sparganium emersum*.

Bild 3.31 stellt die Lage der Makrophytenbestände im Baldeneysee in den Jahren 2011 und 2012 gegenüber. Waren 2011 noch ca. 9 ha des Sees mit Makrophyten bewachsen, konnten 2012 nur noch auf einer Fläche von rund 6 ha Makrophyten nachgewiesen werden. Jedoch ist eine Ausbreitung gewässerabwärts zu beobachten. Die zeitliche Entwicklung der Makrophytenbestände gibt Bild 3.32 wieder. Hier wird deutlich, dass auch der Baldeneysee das Potenzial für eine Bistabilität aufweist. Während der Baldeneysee sich in den Jahren 2010 bis 2012 in einem Phytoplankton-dominierten Zustand befunden hat, trat 2009 einmalig ein Zustand der Makrophyten-Dominanz auf, der sogar ein kurzfristiges Mähen erforderlich machte, um eine internationale Regatta zu ermöglichen.

[3.15] Ruhrverband: Makrophyten in den Ruhrstauseen - Vergangenheit und Gegenwart. Ruhrgütebericht 2004, S 80 – 85.



Bild 3.31: Vergleich der Makrophytenbestände im Baldeneysee in den Jahren 2011 und 2012
 Fig. 3.31: Comparison of macrophyte abundance in Lake Baldeney in 2011 and 2012

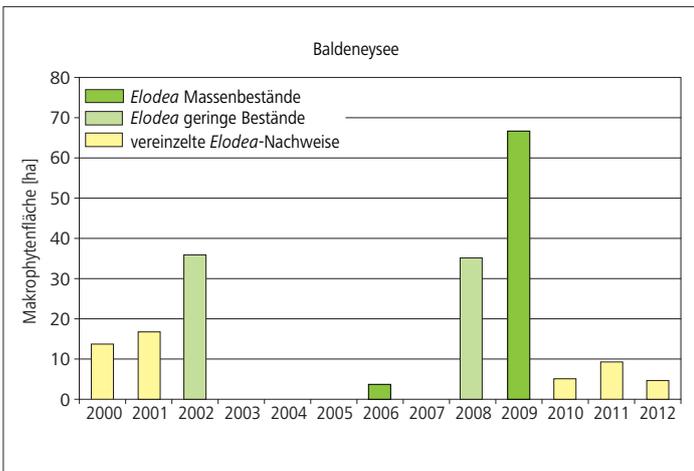


Bild 3.32: Makrophytenflächen im Baldeneysee in den Jahren 2000 bis 2012 (Daten auf Basis von Satelliten- und Luftbildauswertungen sowie Vor-Ort-Kartierung)
 Fig. 3.32: Macrophyte abundance in Lake Baldeney in the years 2001 to 2012 (data based on the evaluation of satellite and aerial photographs as well as on-site mapping)

Zusammenfassung „Die Ruhr und ihre Nebengewässer – Trophische Situation“

Die trophische Situation der unteren Ruhr stellte sich ähnlich wie die des Vorjahres dar. Durch ein trockenes, abflussschwaches Frühjahr konnte sich ein ausgeprägtes, durch Diatomeen dominiertes Frühjahrsmaximum der Algenentwicklung in den Ruhrstauseen ausbilden, dass durch das Grazing algivorer Zooplankter sukzessive wieder reduziert wurde. Trotz ausreichendem Nährstoffangebot fehlte 2012, wie in den letzten Jahren zuvor, ein zweites sommerliches Planktonmaximum. Stattdessen bildeten sich im Sommer wieder ausgedehnte Makrophytenbestände, dominiert von *Elodea nuttallii*, jedoch zunehmend durchsetzt mit der heimischen Igelkolbenart *Sparganium emersum*. Auch das Jahr 2012 war daher für die oberen drei Ruhrstauseen dem Makrophyten-dominierten Zustand zuzuordnen. Der Baldeneysee verblieb jedoch wie 2011 im Phytoplankton-dominierten Zustand. Erst relativ spät im Jahr bildeten sich dort lokal kleine Makrophytenbestände, dominiert vom Einfachen Igelkolben.

4 Talsperrenuntersuchungen – Ennepetalsperre

Der Talsperrenbau im Ruhreinzugsgebiet blickt nunmehr auf eine über 100-jährige Geschichte zurück. Als letzte wurde die Biggetalsperre im Jahr 1965 fertig gestellt. Heute besitzt und bewirtschaftet der Ruhrverband im Sauerland insgesamt acht Talsperren mit einem Gesamtstauinhalt von 463 Mio. m³. Diese dienen vor allem der Niedrigwasseraufhöhung, um den an der Ruhr liegenden Wasserwerken stets genügend Rohwasser in guter Qualität für die Trinkwassergewinnung zur Verfügung zu stellen. In abflussreichen Zeiten steht der Hochwasserschutz im Vordergrund der Bewirtschaftung. Abflussspitzen können wirksam gemildert werden, so dass Überflutungen und Folgeschäden in einem deutlich geringeren Ausmaß als ohne den Wasserrückhalt in den Staukörpern auftreten. Neben der Trinkwassergewinnung an einigen Talsperren sind inzwischen an allen Ausläufen Turbinen installiert, um die Wasserkraft zur Gewinnung erneuerbarer Energie zu nutzen. Darüber hinaus bieten Talsperren eine Vielzahl von Freizeitmöglichkeiten im und am Wasser, dienen als ökologische Systeme dem Naturschutz und stellen attraktive Angelgewässer dar.

Zur Überwachung und Sicherung der Wasserqualität führt der Ruhrverband seit Ende der 1960er Jahre systematisch limnologische Untersuchungen an allen verbandseigenen Talsperren durch. Während in den Anfangsjahren dieser Untersuchungen Nährstoffbelastungen und eine hohe Trophie mit unerwünschten Blaualgenentwicklungen das Untersuchungskonzept bestimmten, sind es heute vermehrt Anforderungen aus der EG-WRRL und andere gesetzliche Vorgaben, nach denen die Gewässergüteüberwachung ausgerichtet ist. Zur Zeit wird aus etwa 1.400 Zulauf- und Talsperrenproben die physikalische, chemische und biologische Qualität der Ruhrverbandstalsperren mit jährlich insgesamt 17.000 Analysen bestimmt. Diese können unter Zuhilfenahme der hydrologischen Randbedingungen, wie Zuflussschwankungen, normiert und hinsichtlich verschiedenster Fragestellungen ausgewertet werden. Unter anderem werden die Einflüsse abiotischer Verhältnisse auf biologische Vorgänge untersucht, wie z.B. die Abhängigkeiten der Algenentwicklungen von Nährstoffkonzentrationen. Dabei dürfen auch Interaktionen, die in einem aquatischen Nahrungsnetz zwischen den einzelnen trophischen Ebenen herrschen, nicht außer Acht gelassen werden. Das Wissen um diese Zusammenhänge wird zudem für eine effektive, naturnahe und ökologisch orientierte fischereiliche Bewirtschaftung benötigt, um diese an sich ändernde Verhältnisse entsprechend anpassen zu können.

Die konsequente Umsetzung der gewonnenen Erkenntnisse in die Praxis hat eine seit vielen Jahren fortschreitende Entwicklung der Talsperren zu nährstoffärmeren Gewässern mit einer abnehmenden Trophie zur Folge. Bild 4.1 zeigt den Gesamttrophieindex für die Ruhrverbandstalsperren der letzten 30 Jahre, der nach der von der LAWA herausgegebenen „Vorläufigen Richtlinie für die Trophieklassifikation von Talsperren“ bestimmt wurde [4.1]. Nach-

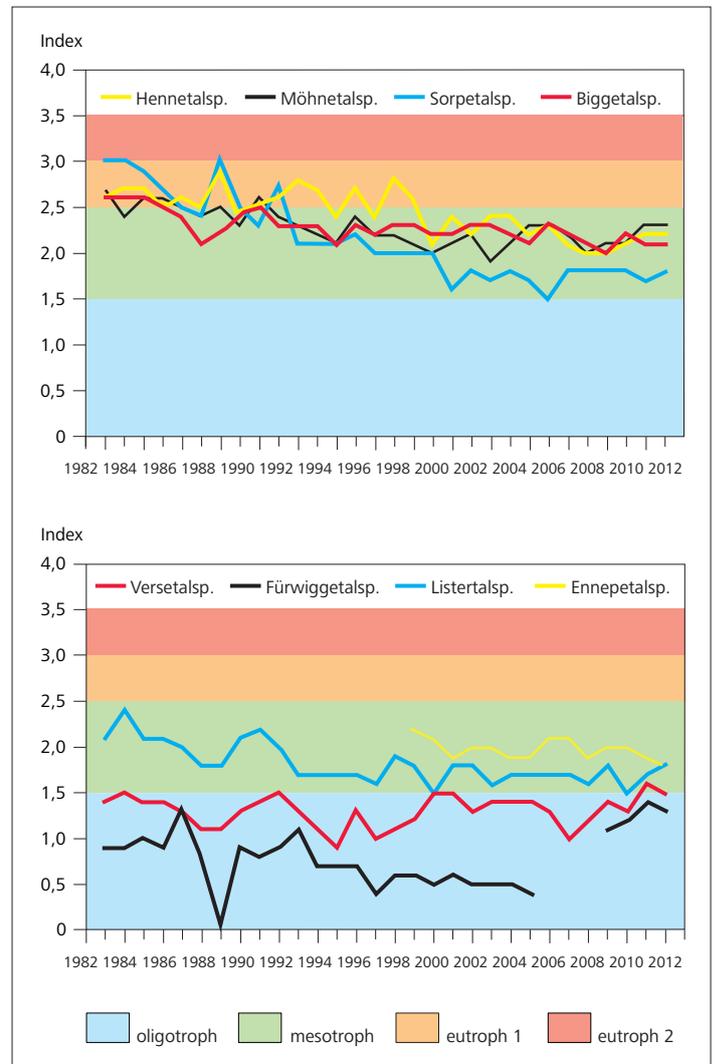


Bild 4.1: Entwicklung der Trophie in den letzten 30 Jahren in den Ruhrverbandstalsperren entsprechend der vorläufigen Richtlinie für die Trophieklassifikation von Talsperren (LAWA Juli 2001)
Fig. 4.1: Development of the trophic status in the Ruhrverband's reservoirs during the last 30 years according to the preliminary directive for the trophic classification of reservoirs (LAWA July 2001)

dem in den Nachkriegsjahren bis in die 1980er Jahre hinein in vielen Talsperren im Einzugsgebiet der Ruhr zum Teil noch eutrophe Verhältnisse geherrscht hatten, haben in den darauf folgenden Jahren die Nährstoffbelastung und damit auch die Primärproduktion, der hauptsächliche Indikator für die Trophie, abgenommen. Inzwischen befinden sich alle Talsperren des Ruhrverbands mindestens im mesotrophen Zustand. In den letzten gut zehn Jahren stagniert der Trophiezustand auf etwa gleichem Niveau. Änderungen in den einzelnen Jahren sind vielmehr auf unterschiedliche

[4.1] Länderarbeitsgemeinschaft Wasser (LAWA) 2001 (Hrsg.): Gewässerbewertung – stehende Gewässer. Vorläufige Richtlinie für die Trophieklassifikation von Talsperren, Schwerin: Kulturbuch-Verlag Berlin GmbH 2001. ISBN 3-88961-237-7

klimatische, hydrologische und damit wachstumsverändernde Bedingungen zurückzuführen.

Im Berichtsjahr wirkten sich der frühe Beginn und damit die Verlängerung der Vegetationsperiode förderlich auf die Entwicklung planktischer Algen aus. Tendenziell ist seit einigen Jahren an allen Talsperren eine geringfügige Zunahme des Index für den epilimnischen Chlorophyll-a-Gehalt in der Stagnationsperiode zu beobachten, die nicht durch entsprechend steigende Nährstoffkonzentrationen, vor allem des Phosphors, verursacht wird. Dies hat zwar nur einen geringfügigen Einfluss auf den Gesamttrophieindex, unterbricht jedoch eine weitere Verbesserung der trophischen Verhältnisse.

Sowohl die Bigge- als auch die Möhne- und Hennetalsperre waren wie im Vorjahr in den mittleren bis oberen mesotrophen Bereich einzustufen und bleiben damit weiterhin die Ruhrverbandstalsperren mit der höchsten Trophie. Die ebenfalls mesotrophe Sorpetalsperre weist seit sechs Jahren einen nahezu unveränderten Trophiegrad auf, der sich stabil im unteren mesotrophen Bereich bewegt. Hier wirken sich der auf die Fläche bezogene große und tiefe Wasserkörper und die lange rechnerische Aufenthaltszeit des Wassers von 1,5 Jahren - verbunden mit geringeren Schwankungen der physikalisch-chemischen Bedingungen - positiv aus. Während die Listertalsperre aufgrund der oben genannten Umstände im zweiten Jahr hintereinander einen leichten Anstieg der Trophie aufweist, kam es bei der Ennepetalsperre und den beiden nährstoffärmsten Talsperren des Ruhrverbands, der Verse- und Fürwiggetalsperre, zu einer leichten Verbesserung der trophischen Situation. Hier ist festzustellen, dass die Fürwiggetalsperre bis zur renovierungsbedingten Entleerung (ultra)oligotrophe Verhältnisse aufwies. Nach dem Wiedereinstau Ende 2007 stieg die Trophie aufgrund veränderter physikalisch-chemischer Bedingungen, eine Folge des Abbaus der Vegetationsdecke am Gewässergrund, bis 2011 stetig an [4.2]. Damit einher ging eine Sukzession der Planktonalgenbiozönose, die sich einerseits an den Lebensraum anpasst und andererseits diesen auch maßgeblich gestaltet. Der Rückgang der Primärproduktion in diesem Jahr deutet darauf hin, dass sich diese Talsperre erwartungsgemäß wieder in Richtung eines trophieärmeren Zustands bewegt. Mit einem Abschluss der Sukzession und der Erreichung eines Gleichgewichtszustands ist jedoch in den nächsten Jahren noch nicht zu rechnen.

Im Frühjahr des Jahres 2012 trat im Bereich der Zuläufe zur Fürwiggetalsperre ein bis dahin im Ruhreinzugsgebiet nicht aufgetretenes Froschsterben auf (siehe Beitrag „Registrierte Gewässerunreinigungen“), das auf eine Infektion mit einem Amphibien befallenden Hautpilz zurückzuführen war.

Zusammenfassend lässt sich feststellen, dass durch die Anstrengungen zur Verbesserung der physikalisch-chemischen und biologischen Wasserbeschaffenheit zusammen mit der Etablierung

funktionierender Nahrungsnetze in den Talsperren ökologisch wertvolle Lebensräume geschaffen wurden, die es zu erhalten gilt. Veränderungen der Umweltbedingungen, wie z.B. Klimawandel, oder Infektionen sind dabei stetig im Blick zu behalten, um gegebenenfalls Maßnahmen zu ergreifen und die erreichte hohe Qualität dieser Gewässer zu sichern.

Ennepetalsperre

Am 27. Mai 1905 wurde die Ennepetalsperre (Bild 4.2) in Betrieb genommen. Ohne diese Talsperre, die größte im Ennepe-Ruhr-Kreis, wäre die Entwicklung der von der Wasserkraft abhängigen Eisen- und Stahlindustrie mit zahlreichen Schmieden und Hammerwerken im Ennepetal nicht möglich gewesen. Weitere von einer ausreichenden Wasserversorgung abhängige Nutzungen waren bzw. sind die Bewässerung landwirtschaftlicher Flächen und der Fischfang über aufgestaute Fischteiche. Heute spielt die Bereitstellung von Betriebswasser allerdings kaum noch eine Rolle. Neben den wasserwirtschaftlichen Aufgaben (Niedrigwasseraufhöhung, Hochwasserschutz) und der Stromerzeugung nahm seit Mitte des letzten Jahrhunderts der Aspekt der Trinkwasserversorgung einen immer größeren Raum ein. Die Trinkwasserentnahme stieg in dieser Zeit von 6 Mill. m³/a bis auf maximal 11,3 Mill. m³/a. Seit 2005 werden von der Aktiengesellschaft für Versorgungsunternehmen (AVU) etwa 8,5 Mill. m³/a Rohwasser zur Trinkwassergewinnung entnommen.

Sieben Jahre nach der Fertigstellung wurden im Jahr 1912 das Stauziel von 304,8 auf 307,3 m ü. NN und damit die Speicherkapazität von 10,3 auf 12,3 Mill. m³ erhöht. 1981 musste diese Erhöhung aufgrund noch nicht abgeschlossener Standsicherheitsuntersuchungen wieder auf 305,5 m ü. NN abgesenkt werden. Im Jahr 1997 hat der Ruhrverband die Ennepetalsperre übernommen, auch mit dem Ziel, diese Sicherheitsuntersuchungen und die entsprechenden Sanierungsmaßnahmen zur Anpassung der Talsperre an die allgemein anerkannten Regeln der Technik durchzuführen. Im Frühjahr 2002 wurde das geplante Stauziel von 307,47 m ü. NN erreicht, bei einer Speicheroberfläche von 1,03 km² und einem Stauinhalt von 12,6 Mio. m³. Die theoretische Aufenthaltszeit des Wassers beträgt bei einem mittleren jährlichen Zufluss von knapp 40 Mill. m³ etwa 113 Tage.

Das 48 km² große Einzugsgebiet weist eine für die Trinkwassergewinnung günstige Nutzungsstruktur auf. So sind lediglich knapp 10 % befestigte Flächen, und fast 40 % wird landwirtschaftlich, zum überwiegenden Teil extensiv als Viehweiden, genutzt. Über die Hälfte des Einzugsgebietes besteht aus Wald. Aufgrund der Nutzung als Trinkwassertalsperre sind im direkten Einzugsgebiet Wasserschutzgebiete ausgewiesen. So sind bis auf die „stille Erholung“, wie Wandern und Angeln, Freizeitaktivitäten weder am noch auf oder im Wasser erlaubt.

Nach der Sanierung der Stauwand wurde im Laufe des Jahres 1998 auch an der Ennepetalsperre das limnologische Untersuchungsprogramm aufgenommen, das sich in vielen Jahren an den anderen Ruhrverbandstalsperren bewährt hat. Bild 4.3 zeigt die Lage der untersuchten Probenahmestellen zusammen mit den

[4.2] Frost, U.: „Der Wiedereinstau der Fürwiggetalsperre – Limnologie und Trophie“ in: *Korrespondenz Wasserwirtschaft* 1/2012, S. 17 bis 21. ISSN 1865-9926



Bild 4.2: Luftaufnahme der Ennepetalsperre
Fig. 4.2: Aerial photograph of the Ennepe Reservoir

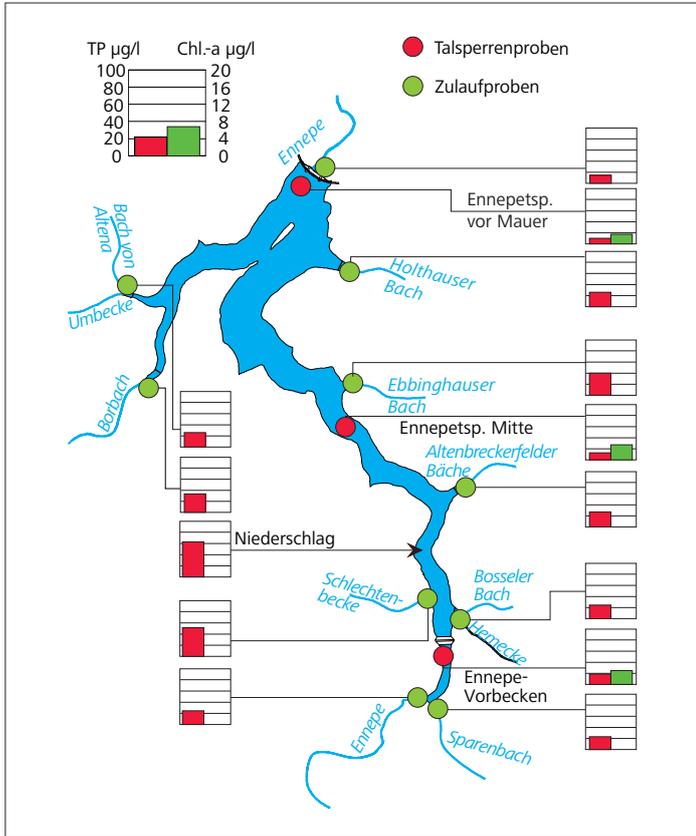


Bild 4.3: Probenahmestellen an der Ennepetalsperre und Phosphor- und Chlorophyll-a-Konzentrationen im Talsperrensystem im Jahr 2012
 Fig. 4.3: Sampling point at the Ennepe Reservoir and phosphorus and chlorophyll a concentrations in the reservoir system in 2012

diesjährigen durchschnittlichen Konzentrationen des Pflanzennährstoffs Phosphor und von Chlorophyll-a, das als Maß für die planktische Primärproduktion herangezogen wird.

Im Laufe der vier Jahre nach der Sedimenträumung des Ennepetalsperrensystems im Jahr 2008 haben hier die Phosphorkonzentrationen stetig abgenommen. Mit 20 µg/l TP lagen diese im Vorbeckenauslauf in diesem Jahr über 20 % unter den Werten, die vor der Sanierung bestimmt wurden. Die Primärproduktion, die neben der Verfügbarkeit von Phosphorverbindungen u.a. von meteorologischen und hydrologischen Bedingungen abhängt, bewegte sich auf dem Niveau der letzten Jahre. Im Fließverlauf nahm der Chlorophyll-a-Gehalt bis zur Mitte der Talsperre zunächst auf 5,6 µg/l zu und sank im weiteren Verlauf bis zur Mauer auf 3,6 µg/l. Hier war mit durchschnittlich 11 µg/l TP nur noch gut die Hälfte der Phosphorkonzentrationen des Vorbeckenauslaufs vorhanden.

Der Gesamtzufluss zur Ennepetalsperre bewegte sich von 1999 bis 2007 auf einem Niveau um 44 Mio. m³/a (Bild 4.4). In dem Zeitraum von 2008 bis 2012 ging dieser auf eine Zuflussmenge von durchschnittlich knapp 35 Mio. m³/a (2012: 34,9 Mio. m³/a) zu-

rück. Dieses ist auf die im gleichen Zeitraum abgenommenen Niederschläge im Einzugsgebiet der Ennepetalsperre zurückzuführen, die zwischen den beiden oben betrachteten Zeiträumen um rund 10 % zurückgegangen waren. Da Niederschläge erst ab einem Schwellenwert abflusswirksam werden, führte der Niederschlagsrückgang allerdings zu einer 20-%igen Abnahme der Abflüsse in den Fließgewässern des Einzugsgebiets. Dieses schlägt sich auf die in das Talsperrensystem eingetragenen Frachten von Phosphor, Stickstoff und CSB nieder. Weil durch den Rückgang von Niederschlagsereignissen zudem oberflächige Abschwemmungen aus den landwirtschaftlich genutzten Flächen seltener auftraten, bewegten sich die Gesamtphosphorkonzentrationen, aber auch die Gesamtstickstoff-Gehalte, auf einem erkennbar niedrigeren Niveau von knapp 30 µg/l TP bzw. 4,1 mg/l TN. Auf die Konzentrationen des CSB, ein Maß für organische Inhaltsstoffe, hatten die Abfluss- und Niederschlagsentwicklungen einen geringeren Einfluss.

Bild 4.5 zeigt die Tiefenprofile ausgewählter limnologisch relevanter Kenngrößen an der Probenahmestelle „Ennepetalsperre vor Mauer“ für das Jahr 2012. Hier sind die Kenngrößen Temperatur, Sauerstoff, Chlorophyll-a, pH-Wert, die Nährstoffe Phosphor und Nitrat sowie Silizium und der Chemische Sauerstoffbedarf dargestellt. Zudem sind die Sichttiefe als weiße Fläche und die euphotische Zone (2,5 x Sichttiefe) als hellgraue Fläche hinterlegt. Wegen der Vollzirkulation in den Wintermonaten wurden für diese Zeit keine Tiefenprofile erstellt. In der regenarmen und meist sonnenigen Periode zwischen Mitte Februar bis in den April hinein stiegen die Wassertemperaturen oberflächennah zunächst auf 8,6 °C und im Mai weiter auf bis 18 °C an. Eine Algenproduktion war zwar in dieser Zeit zu beobachten, blieb allerdings mit Maximalwerten von 4 µg/l Chlorophyll-a im Epilimnion im April vergleichsweise gering. Diese kam erst mit weiter steigenden Wassertemperaturen und stärkerer Globalstrahlung in den Sommermonaten Juli und August in Gang, als bis zu 12 µg/l Chlorophyll-a erreicht wurden. Während im Frühjahr das Phytoplankton von Kieselalgen dominiert wurde, entwickelte sich in dieser Periode ein typisches, artenreiches Sommerplankton. Dazu gehörten Algen aus den Gruppen der Grün-, Gold-, Feuer-, Kiesel- und Jochalgen sowie der Flagellaten.

In der folgenden windigen, kühlen Zeit nahmen die Wassertemperaturen deutlich ab, indem sich das wärmere Oberflächenwasser mit dem kühlen Tiefenwasser mischte. Ab Ende September war der Zustand der thermischen Vollzirkulation erreicht. Gelöste Phosphorverbindungen, die bei der Mineralisierung organischer Biomasse am Gewässergrund entstehen, konnten wieder in obere Wasserschichten zirkulieren. Zusammen mit guten Strahlungsbedingungen begünstigte dies Ende Oktober eine herbstliche Primärproduktion (überwiegend Kieselalgen), die in den oberen neun Metern, der euphotischen Zone, zu einem Chlorophyll-a-Gehalt von 12 µg/l führte. Bis Dezember nahmen Wassertemperaturen und die biologische Aktivität dann allmählich wieder ab.

Zahlreiche biologische Prozesse, wie der Energie- (Photosynthese) und Baustoffwechsel, die Atmung sowie der Biomasseabbau, beeinflussen die limnischen Verhältnisse in einer Talsperre. Durch die biogene Entkalkung (CO₂-Aufnahme durch Algen) stieg der pH-

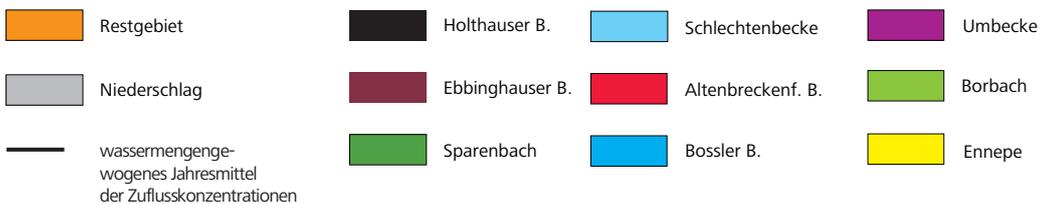
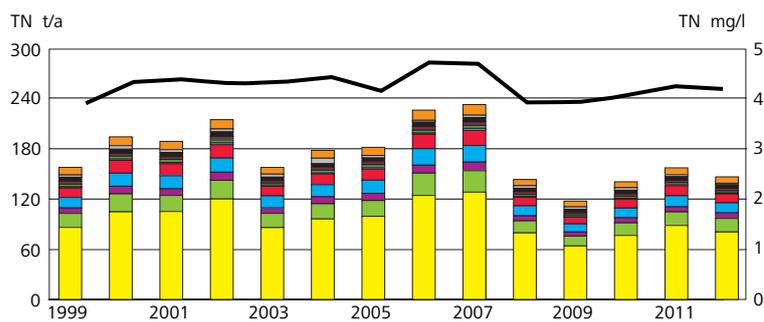
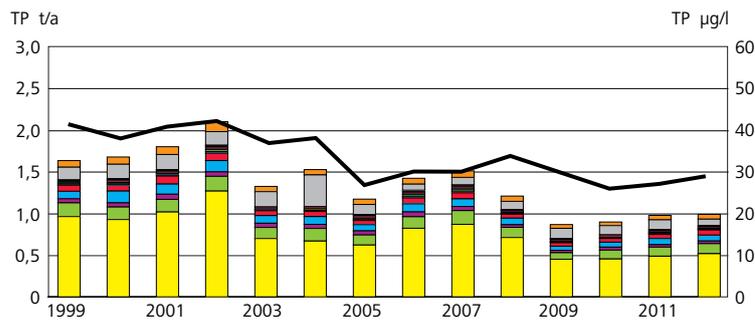
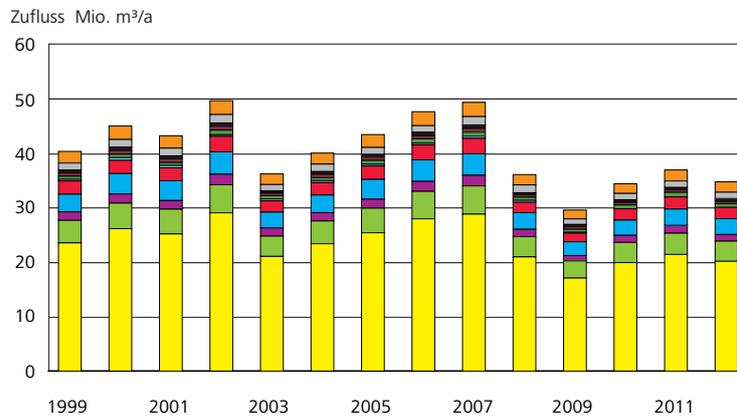


Bild 4.4: Zulauffrachten und wassermengengewogene Jahresmittel aller untersuchten Zuflusskonzentrationen an der Ennepetalsperre in den letzten 14 Jahren

Fig. 4.4: Input loads and flow-weighted annual means of analysed inflow concentrations at the Ennepe Reservoir during the last 14 years

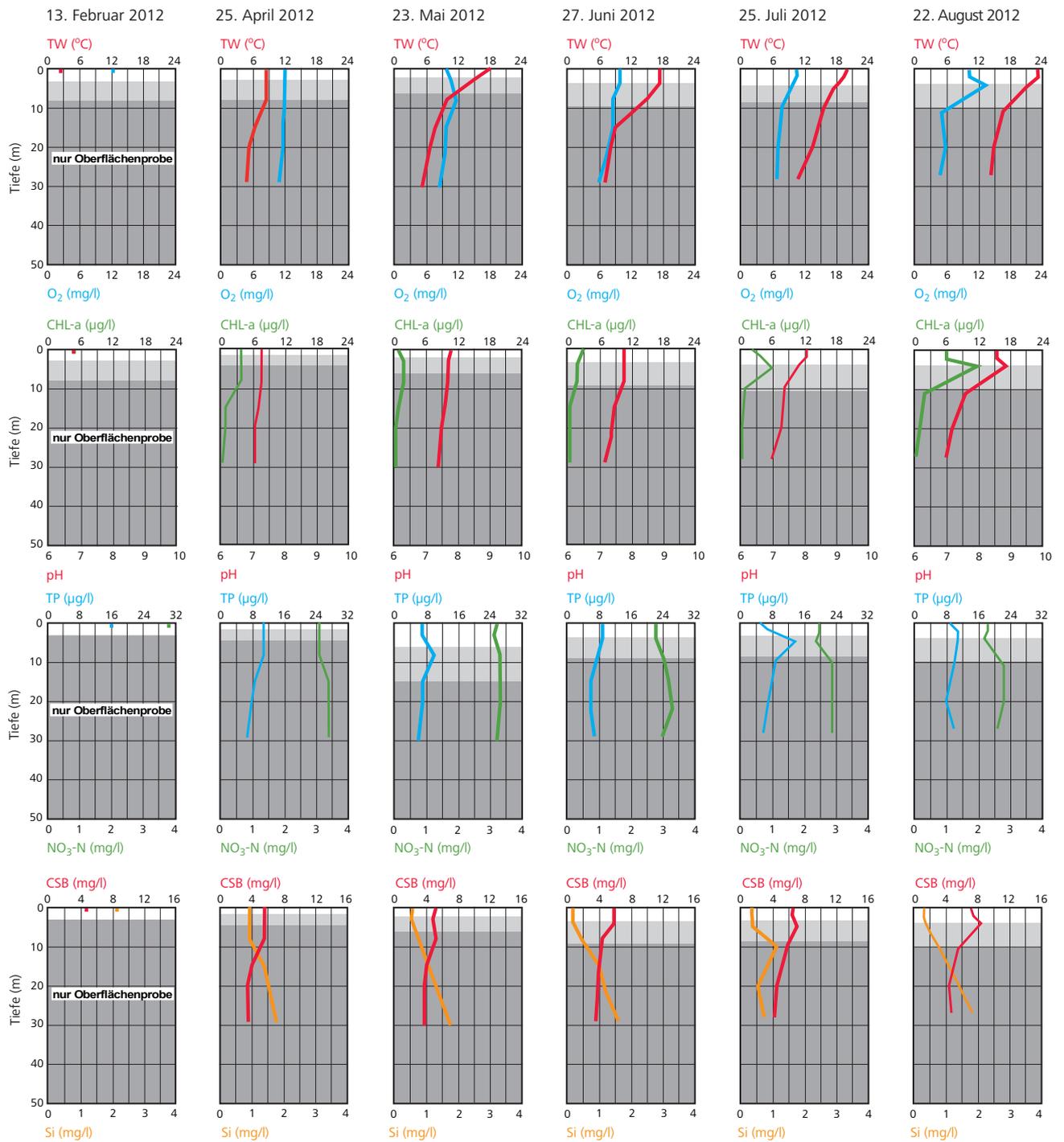
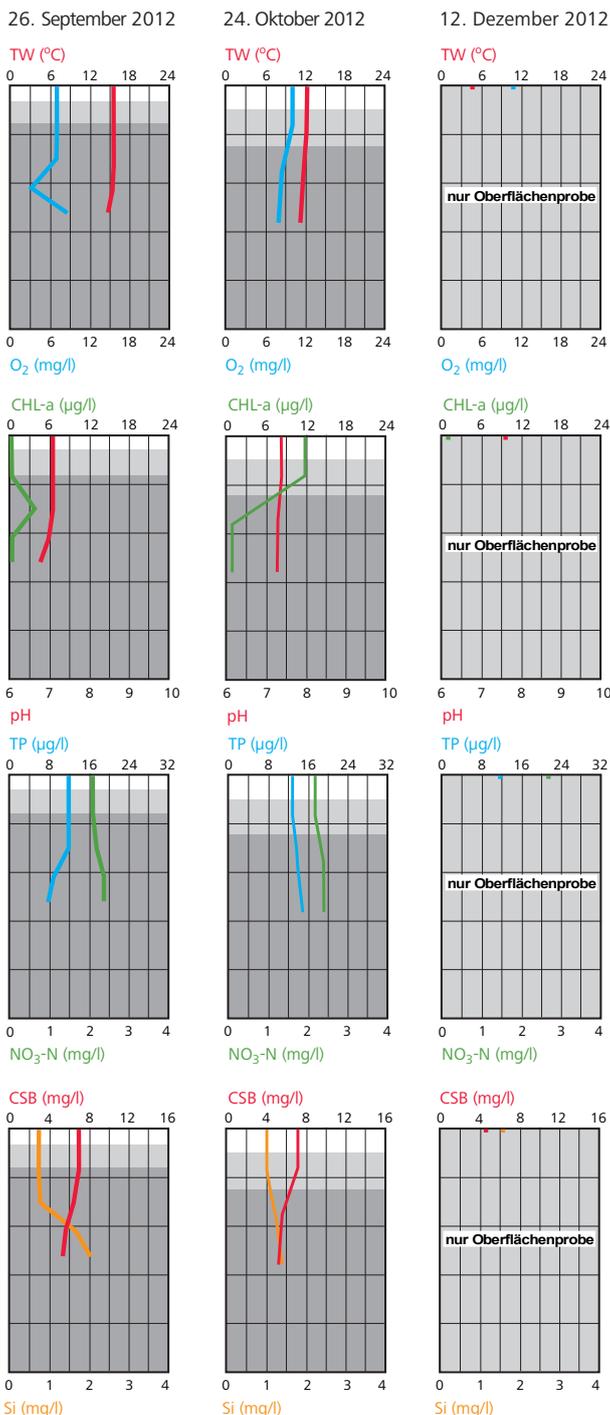


Bild 4.5: Tiefenprofile limnologischer Kenngrößen an der Probenahmestelle „Ennepetalsperre vor Mauer“ im Jahr 2012
 Fig. 4.5: Depth profiles of limnological parameters at the sampling point “Ennepe Reservoir before the dam” in 2012



Wert in der euphotischen Zone an, blieb jedoch stets unter einem Wert von pH 9,0. Auch die Sauerstoffsättigungswerte überschritten lediglich im August in einer Tiefe von 4 m einmalig einen Wert von 150 % und blieben sonst stets unter 125 %. Das sind vergleichsweise geringe Werte.

Die im April mit einem Biovolumen von 3,5 mm³/l dominanten Kieselalgen verminderten durch ihren Schalenaufbau die Konzentration von löslichen Siliziumverbindungen in der euphotischen Zone bis auf die Hälfte der Ausgangskonzentration. Trotz der Abnahme der Kieselalgendichte in den folgenden Monaten reichte die Population weiterhin aus, um bis in den Juni hinein die Siliziumkonzentration oberflächennah auf knapp 0,2 mg/l zu reduzieren. Erst mit dem Einsetzen der Vollzirkulation stieg diese an, bis der Siliziumvorrat der Talsperre über den Zufluss in den Wintermonaten wieder aufgefüllt wurde.

Die zum Gewässergrund sinkende Biomasse, wie abgestorbenes Phyto- und Zooplankton, führte während der Stagnationsperiode im Hypolimnion zu einer stetigen Abnahme der Sauerstoffkonzentrationen. Die niedrigsten Gehalte wurden im August mit 4,8 mg/l O₂ gemessen. Aus Vorsorge für die Rohwasserqualität zur Trinkwassergewinnung (Verhinderung von Eisen- und Manganrücklösungen) wurde ab Ende August bis Ende September das Tiefenwasser künstlich belüftet, so dass schon bei der nächsten Untersuchung im September die hypolimnischen Sauerstoffgehalte 9,0 mg/l erreichten. Eine Begleiterscheinung des hypolimnischen Lufteintrags war, dass dadurch die thermische Schichtung schneller aufgelöst wurde. Für die ansässige Fischfauna wäre die Entwicklung der Sauerstoffkonzentrationen allerdings auch ohne eine künstliche Belüftung unkritisch gewesen.

Im Jahr 2012 waren in der Ennepetalsperre die niedrigsten Gesamtphosphor-Konzentrationen seit Beginn der limnologischen Untersuchungen durch den Ruhrverband im Jahr 1998 festzustellen. Der Jahresmittelwert betrug lediglich 11 µg/l TP. Zur Jahrtausendwende wurden noch Jahresmittel zwischen 15 und 19 µg/l TP bestimmt. Hier wirkten sich sowohl die zurückgegangenen Zuflussmengen als auch die niedrigeren Konzentrationen in den Zuflüssen aus, die insgesamt die in das Talsperrensystem eingetragene Fracht reduzierten. Hinsichtlich der Stickstoffbelastung bewegen sich die mittleren Konzentrationen seit fünf Jahren im Bereich zwischen 2,4 und 2,8 mg/l TIN. Die CSB-Gehalte waren mit 5,6 mg/l wie in den Jahren zuvor unauffällig. Das Gleiche galt für die durch den mikrobiellen Biomasseabbau und die Atmung beeinflusste Sauerstoff-Verbrauchsrate im Hypolimnion, die in den letzten 14 Jahren um 0,45 g/(m²·d) O₂ (2012: 0,49 g/(m²·d) O₂) schwankte.

In Bild 4.6 ist die Entwicklung der Primär- und Sekundärproduktion an der Hauptprobenahmestelle „Ennepetalsperre vor Mauer“ für den Verlauf der letzten 15 Jahre dargestellt. Dieses zeigt neben dem Chlorophyll-a-Gehalt das Biovolumen des Phytoplanktons in der euphotischen Zone sowie das Biovolumen des Zooplanktons, das aus einem Vertikalfang über die gesamte Wassersäule erhalten wird. Die im Vorjahr schon geringe Primärproduktion hatte auch 2012 Bestand. Während die Kiesel- und Goldalgen vergleich-

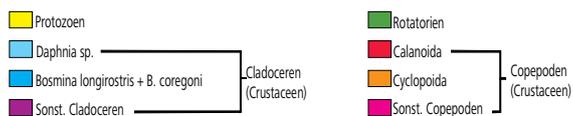
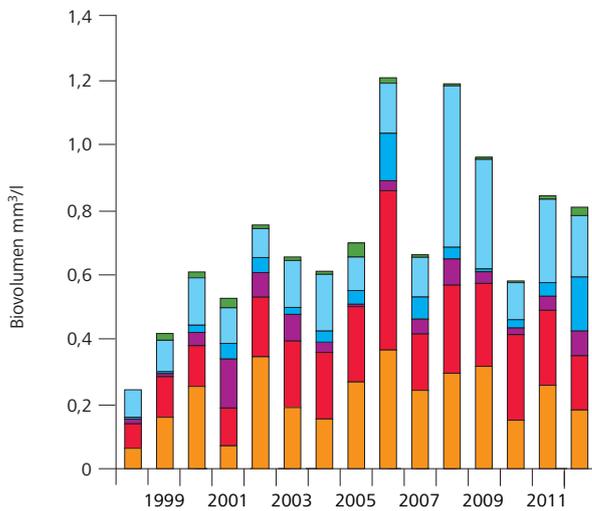
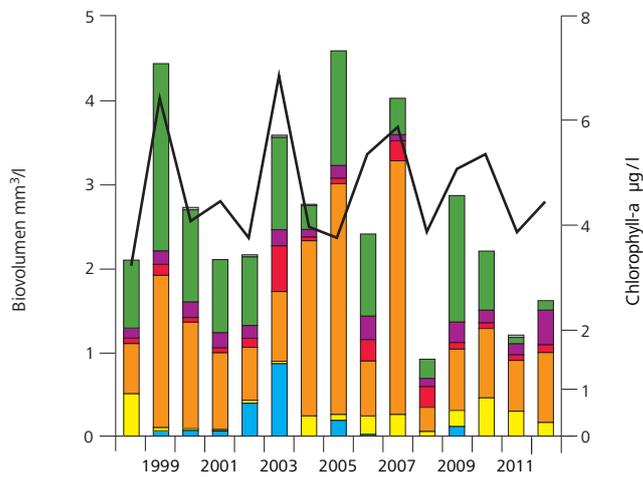


Bild 4.6: Phytoplankton und Zooplankton an der Probenahmestelle „Ennepetalsperre vor Mauer“ in den letzten 15 Jahren (Jahresmittel)

Fig. 4.6: Phytoplankton and zooplankton at the sampling point "Ennepe Reservoir before the dam" during the last 15 years (annual means)

bare Biovolumina wie in den drei Vorjahren aufwiesen, waren es vor allem die Grünalgen, die stark zurückgegangen sind. Die Goldalgen, die inzwischen mit neun Taxa vertreten waren, und die Kieselalgen, die mit 12 Taxa die artenstärkste Algengruppe darstellen, gehören zu den Vertretern planktischer Organismen, die überwiegend in Gewässern mit einem niedrigen oder mäßigen Trophiegrad anzutreffen sind. Die kaum noch präsenten Grünalgen vor allem auch Blaualgen dagegen haben ihren Verbreitungsschwerpunkt meist in meso- bis eutrophen Gewässern. Vor diesem Hintergrund ist die aktuelle Zusammensetzung des Phytoplanktons in der Ennepe, die ein artenreiches, an oligo- bis mesotrophe Verhältnisse angepasstes Algenspektrum aufweist, als positiv zu bewerten.

Das Zooplankton der Ennepetalsperre wies 2012 eine ähnliche Artenzusammensetzung und -verteilung auf, wie diese schon seit mehreren Jahren besteht. In der jährlichen Sukzession waren es zunächst fast ausschließlich die Copepoden, hier mit den Gattungen *Eudiaptomus* und *Cyclops*, die die Primärkonsumenten stellten. Ab Mai nahm dann der Anteil der Cladoceren zu, vor allem mit den Gattungen *Daphnia* und *Bosmina*, die dann bis einschließlich September die dominante Zooplanktongruppe bildeten. Aber auch die Rotatorien, die allerdings hauptsächlich mit der räuberisch lebenden Art *Asplancha priodonta* vorkamen, waren im April, Mai und August in nennenswertem Maße vorhanden. Die sehr kleinen Protozoen spielten aufgrund ihrer Größe zumindest für den Fraßdruck auf das Phytoplankton keine Rolle, zumal ihre Nahrungsgrundlage eher kleinste organische Partikel sind.

Die Trophie für die Ennepetalsperre wurde nach der von der LAWA herausgegebenen „Vorläufigen Richtlinie für die Trophieklassifikation von Talsperren“ bestimmt und ist in Bild 4.7 für die vergangenen 14 Jahre sowohl mit dem Gesamttrophieindex als auch den vier Einzelindizes dargestellt. Die im Vorjahresvergleich im Talsperrenkörper abgenommenen Gesamtphosphor-Konzentrationen spiegelten sich ebenfalls in einem starken Rückgang der beiden Phosphorindizes wider. Dieses führte, bei unverändertem, niedrigen Chlorophyll-a-Index und nur leicht höherem Sichttiefenindex, zu dem niedrigsten Trophieindex des betrachteten Zeitraums. Mit einem Gesamtindex von 1,8 befindet sich die Ennepetalsperre, so wie es schon die Phytoplanktonbiozönose andeutete, im mesotrophen Bereich und weist darüber hinaus durchaus Tendenzen zur Oligotrophie auf.

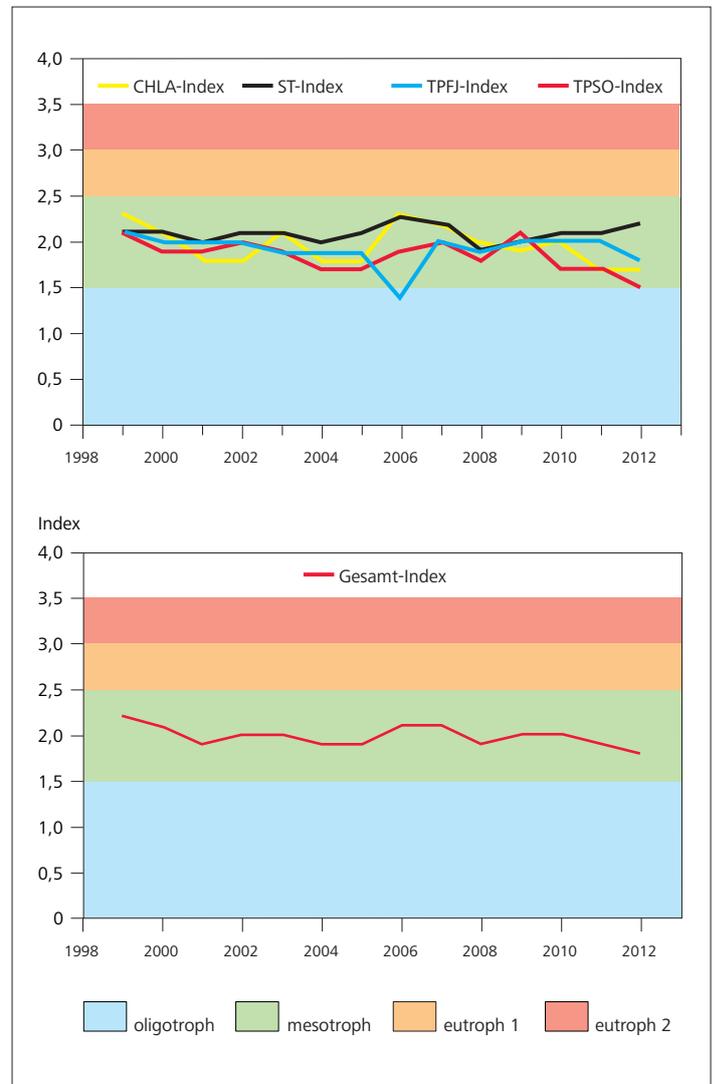


Bild 4.7: Entwicklung der Trophie in den letzten 14 Jahren in der Ennepetalsperre entsprechend der vorläufigen Richtlinie für die Trophieklassifikation von Talsperren (LAWA Juli 2001) [CHLA: Chlorophyll-a; ST: Sichttiefe; TP: Gesamtphosphor; FJ: Frühjahr; SO: Sommer]
 Fig. 4.7: Development of the trophic status during the last 14 years in the Ennepe Reservoir according to the preliminary directive for the trophic classification of reservoirs (LAWA July 2001) [CHLA: chlorophyll a; ST: Secchi depth; TP: total phosphorus; FJ: spring; SO: summer]

5 Organische Mikroverunreinigungen in der Ruhr

Die Bedeutung der Analysen Organischer Mikroverunreinigungen hat vor allem vor dem Hintergrund der zunehmenden gesetzlichen Regelungen im europäischen und nationalen Bereich, der gestiegenen Sensitivität der Thematik gegenüber sowie der Fortschritte in der Analytik kontinuierlich zugenommen. Neben der Prüfung des Ruhrwassers auf Physikalische und Allgemeine Chemische Parameter nehmen die Untersuchungen Organischer Mikroverunreinigungen seit Jahren einen festen Platz im Kontrollprogramm des Ruhrwassers ein. Auch 2012 ist das Untersuchungsprogramm Organischer Spurenstoffe verschiedentlich erweitert worden. So wurde eine Reihe synthetischer Süßstoffe, unter anderem Acesulfam, Aspartam und Cyclamat in das Prüfprogramm aufgenommen.

Die Übersicht in Tabelle 5.1 zeigt eine Auswahl der im Ruhrwasser im Kalenderjahr 2012 analysierten Stoffe. Im Folgenden wird zu den Ergebnissen der Messungen ausgewählter Verbindungsgruppen berichtet.

Flüchtige Organische Stoffe

Als Flüchtige Organische Stoffe (VOC, **V**olatile **O**rganic **C**ompounds) werden Verbindungen bezeichnet, die leicht verdampfen bzw. schon bei niedrigen Temperaturen im gasförmigen Zustand vorliegen. Die Analytik dieser organischen Substanzen basiert auf einem standardisierten hochempfindlichen Purge-und-Trap-Anreicherungsverfahren welches die Analyse von bis zu 70 Komponenten mit einer Bestimmungsgrenze zwischen 0,01 und 0,05 µg/l erlaubt. Die Emission von VOC in die Umwelt rührt aus einer Vielzahl anthropogener, aber auch biogener Prozesse her. Kontaminationen des Ruhrwassers erfolgen etwa durch die industrielle und sonstige Verwendung von Lösemitteln. Das Untersuchungsprogramm schließt chemisch sehr unterschiedliche Substanzen und Verbindungsgruppen ein. In diesem Zusammenhang sind die als organischen Löse- und Reinigungsmittel eingesetzten Leichtflüchtigen Halogenierten Kohlenwasserstoffe (LHKW) Trichlorethen (Tri), Tetrachlorethen (Per) und Trichlormethan (Chloroform) sowie die aromatischen Kohlenwasserstoffe (BTXE: Benzol, Toluol, Xylol, Ethylbenzol) zu nennen. Daneben hat in den letzten Jahren die Bedeutung der Benzinzusatzstoffe MTBE (Methyl-tertiär-butylether) und ETBE (Ethyl-tertiär-butylether) zugenommen. Ausgewählte Verbindungen der VOC, welche im Berichtsjahr im Ruhrwasser geprüft wurden, sind in Tabelle 5.1 aufgeführt.

Untersuchungen des Ruhrwassers auf Flüchtige Organische Stoffe wurden im Rahmen der Ruhrlängsuntersuchungen und der zeitlich dichten Messungen an der Probenahmestelle Essen-Rellinghausen durchgeführt. Tetrachlorethen war bei diesen Untersuchungen regelmäßig in sehr geringen Konzentrationen messbar. Bei Essen-Rellinghausen wurde in 29 der untersuchten 33 Proben Tetrachlorethen oberhalb der Bestimmungsgrenze von 0,01 µg/l detektiert (Bild 5.1). Der höchste Wert betrug an dieser Probenahme-

stelle allerdings nur 0,03 µg/l. Im Rahmen der Ruhrlängsuntersuchungen wurde Tetrachlorethen an der Ruhrüberwachungsstation Fröndenberg (km 112,52) mit einem Maximum von 0,21 µg/l gemessen (Bild 5.2).

Die Überprüfung der Einhaltung der Umweltqualitätsnormen erfolgt anhand des arithmetischen Jahresmittelwerts bzw. anhand des Maximalwerts für die jeweilige Messstelle. Alle Konzentrationen kleiner der Bestimmungsgrenze gehen gemäß der Oberflächengewässerverordnung (OGewV) in die Berechnung mit den jeweiligen Werten der halben Bestimmungsgrenze ein [5.1]. Die geltenden EG-Umweltqualitätsnormen wurden weit unterschritten. Das trifft für alle untersuchten VOC, einschließlich Tetrachlorethen, für welches eine Qualitätsnorm von 10 µg/l festgelegt wurde, zu.

Neben den klassischen Lösemitteln fiel besonders der Benzinzusatzstoff MTBE (Methyl-tertiär-butylether) mit zahlreicheren positiven Befunden auf. MTBE war in 70 % der untersuchten Proben an der Probenahmestelle Essen-Rellinghausen in niedrigen Konzentrationen messbar (Bild 5.1).

Bei den Untersuchungen im Längsverlauf der Ruhr traten die Etherverbindungen ebenfalls nur vereinzelt mit niedrigen Gehalten auf. Allerdings waren für MTBE im November und Dezember in der mittleren Ruhr höhere Befunde zu verzeichnen (Bild 5.2.b). Der Maximalwert betrug bei diesen Untersuchungen 0,19 µg/l an der Ruhrüberwachungsstation Fröndenberg (km 112,52).

Kurzkettige Chloralkane

Chloralkane bzw. Chlorparaffine sind Gemische homologer Polychlor-n-alkane mit unterschiedlichem Chlorgehalt. Zu den kurzkettigen Chlorparaffinen (SCCP – **s**hort **c**hain **c**hlorinated **p**araffins) zählen Verbindungen mit einer Kettenlänge von 10-13 Kohlenstoff-Atomen und einem Chlorierungsgrad zwischen 48 und 71 Gewichts-Prozent. Daneben werden mittellange (C14-17) und langkettige (C>17) Chlorparaffine unterschieden [5.2]. In Abhängigkeit von der Kettenlänge und ihrem Chlorgehalt sind Chloralkane flüssig bis fest. SCCP wurden in der Vergangenheit u.a. als Schmierstoffe in der Metallverarbeitung, als Fettlösemittel in der Lederbearbeitung, als Flammschutzmittel z.B. in Textilien und Gummi sowie als Weichmacher/Bindemittel in Farben, Dichtungsmitteln und Klebstoffen eingesetzt. Sie sind persistente, bioakkumulierende, toxische Verbindungen, die im Rahmen der WRRL als prioritär gefährlich eingestuft wurden.

Untersuchungen des Ruhrwassers auf diese Stoffgruppe werden seit 2010 im Rahmen der Längsuntersuchungen und an der Dauermessstelle Essen-Rellinghausen durchgeführt. Befunde oberhalb der Bestimmungsgrenze des analytischen Verfahrens von 0,1 µg/l traten bisher noch nicht auf. Für SCCP gilt eine Umweltqualitäts-

[5.1] Bundesgesetzblatt Jahrgang 2011 Teil I Nr. 37, Verordnung zum Schutz der Oberflächengewässer (Oberflächengewässerverordnung – OGewV vom 20. Juli 2011)

[5.2] Daunerer, Handbuch der Umweltgifte, Ausgabe 6/2006

Tabelle 5.1: Ausgewählte organische Einzelverbindungen des Untersuchungsprogramms
 Table 5.1: Selected organic single compounds of the examination programme

Flüchtige Org. Stoffe	PSM, Organophosphorverbindungen	Simazin *	Alkylphenole, -ethoxylate
1,1,1-Trichlorethan **	Azinphos-ethyl **	Sulcotrion	Nonylphenol *,**
1,1,2-Trichlorethan **	Azinphos-methyl **	Tebuconazol	Octylphenol *,**
1,1,2-Trichlortrifluorethan **	Chlorfenvinphos *,**	Terbuthylazin **	4-tert-OP *,**
1,1-Dichlorethan **	Chlorpyriphos *,**	Terbutryn	4-OP-1-EO
1,2-Dichlorethan *,**	PSM, Phenoxyalkancarbonsäuren	PSM, Phenylharnstoffverbindungen, Urone	4-NP-1-EO
1,2-Dichlorpropan **	2,4,5-T **		4-OP-2-EO
1,3-Dichlorpropan	2,4,5-TP	Chloroxuron	4-NP-2-EO
2,2-Dichlorpropan	2,4-D **	Chlortoluron **	4-NP-3-EO
Allylchlorid **	2,4-DB	Dimefuron	4-NP-4-EO
Benzol *,**	2,4-DP	Diuron *,**	Perfluorierte Verbindungen
cis-Dichlorethen **	Bentazon	Ethidimeron	Perfluorbutansäure (PFBA)
cis-Dichlorpropen **	Bromoxynil **	Ethofumesat	Perfluorbutansulfonsäure (PFBS)
Dibromchlormethan	Clodinafop	Isoproturon *,**	Perfluordekansäure (g-PFDA)
Dichlorbrommethan	Clopyralid	Linuron **	Perfluorheptansäure (g-PFHpA)
Dichlormethan *,**	Dichlorprop **	Metobromuron	Perfluorhexansäure (g-PFHxA)
ETBE (Ethyl-tert-butylether)	Fenoprop	Metoxuron	Perfluorhexansulfonsäure (g-PFHxS)
Ethylbenzol **	Fenoxaprop	Monolinuron **	Perfluorononansäure (g-PFNA)
Hexachlorbutadien *,**	Fluazifop	Phosphororganische Flammschutzmittel, Weichmacher	Perfluoroctansäure (g-PFOA)
Isopropylbenzol **	Fluroxypyr	Tributylphosphat, TBP **	Perfluoroctansulfonsäure (g-PFOS)
m/p-Xylol **	Haloxifop	Triethylphosphat, TEP	Perfluorpentansäure (PFPeA)
MTBE (Methyl-tert-Butylether)	loxynil	Triphenylphosphat, TPP	Arzneimittelwirkstoffe
o-Xylol **	MCPA **	Tripentylphosphat	Atenolol
Styrol	MCPB	Tris(butoxyethyl)phosphat; TBEP	Bezafibrat
TAME (tert-Amyl-butylether)	Mecoprop **	Tris(chlorethyl)phosphat, TCEP	Carbamazepin
Tetrachlorethen **	Quinmerac	Tris(chlorisopropyl)phosphat, TCPP	Carprofen
Tetrachlormethan **	PSM, Triazine und weitere	Tris(dichlorisopropyl)phosphat, TDCP	Clenbuterol
Toluol **	Atrazin *,**	Tris(ethylhexyl)phosphat, TEHP	Clofibrinsäure
trans-Dichlorethen **	Azoxystrobin	Tritolylphosphat	Diclofenac
trans-Dichlorpropen **	Bifenox	Synthetische Komplexbildner	Fenoprofen
Tribrommethan	Bromacil **	NTA	Flurbiprofen
Trichlorethen **	Carbetamid	EDTA	Gemfibrocil
Trichlormethan *,**	Carfentrazon-ethyl	DTPA	Ibuprofen
Vinylchlorid **	Carflutrazon-ethyl	EGTA	Indometazin
PSM, Organochlorverbindungen	Chloridazon	CDTA	Indoprofen
Alachlor *,**	Chlorpropham	1,3-PDTA	Ketoprofen
Aldrin **	Chlorthalonil	β-ADA	Metoprolol
alpha-Endosulfan *,**	Cyanazin	Polyzyklische Aromatische Kohlenwasserstoffe	Naproxen
beta-Endosulfan *,**	Desethylatrazin	Acenaphthen	Niclosamid
Bromocyclen	Desethylterbutylazin	Acenaphthylen	Paracetamol
cis-Heptachlorepoxyd **	Desisopropylatrazin	Anthracen *,**	Propranolol
Dieldrin **	Desmedipham	Benzo(a)anthracen	Salbutamol
Endrin **	Diflufenican **	Benzo(a)pyren *,**	Sotalol
HCH, alpha *,**	Dinoterb	Benzo(b)fluoranthren *,**	Sulfamethoxazol
HCH, beta *,**	DNOC	Benzo(ghi)perylene *,**	Timolol
HCH, delta *,**	Epoxiconazol **	Benzo(k)fluoranthren *,**	Tolbutamid
HCH, epsilon	Fenpropimorph	Chrysen	Tolfenaminsäure
Heptachlor **	Flufenacet	Dibenz(ah)anthracen	Röntgenkontrastmittel
Isodrin **	Flurtamone	Fluoranthren*,**	Amidotrizoesäure
Lindan **, (gamma-Hexachlorcyclohexan)	Hexazinon **	Fluoren	Iohexol
Methoxychlor	Mesotrion	Indeno(1,2,3cd)pyren *,**	Iopamidol
Mirex	Metamitron	Naphthalin *,**	Iopromid
o-p'-DDD **	Metazachlor **	Phenanthren **	Ioversol
o-p'-DDE	Methabenzthiazuron **	Pyren	Iomeprol
o-p'-DDT	Metolachlor **	Süßstoffe	Industriechemikalien
Oxychlordan	Metribuzin **	Acesulfam	Bisphenol A
p-p'-DDD **	Nicosulfuron	Aspartam	TMDD (2,4,7,9-Tetramethyl-5-decyn-4,7-diol)
p-p'-DDE **	Pendimethalin	Cyclamat	Tetraoxaspirodecane
p-p'-DDT **	Phenmedipham	Neohesperidin	1H-Benzotriazol
Quintocen	Prometryn **	Neotam	4-Methyl-1H-Benzotriazol
trans-Heptachlorepoxyd **	Propazin	Saccharin	5-Methyl-1H-Benzotriazol
Trifluralin *,**	Propiconazol **	Sucralose	
Vinclozolin	Prosulfocarb		
	Sebutylazin		

* prioritärer Stoff der EG-WRRL

** Substanz weist eine UQN gemäß EG-WRRL und Oberflächengewässerverordnung auf

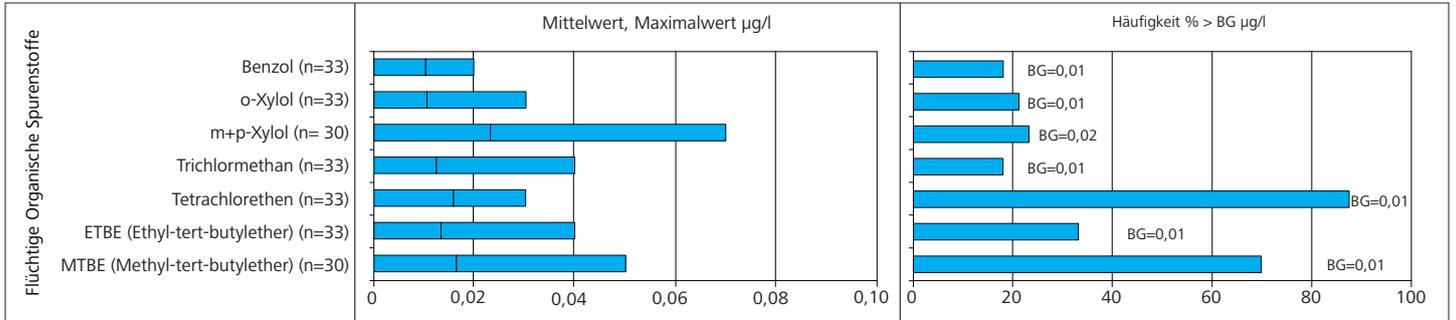


Bild 5.1: Häufigkeiten, Mittelwerte und Maximalkonzentrationen ausgewählter Flüchtige Organischer Spurenstoffe in der Ruhr bei Essen-Rellinghausen
 Fig. 5.1: Frequencies, means and maximum concentrations of selected volatile organic trace substances in the Ruhr at Essen-Rellinghausen

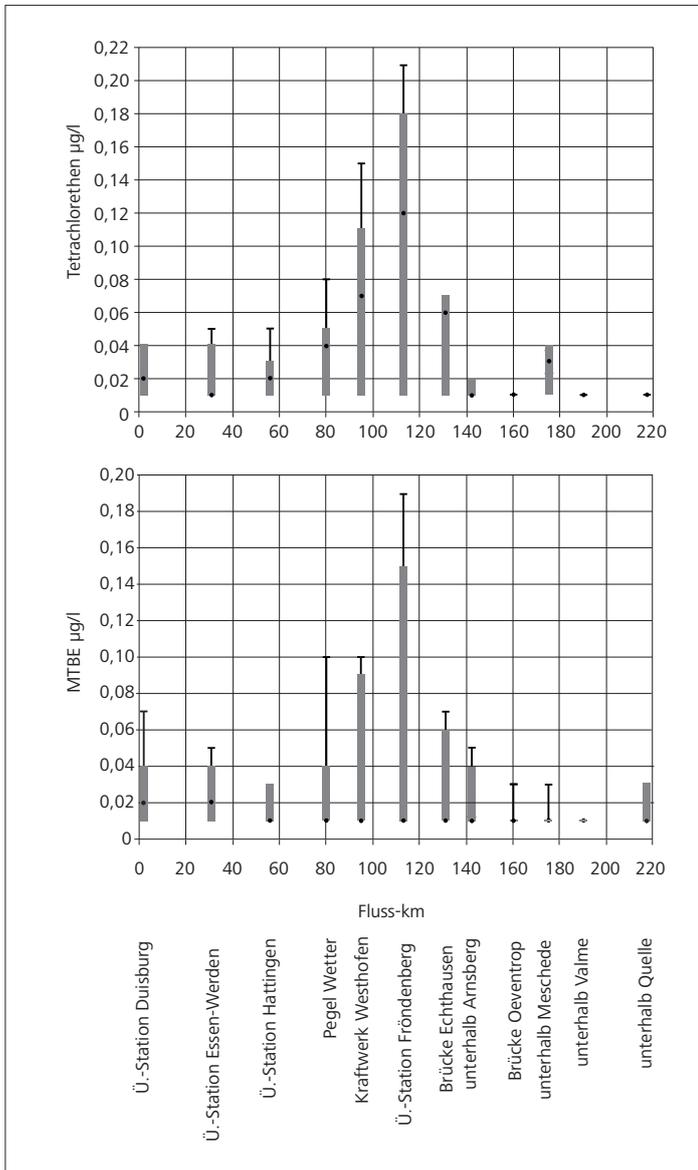


Bild 5.2: Ruhrlängsuntersuchungen 2012, statistische Daten Tetrachlorethen, MTBE
 Fig. 5.2: Examinations along the Ruhr in 2012, statistical data, tetrachlorethene, MTBE

norm von 0,4 µg/l, bezogen auf das Jahresmittel sowie eine zulässige Höchstkonzentration von 1,4 µg/l.

Alkylphenole und Bisphenol A

Alkylphenole zählen zu den endokrin wirksamen Substanzen, die wie Hormone wirken und aufgrund dessen den Hormonhaushalt von Lebewesen stören können.

Alkylphenole bilden die Ausgangsstoffe zur Herstellung von Alkylphenolethoxylaten und von Kunstharzen und -lacken. Zu den bedeutsamsten Vertretern gehören Nonyl- und Octylphenol, welche noch in den 80er Jahren in großen Mengen hergestellt und für die Produktion der entsprechenden Ethoxylate zum Einsatz in Haushalts- und Industriereinigern Verwendung fanden. Die Ethoxylate werden in Kläranlagen oder im Gewässer sukzessive zu den kürzerkettigen Homologen und schließlich wieder zu den entsprechenden Alkylphenolen abgebaut. Einige der Metabolite sind jedoch in der Umwelt persistent, bioakkumulierend und weisen eine hohe aquatische Toxizität auf.

Alkylphenole wurden im Berichtszeitraum ausschließlich im Rahmen der Ruhrlängsuntersuchungen (n=131) betrachtet. Nonylphenol war in 26 % der Proben oberhalb der Bestimmungsgrenze mit einem Höchstwert von 0,07 µg/l messbar. Octylphenol wurde in keiner der untersuchten Ruhrwasserproben nachgewiesen (Bestimmungsgrenze des analytischen Verfahrens 0,005 µg/l). Die geltenden EU-Umweltqualitätsnormen wurden in allen untersuchten Proben weit unterschritten. Dies gilt sowohl für Octylphenol mit einer UQN von 0,1 µg/l für das Jahresmittel als auch für Nonylphenol mit Umweltqualitätsnormen von 2 µg/l für die zulässige Höchstkonzentration sowie von 0,3 µg/l für das Jahresmittel.

Bisphenol A (BPA) wird unter anderem zur Herstellung von Polycarbonat, Epoxidharzen, PVC, Thermopapieren sowie Verzugsadditiven eingesetzt. Daneben bildet BPA die Grundlage zur Herstellung mannigfaltiger Kunststoffprodukte, wie Compact Disks; Mehrwegflaschen, Lebensmittelverpackungen, Kunststoffgeschirr, künstliches Zahnmaterial und diverse Beschichtungen. Die hohen Produktionsmengen - BPA zählt mit etwa 2,8 Mio. t zu den weltweit am meisten produzierten Chemikalien - und der umfangreiche Einsatz führten zu einer weiten Verbreitung in der Umwelt.

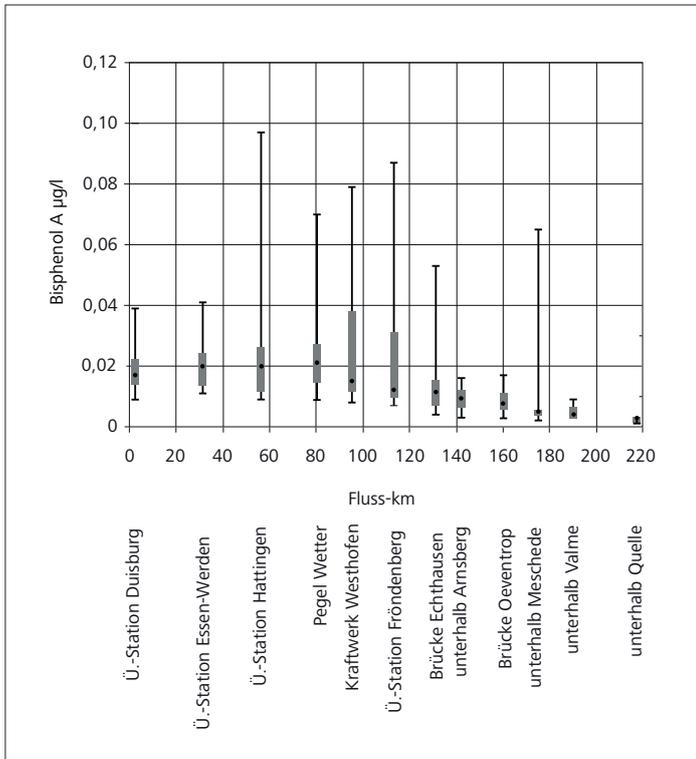


Bild 5.3: Ruhrlängsuntersuchungen 2012, statistische Daten Bisphenol A
 Fig. 5.3: Examinations along the Ruhr in 2012, statistical data, bisphenol A

So war in über 95 % der untersuchten Ruhrwasserproben BPA oberhalb der Bestimmungsgrenze von 0,005 µg/l messbar. In Bild 5.3 wird augenfällig, dass bereits im Quellbereich der Ruhr vereinzelt messbare Gehalte auftraten. Die höchste mediane Konzentration wurde in der unteren Ruhr an der Probenahmestelle „Pegel Wetter“ mit einem Wert von 0,021 µg/l erreicht und der höchste Einzelwert war an der Messstelle „Überwachungsstation Hattingen“ mit 0,097 µg/l zu beobachten.

Biozide und Pflanzenschutzmittel (PSM)

Biozide und Pflanzenschutzmittel bzw. Pestizide bilden die größte anwendungsbezogene Gruppe des Messprogramms von organischen Mikroschadstoffen im Ruhrwasser (Tabelle 5.1). Der Prüfumfang umfasst ca. 100 verschiedene Einzelwirkstoffe und Metabolite. Die Grundlage für die Erstellung des Untersuchungsprogramms bilden Europäische und nationale gesetzlichen Vorgaben, die Vereinbarungen innerhalb der AWWR sowie die Erfahrungen der letzten Jahre. In Deutschland sind 263 PSM-Wirkstoffe zugelassen. Diese werden in 740 Pflanzenschutzmitteln und verschiedenen Zubereitungen konfektioniert (Stand März 2013) [5.3]. Die flächige Anwendung der Mittel und die nicht unbeträchtlichen Einsatzmengen (in Deutschland wurden jährlich ca. 33.067 t PSM ausgebracht, Stand 2011, [5.3]) können entsprechende Umweltbelastungen verursachen. Durch ihre hohe biologische Wirksamkeit ist eine Beeinflussung der aquatischen Lebensgemeinschaft schon in sehr geringen Konzentrationen nicht auszuschließen.

Die Beurteilung von PSM-Belastungen in der Ruhr orientiert sich an den Anforderungen für die Trinkwassergewinnung. Hier gelten Grenzwerte von 0,1 µg/l pro Einzelwirkstoff und von 0,5 µg/l für die Summe aller Wirkstoffe (Trinkwasserverordnung – TrinkwV 2011). Daneben gelten für einige PSM-Wirkstoffe, darunter auch für seit Jahren in Deutschland nicht mehr zugelassene Substanzen wie Atrazin, Simazin und DDT, Umweltqualitätsnormen, die in Abhängigkeit des Risikos, das von den Stoffen für die Umwelt und die menschliche Gesundheit ausgeht, teilweise erheblich variieren. So sind für den Wirkstoff Mevinphos im Mittel 0,0002 µg/l und für einige andere PSM-Substanzen 10 µg/l einzuhalten.

PSM-Analysen erfolgten im Rahmen der Ruhrlängsuntersuchungen sowie an zwei weiteren Probenahmestellen innerhalb der zeitlich dichten Ruhrüberwachung bei Essen-Rellinghausen und an der Probenahmestelle Essen-Werden. Eine Übersicht der PSM, mit Gehalten oberhalb der Bestimmungsgrenzen der eingesetzten GC- und HPLC-Verfahren von 0,001 µg/l bis 0,025 µg/l, wird in Tabelle 5.2 gegeben. Die Phenoxy-Herbizide Mecoprop und MCPA, die in verschiedenen Herbizidformulierungen oft gemeinsam verwendet werden sowie der in der EU nicht mehr zugelassene Wirkstoff DNOC wiesen im Rahmen dieser Analysen auf einem niedrigen Konzentrationsniveau die zahlreichsten positiven Befunde auf.

Die höchste PSM-Konzentration der analysierten Wirkstoffe trat im Juli 2012 für Terbutylazin mit 0,052 µg/l an der Probenahmestelle Essen-Werden auf. Terbutylazin ist in Deutschland zugelassen und wird zur Unkrautbekämpfung im Maisanbau eingesetzt. Die Konzentrationen der meisten übrigen PSM-Befunde überstiegen nur in geringem Maße die jeweiligen analytischen Bestimmungsgrenzen der Substanzen. Sämtliche Werte lagen unter den Grenzwerten der Trinkwasserverordnung. Auch die Anforderungen der Oberflächengewässerverordnung (OGewV), welche neben einer Reihe lange verbotener Substanzen auch die zugelassenen Wirkstoffe Chlorpyrifos und Isoproturon enthält, werden für alle PSM-Verbindungen, sowohl für die zulässige Höchstkonzentration, als auch für das arithmetische Jahresmittel eingehalten (Bild 5.4).

Phosphororganische Flammschutzmittel und Weichmacher

Die auf der Verbindungsklasse von Phosphorsäureestern basierenden Flammschutzmittel und Weichmacher finden z.B. in Polyurethan-Werkstoffen der Möbel-, Textil-, Automobil- und Bauindustrie sowie in Kunststoffen für Gerätebauteile (PCs, Drucker, Monitore) Verwendung. Die Einsatzmöglichkeiten dieser Stoffe in verschiedenen Produkten sind mannigfaltig und dementsprechend werden diese Brandhemmer auch in großen Mengen verarbeitet - für Westeuropa wurden 2006 geschätzte 91.000 t angegeben [5.4].

[5.3] <http://www.bvl.bund.de/> (Zugriff März 2013)

[5.4] Regnery, J.; Püttmann, W.: Occurrence and fate of organophosphorus flame retardants and plasticisers in urban and remote surface waters in Germany, water research 44 (2010) S. 4097 - 4104.

Tabelle 5.2: PSM-Wirkstoffe und Biozide in der Ruhr mit Konzentrationen oberhalb der Bestimmungsgrenze der analytischen Verfahren
 Table 5.2: Crop protection ingredients and biocides in the Ruhr with concentrations above the quantification limit in analytical processes

Wirkstoff	Substanzgruppe	n	n ≥ BG [µg/l]	BG [µg/l]	max [µg/l]
Mecoprop	Phenoxy-Herbizid	270	53	0,01	0,033
DNOC	Dinitrophenole-Herbizid	270	45	0,01	0,04
MCPA	Phenoxy-Herbizid	270	28	0,01	0,034
Propiconazol	Conazol-Fungizid	239	23	0,01	0,03
Terbuthylazin	Triazin-Herbizid	239	20	0,01	0,052
Dinoterb	Dinitrophenol-Herbizid	253	9	0,01	0,023
Diuron	Harnstoff-Herbizide	251	9	0,025	0,033
Desethylterbuthylazin	Triazin-Herbizid	239	9	0,01	0,017
Prosulfocarb	Thiocarbamat-Herbizid	239	6	0,01	0,015
Nicosulfuron	Sufonylharnstoff-Herbizide	269	5	0,01	0,033
Terbutryn	Triazin-Herbizid	239	3	0,01	0,02
Atrazin	Triazin-Herbizid	239	2	0,01	0,011
Fluazifop	Aryloxyphenoxypropion-Herbizid	270	1	0,01	0,026
Bentazon	Thiadiazin-Herbizid	270	1	0,01	0,012
2,4-DP	Phenoxy-Herbizid	270	1	0,01	0,011
Pendimethalin	Dinitroanilin-Herbizid	239	1	0,01	0,019
Quinmerac	Chinolin-Herbizid	232	1	0,01	0,016

Das Messprogramm phosphororganischer Flammenschutzmittel und Weichmacher umfasst zehn wichtige Einzelverbindungen aus dieser Gruppe (Tabelle 5.1). Einige Vertreter sind seit Jahren sehr oft im Ruhrwasser nachzuweisen. Bild 5.5 zeigt die Situation an der Probenahmestelle „Essen-Rellinghausen“. In allen Proben an dieser Messstelle und im Vergleich zu den übrigen Verbindungen mit den höchsten Konzentrationen wurde Tris-(2-chlorpropyl)-phosphat (TCPP) analysiert. Mit Ausnahme des als Weichmacher, z.B. in Bodenpflegemitteln eingesetzten Tris-(2-butoxyethyl)-phosphat (TBEP), überstiegen die Konzentrationen der übrigen häufig auftretenden Organophosphate in keiner Probe 0,1 µg/l.

Generell ist zu beobachten, dass die Gehalte aller nachgewiesenen Organophosphate mit dem Fließweg der Ruhr, allerdings auf unterschiedlichem Niveau anwachsen. In Bild 5.6 ist beispielhaft der Verlauf der TCPP-Gehalte bis zur Mündung der Ruhr dargestellt. Mit einer Jahresfracht bei Essen von 0,25 t gehört das Organophosphat zu den Mikroverunreinigungen, die eine vergleichsweise hohe Transportrate in der Ruhr aufweisen (Bild 5.7).

Sämtliche analysierten TBP-Konzentrationen unterschreiten die in der Oberflächengewässerverordnung auf der Basis des jeweiligen Jahresmittelwerts festgelegte Umweltqualitätsnorm von 10 µg/l erheblich.

Polyzyklische Aromatische Kohlenwasserstoffe

Polyzyklische Aromatische Kohlenwasserstoffe (PAK) zählen zu den ubiquitär verbreiteten Schadstoffen in der Umwelt. Sie entstehen bei der unvollständigen Verbrennung fossiler Brennstoffe und sie

sind überwiegend anthropogenen Ursprungs. Als Hauptemittenten gelten die Verbrennung fester Brennstoffe und der Kraftfahrzeugverkehr. Gasförmig oder an Feststoffe gebunden gelangen PAK diffus in Oberflächengewässer. Mehr als 80 % der PAK-Einträge in Gewässer werden durch atmosphärische Ablagerung verursacht [5.5]. Ihre umweltchemische Bedeutung ergibt sich aus den karzinogenen, teilweise hormonellen und genotoxischen Eigenschaften dieser mehrere Hundert Einzelverbindungen umfassenden Stoffgruppe. Einige PAK sind persistent und bioakkumulierend und reichern sich deshalb in der Umwelt an. Die Auswahl der für eine Belastungsbeurteilung betrachteten Substanzen beruht auf einem Vorschlag der amerikanischen Umweltbehörde (EPA) aus dem Jahr 1977, welcher 16 PAK als Leitsubstanzen benennt.

Im Ruhrwasser sind die PAK auf einem sehr niedrigen Konzentrationsniveau ganzjährig nachweisbar. So werden an allen Probenahmestellen der Ruhrlängsuntersuchungen PAK oberhalb der analytischen Bestimmungsgrenze von 0,001 µg/l analysiert. In Bild 5.8 (a,b,c) sind am Beispiel ausgewählter Einzelkomponenten die statistischen Daten der Befunde der Ruhrlängsuntersuchungen dargestellt. Zu den PAK, welche die höchsten Werte im Ruhrwasser erreichen, gehören Pyren, Phenanthren und Fluoranthen. Diese 3 Verbindungen sind in über 80 % der untersuchten Proben nachweisbar.

[5.5] Umweltbundesamt, Hintergrundpapier, Polyzyklische Aromatische Kohlenwasserstoffe: Umweltschädlich! Giftig! Unvermeidbar?, 2012

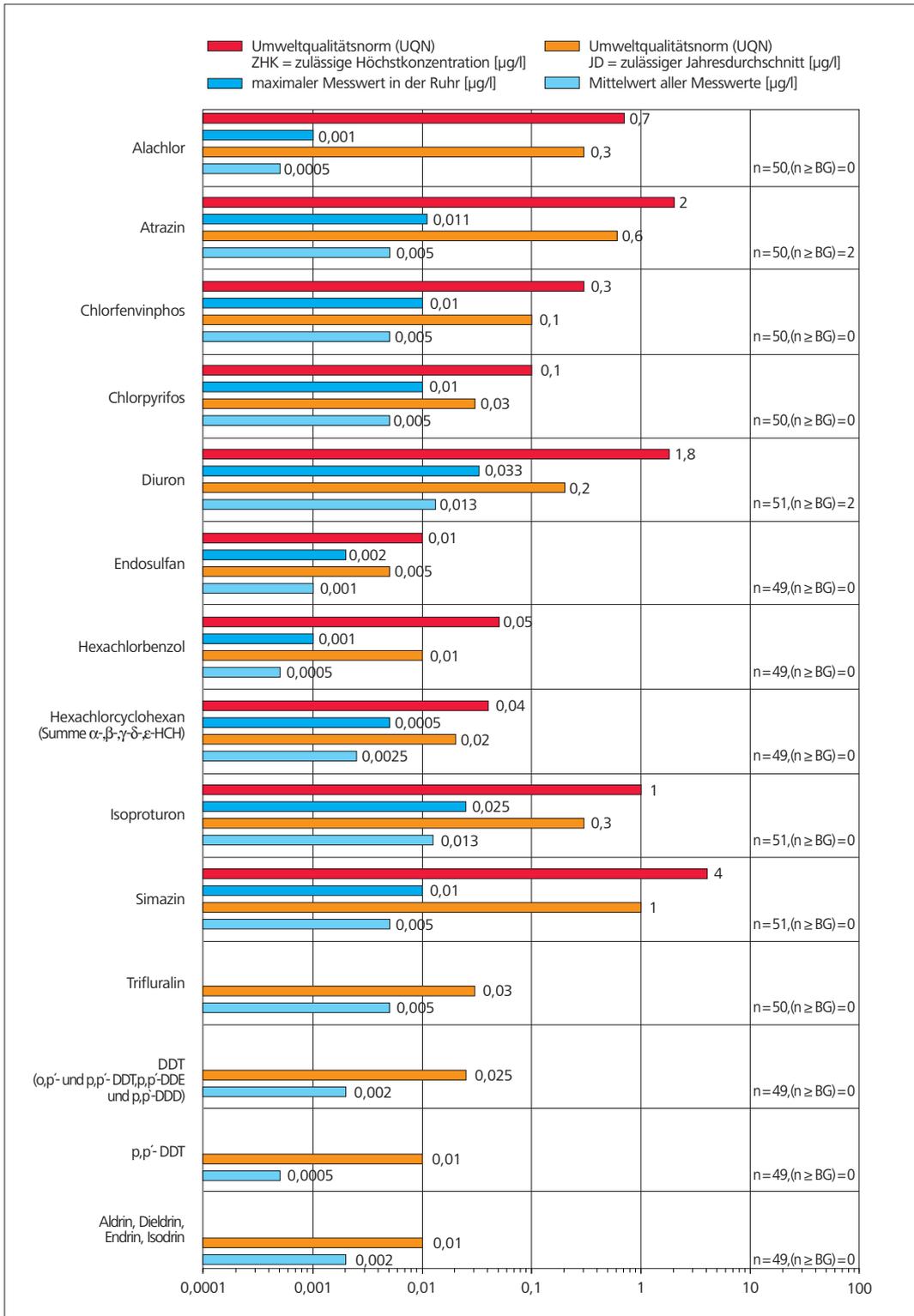


Bild 5.4: Umweltqualitätsnormen (UQN) ausgewählter PSM und Biozide im Vergleich zu den Messwerten in der Ruhr
 Fig. 5.4: Environmental Quality Standards for selected crop protection agents and biocides compared to values measured in the Ruhr

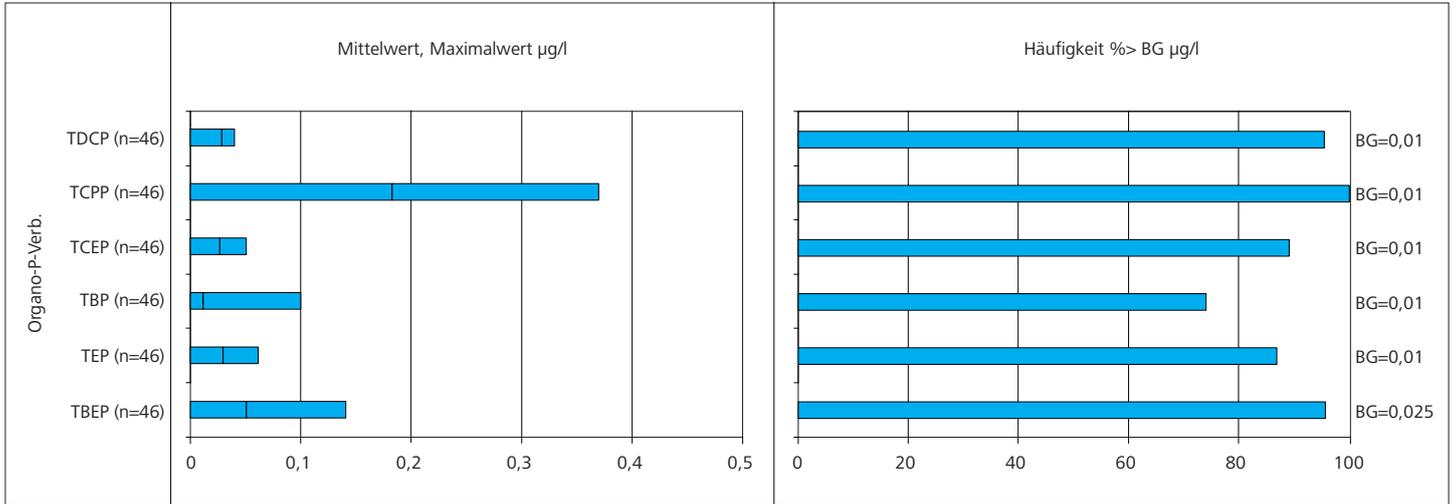


Bild 5.5: Häufigkeiten, Mittelwerte und Maximalkonzentrationen ausgewählter phosphororganischer Spurenstoffe in der Ruhr bei Essen-Rellinghausen (BG=Bestimmungsgrenze)
 Fig. 5.5: Frequencies, means and maximum concentrations of selected organic phosphorus trace substances in the Ruhr at Essen-Rellinghausen (BG = quantification limit)

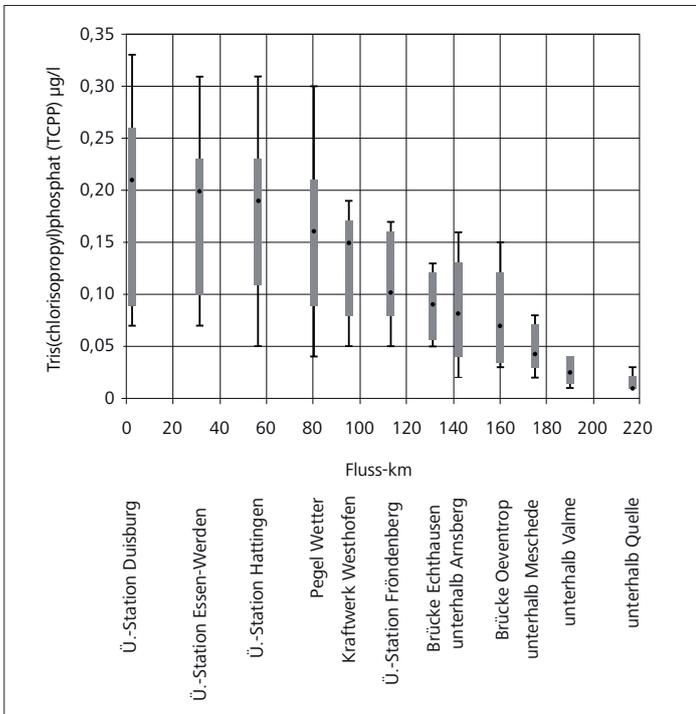


Bild 5.6: Ruhrlängsuntersuchungen 2012, statistische Daten, TCPP
 Fig. 5.6: Examinations along the Ruhr in 2012, statistical data, TCPP

Bild 5.9 verdeutlicht die Verteilung der analysierten Einzelverbindungen der PAK beispielhaft an der Probenahmestelle Essen-Rellinghausen und zeigt die Häufigkeit des Auftretens einzelner Komponenten der PAK.

Die besondere Bedeutung Polyzyklischer Aromatischer Kohlenwasserstoffe für den Wasserbereich, wird in der EG-Wasserrahmenrichtlinie deutlich, in der acht PAK als prioritäre Stoffe benannt und für die Umweltqualitätsnormen festgelegt wurden. Darüber hinaus sind PAK als „prioritär gefährliche Stoffe“ eingestuft. Die Messwerte im Ruhrwasser lagen bezüglich der zulässigen Höchstkonzentrationen und Jahresdurchschnittskonzentrationen sämtlich weit unter den geltenden Umweltqualitätsnormen der Einzelstoffe Anthracen, Fluoranthen, Naphthalin, Benzo(a)pyren sowie den Summenwerten aus Benzo(b)fluoranthen und Benzo(k)fluoranthen und aus Benzo(g,h,i)perylene und Indeno(1,2,3,-cd)pyren (Bild 5.10).

Es existieren außerdem zahlreiche gesetzgeberische Einzelregelungen, die vor allem die Emission und Verbreitung von PAK in die Umwelt minimieren sollen, wie etwa die EU-Chemikalienverordnung REACH und die EU-Großfeuerungsanlagenrichtlinie [5.5]. Der durch die verschiedenen Maßnahmen erreichte rückläufige Trend der PAK-Gehalte im Ruhrwasser wird in Bild 5.11 anhand der jeweiligen PAK Summenwerte der letzten 12 Jahre deutlich.

TMDD (2,4,7,9-Tetramethyl-5-decyn-4,7-diol)

TMDD wird u.a. als Dispersionsmittel etwa in Farbstoffen und als Entschäumer in Beton eingesetzt. Die Produkte enthalten 0,1 bis 0,5 % des Tensids. Die Verbindung ist von geringer bis mäßiger Toxizität. [5.6]. Chemisch ist die Substanz den Glykolen zuzuordnen. TMDD gehört gemeinsam mit seinen Ethoxylaten zu den so genannten Gemini-Tensiden, die durch mindestens zwei hydrophi-

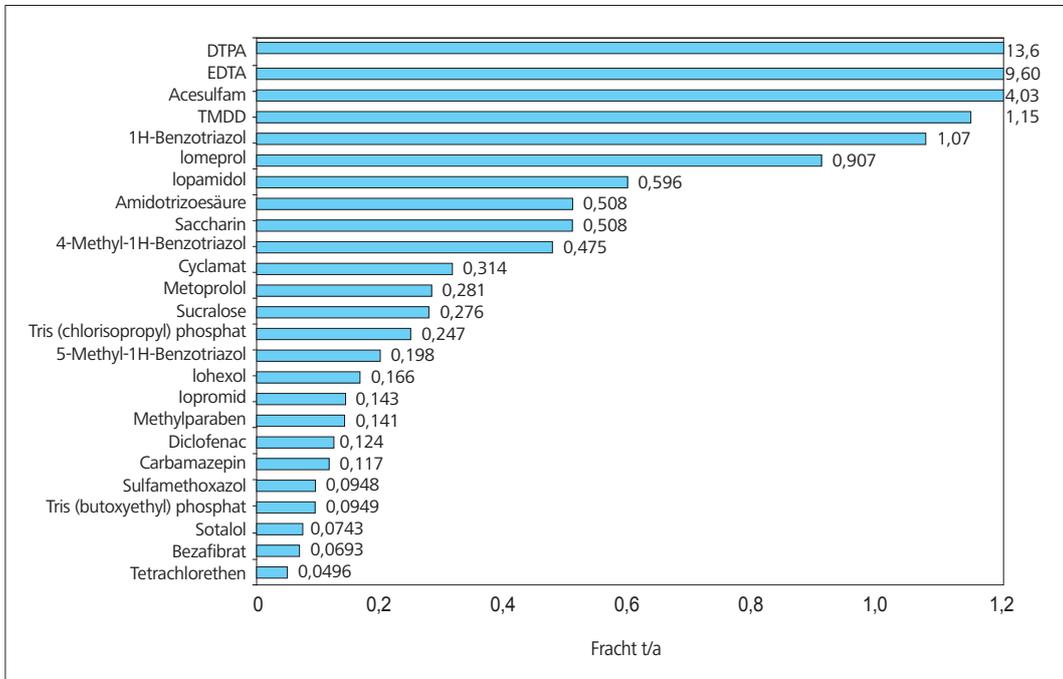


Bild 5.7: Jahresfrachten ausgewählter organischer Mikroverunreinigungen in der Ruhr bei Essen-Rellinghausen
 Fig. 5.7: Annual loads of selected organic micropollutants in the Ruhr at Essen-Rellinghausen

le und mindestens zwei hydrophobe Gruppen pro Molekül gekennzeichnet sind. In den technischen Produkten (Surfynol®, Fa. Air Products and Chemicals, Inc.) sind je nach beabsichtigten Eigenschaften und Einsatzzwecken variierende Anteile an Ethoxygruppen enthalten. Diese Tenside weisen im Vergleich zu den klassischen monomeren Vertretern besondere Anwendungseigenschaften auf. In der Literatur wird als eine Quelle für die TMDD-Belastung von Gewässern auch der Abbau dieser Ethoxylate diskutiert, wie er in ähnlicher Weise bei der hydrolytischen Bildung von 4-Nonylphenol aus Nonylphenoethoxylaten bekannt ist [5.6].

Untersuchungsergebnisse zum nichtionischen Tensid TMDD im Ruhrwasser wurden erstmals im Jahr 2008 vorgestellt [5.7]. Seither gehört die tensidische Substanz zum Messprogramm organischer Mikroverunreinigungen in der Ruhr. TMDD zählt in der Ruhr nach den synthetischen Komplexbildnern zu den Stoffen mit hohen Transportraten (Bild 5.7). Die Jahresmittel der Konzentrationen an der Messstelle Essen-Rellinghausen zeigen seit 2009 mit Werten von 0,45 µg/l bis 0,79 µg/l einen signifikanten Anstieg. Entsprechendes gilt für die Jahresfracht an dieser Probenahmestelle, die sich von 0,67 t/a auf 1,15 t/a im Jahr 2012 erhöht hat. Damit zählt TMDD zu den Mikroverunreinigungen mit den höchsten Frachten in der Ruhr (Bild 5.7). Die Berechnung der Jahresfracht basiert auf den TMDD-Gehalten in Essen-Rellinghausen und dem jeweiligen Durchfluss am Pegel Hattingen. Gewerbliche und industrielle Emissionen (Indirekteinleitungen) tragen wesentlich zur Gewässerbelastung bei [5.8].

Die Befunde der Längsuntersuchungen zeigen, wie in den Vorjahren bei km 160,7, einen starken Anstieg der TMDD-Konzentration

(Bild 5.12). Hier ist ursächlich der Ablauf der Kläranlage Arnsberg-Wildshausen zu sehen [5.7]. Der höchste im Längsverlauf der Ruhr gemessene TMDD-Wert lag bei 1,7 µg/l an der Probenahmestelle „Kraftwerk Westhofen“ bei km 95,15.

Synthetische Komplexbildner

Synthetische Komplexbildner gehören zu den organischen Mikroverunreinigungen mit den in der Regel höchsten Konzentrationen in Oberflächengewässern. Dies resultiert aus der vielfachen Anwendung der Stoffe in Industrie und Gewerbe, z.B. in der Metallverarbeitung, im Wasch- und Reinigungsmittelsektor, in der Fotoindustrie sowie bei der Papierverarbeitung. Besondere Relevanz haben die Verbindungen vom Typ der Aminopolycarbonsäuren erlangt, zu denen NTA, EDTA und DTPA gehören.

Im Ruhrwasser sind vor allem EDTA und DTPA von großer Bedeutung, da beide Stoffe im Gegensatz zum NTA biologisch schwer abbaubar sind. Die übrigen Komplexbildner des Messprogramms (Tabelle 5.1) wurden in der Ruhr nicht nachgewiesen.

- [5.6] A. A. Guedez, S. Frömmel, P. Diehl, W. Püttmann, Occurrence and temporal variations of TMDD in the river Rhine, Germany, *Environ Sci Pollut Res* (2010) 17: S. 321 - 330
- [5.7] Ruhr Gütebericht 2008, Essen, S.68 - 79
- [5.8] J. Will, Ch. Högel, R. Klopp, Vorkommen und Herkunft der Industriechemikalien Benzotriazole und TMDD im Oberflächenwasser und kommunalen Abwasser - Beispiel Ruhr, *KA Korrespondenz Abwasser, Abfall* (2013) 60 Nr. 8: S. 684 - 690
- [5.9] Bergmann, A., Fohrmann, R., Weber, F.-A.: Zusammenstellung von Monitoringdaten zu Umweltkonzentrationen von Arzneimitteln, 66/2011

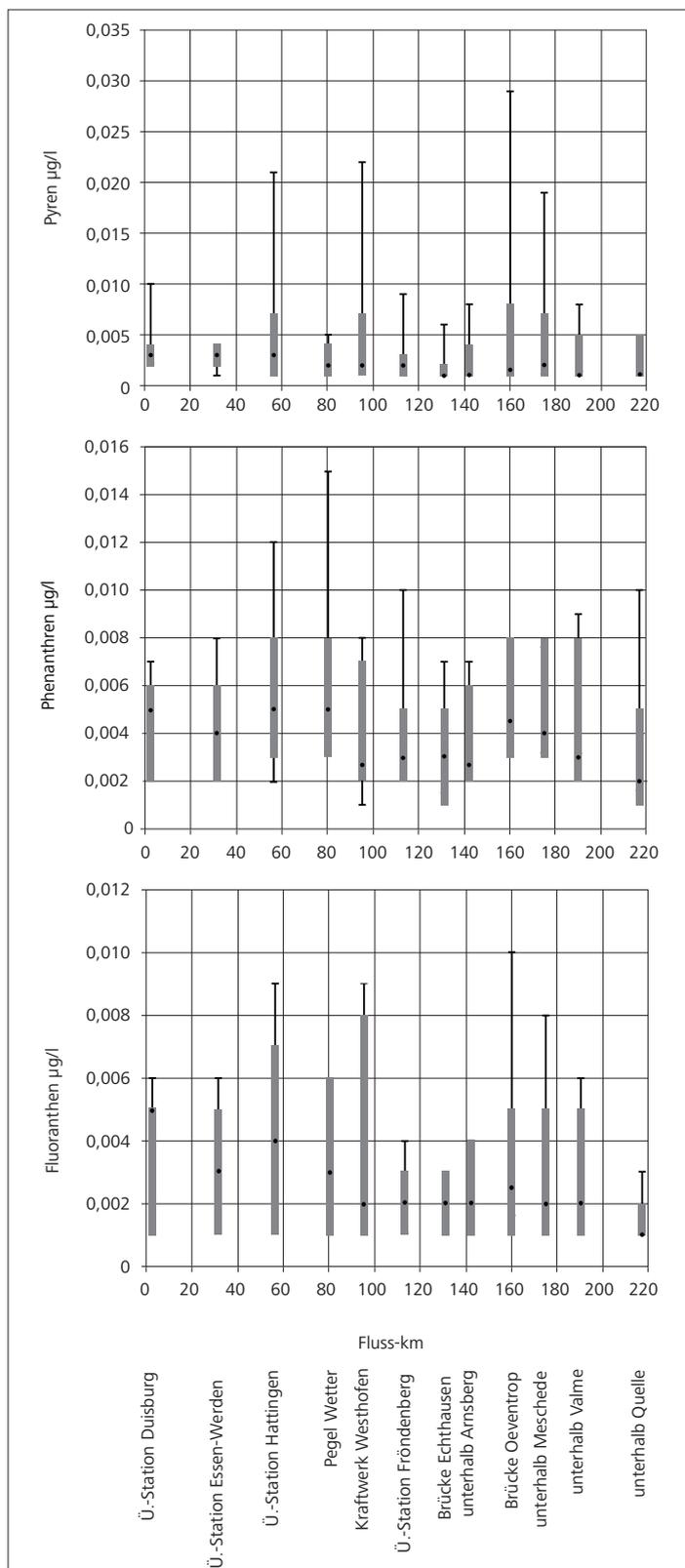


Bild 5.8: Ruhrlängsuntersuchungen 2012, statistische Daten ausgewählter Polyzyklischer Aromatischer Kohlenwasserstoffe (PAK)
 Fig. 5.8: Examinations along the Ruhr in 2012, statistical data on selected polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs)

Bei einer Bestimmungsgrenze von 1 bis 2 µg/l traten in der Ruhr bei Essen-Rellinghausen für DTPA in 95 % und für EDTA in 90 % der Proben positive Befunde auf (Bild 5.13). Die mittleren Konzentrationen der beiden Stoffe lagen für DTPA bei 9,0 µg/l und für EDTA bei 6,6 µg/l. Entsprechend dieser vergleichsweise hohen Konzentrationen gehören die Transportraten der Komplexbildner DTPA und EDTA zu den höchsten der analysierten organischen Mikroverunreinigungen (Bild 5.7).

Arzneimittelrückstände und Diagnostika

Die Arzneimittelverbrauchsmengen sind ausgehend vom Jahr 2002 bis 2009 um durchschnittlich 28 % gestiegen, wie in einer im Jahr 2011 erschienenen Studie des Rheinisch-Westfälischen Instituts für Wasserforschung (IWW) im Auftrag des Umweltbundesamtes (UBA) zu Monitoringdaten von Arzneimitteln in Oberflächenwässern festgestellt wurde [5.9]. Erkenntnisse der letzten Jahre zeigen, wie die Verbesserung der analytischen Möglichkeiten einerseits und die Vielfalt in der Medikation andererseits die Anzahl der in der Umwelt vorkommenden und identifizierten Stoffe ansteigen lässt. Eindeutige Angaben zum Arzneimittelverbrauch gibt es nicht, lediglich jährliche Hochrechnungen werden veröffentlicht. Für das Jahr 2011 sind demnach über Apotheken und Krankenhäuser insgesamt 38.000 Tonnen Arzneimittel mit 2.671 verschiedenen Wirkstoffen abgegeben worden. Schmerzmittel (mit 2.500 Tonnen) und Antibiotika (mit 500 Tonnen) gehören zu den meistverkauften Wirkstoffgruppen [5.10].

Über 150 Arzneimittelwirkstoffe, davon 24 mit hoher Relevanz, wurden bislang in Oberflächengewässern, Sedimenten, Grundwässern und Böden nachgewiesen [5.9,5.11]. Auf Basis des Konsums von etwa zwei Litern Wasser pro Tag liegen die detektierten Konzentrationen der Arzneimittelwirkstoffe in der Umwelt in der Regel weit unterhalb der therapeutischen Dosen. Über ökotoxikologische Wirkungen nach Langzeitbelastungen der Gewässer mit Arzneimittelrückständen ist noch wenig bekannt [5.11]. Verschiedene Verabreichungsformen (beispielsweise oral oder inhalativ) durchlaufen diverse Abbaumechanismen im menschlichen Organismus, so dass auch Metabolite eine wirksame Form des Arzneistoffes darstellen können und betrachtet werden.

Ausgewählte Substanzen des Untersuchungsprogramms in 2012 sind in Tabelle 5.1 aufgeführt. Die Gehalte dieser Stoffe wurden in der Ruhr bei Essen-Rellinghausen in der Regel wöchentlich untersucht. In Bild 5.14 sind die Median- und Maximalkonzentrationen sowie die Häufigkeiten der Befunde oberhalb der Bestimmungsgrenze von 0,01 bzw. 0,001 µg/l für die untersuchten Arzneimittelrückstände dargestellt. Die Schmerzmittel Ibuprofen, Naproxen, Diclofenac und der Metabolit des Antibiotikums Sulfamethoxazol (Acetyl-Sulfamethoxazol) wurden in allen Proben bei Essen-Rel-

[5.10] Schuldt-Baumgart, N.: Arzneimittelrückstände im Wasser – Lösungen liegen bei den Verursachern, 2013, <http://idw-online.de> (Zugriff März 2013)

[5.11] <http://www.umweltbundesamt.de/chemikalien/arzneimittel/index.htm> (Zugriff Februar 2013)

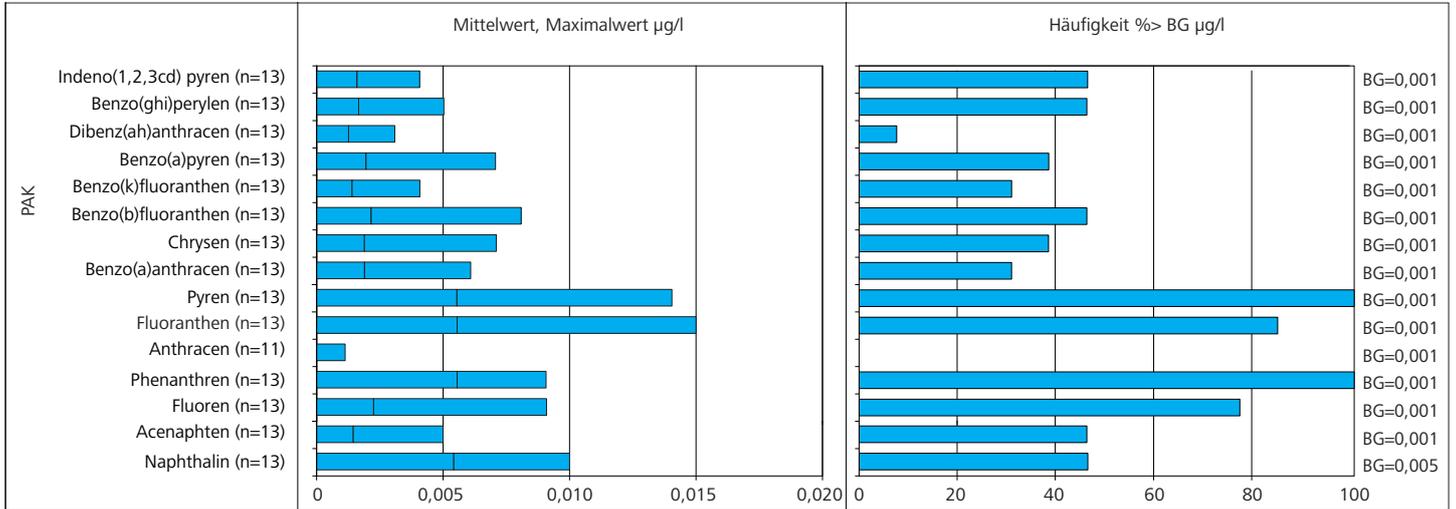


Bild 5.9: Häufigkeiten, Mittelwerte und Maximalkonzentrationen Polyzyklischer Aromatischer Kohlenwasserstoffe in der Ruhr bei Essen-Rellinghausen (BG = Bestimmungsgrenze)
 Fig. 5.9: Frequencies, means and maximum concentrations of polycyclic aromatic hydrocarbons in the Ruhr at Essen-Rellinghausen (BG = quantification limit)

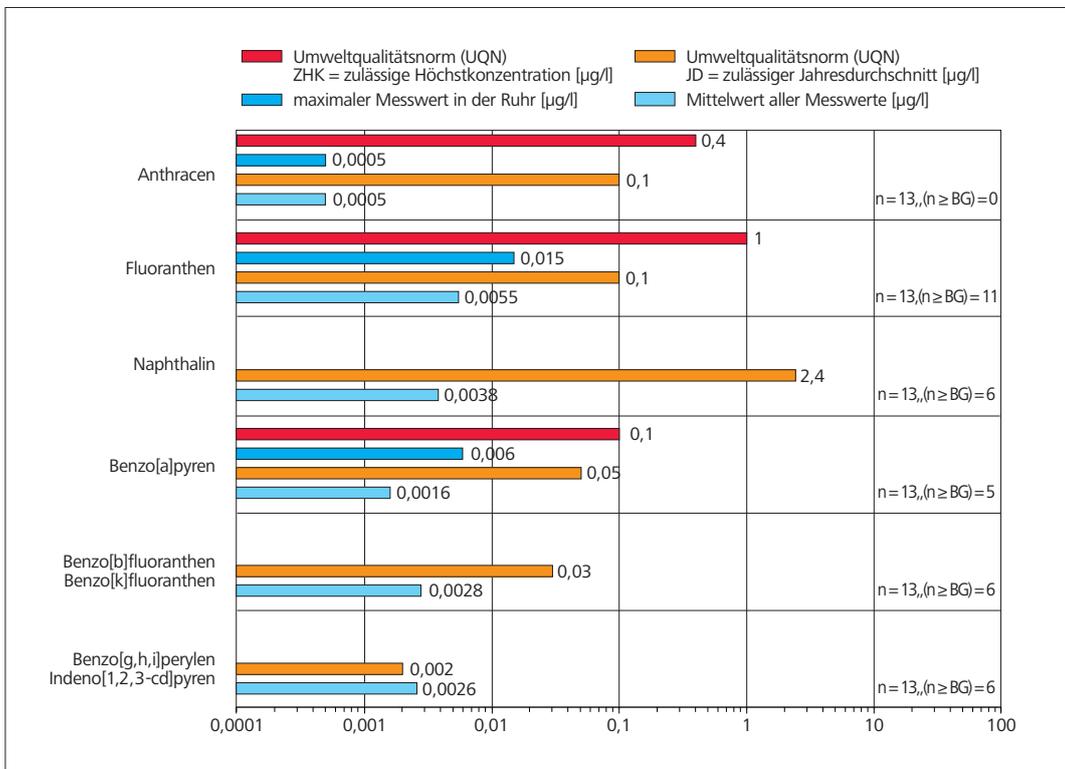


Bild 5.10: Umweltqualitätsnormen (UQN) Polyzyklischer Aromatischer Kohlenwasserstoffe im Vergleich zu den Messwerten in der Ruhr
 Fig. 5.10: Environmental Quality Standards for polycyclic aromatic hydrocarbons compared to values measured in the Ruhr

linghausen mit Befunden oberhalb der Bestimmungsgrenzen nachgewiesen. Der höchste Wert unter diesen vier Stoffen ist für Diclofenac mit 0,21 µg/l im Dezember zu verzeichnen. Die vorliegenden Befunde für das Schmerz- und Fiebermittel Paracetamol und auch der anderen Analgetika bestätigen wiederum das Einnahmemuster, welches sich in durchschnittlich höheren Konzen-

trationen der Stoffe in den Wintermonaten widerspiegelt. Dabei sind Anstiege der Gehalte um mehrere Hundert Prozent nicht ungewöhnlich.

Das Antiepileptikum Carbamazepin und das Antibiotikum Sulfamethoxazol sind mit den dritt- und vierthöchsten Maximal- und

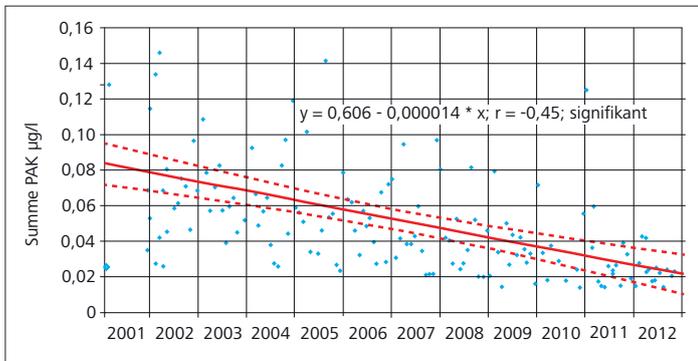


Bild 5.11: Entwicklung der Konzentrationen Polyzyklischer Aromatischer Kohlenwasserstoffe in der Ruhr, Summe PAK, Probenahmestellen der Ruhr längsuntersuchungen

Fig. 5.11: Development of the concentrations of polycyclic aromatic hydrocarbons in the Ruhr, combined PAHs, sampling points of the examinations along the Ruhr

Medianwerten bestimmt worden: der Median liegt bei 0,11 µg/l für Carbamazepin und bei 0,09 µg/l für Sulfamethoxazol. Die höchsten Gehalte sind für Carbamazepin mit 0,15 µg/l und für Sulfamethoxazol mit 0,13 µg/l aufgetreten. Mit 0,36 µg/l wurde im Februar 2012 für den Betablocker Metoprolol die Maximalkonzentration unter den Arzneimittelrückständen gemessen. Der Median liegt mit 0,22 µg/l auf Vorjahresniveau. Für Ritalinsäure traten bei Essen-Rellinghausen ein Medianwert von 0,029 µg/l und eine Maximalkonzentration von 0,053 µg/l auf, womit das Niveau des letzten Berichtsjahres etwas unterschritten wurde.

Im Längsverlauf der Ruhr zeigen alle Arzneimittelrückstände einen Zuwachs der detektierten Konzentrationen in Fließrichtung (s. Bild 5.15), was ein Hinweis auf relevante Einträge aus kommunalen Kläranlagen ist. Von den einzelnen Wirkstoffen bzw. den Metaboliten finden sich relevante Befunde ab Ruhr-km 175,32 (unterhalb von Meschede).

Das Antiphlogistikum Diclofenac zeigt in Fließrichtung einen schwankenden Verlauf der Medianwerte, wobei der höchste Gehalt im Bereich der unteren Ruhr bei Essen-Werden auftrat. Die Medianwerte bewegen sich dort um 0,05 bis 0,08 µg/l und die maximale Konzentration wurde im Dezember mit 0,2 µg/l bei Essen-Werden (km 31,18) bestimmt.

Werden nun die statistischen Daten für Metoprolol, Carbamazepin, Sulfamethoxazol und Ritalinsäure im Längsverlauf der Ruhr betrachtet, wird die nahezu stetige Zunahme besonders deutlich. Der höchste Medianwert liegt mit 0,21 µg/l für Metoprolol und mit 0,11 µg/l für Carbamazepin kurz vor der Ruhrmündung bei Duisburg. Für Sulfamethoxazol ist der höchste Median mit 0,10 µg/l bei Essen-Werden zu beobachten. Für Metoprolol wurde im November 2012 mit 0,37 µg/l, für Carbamazepin mit 0,16 µg/l und für Sulfamethoxazol mit 0,13 µg/l im September bei Essen-Werden das Maximum erreicht. Ritalinsäure zeigt wie im Vorjahr einen auffälligen Zuwachs der Konzentration in Fließrichtung ab Fluss-km 80,66, wobei der Maximalwert von 0,06 µg/l im September bei Essen-Werden auftritt.

Hinsichtlich der Jahresfrachten in der Ruhr bei Essen-Rellinghausen ragt das Arzneimittel Metoprolol mit 0,28 t heraus (Bild 5.7), bleibt mit diesem Wert jedoch auf dem Niveau der Jahre 2011 mit 0,29 t und 2010 mit 0,30 t. Von den Substanzen Diclofenac, Car-

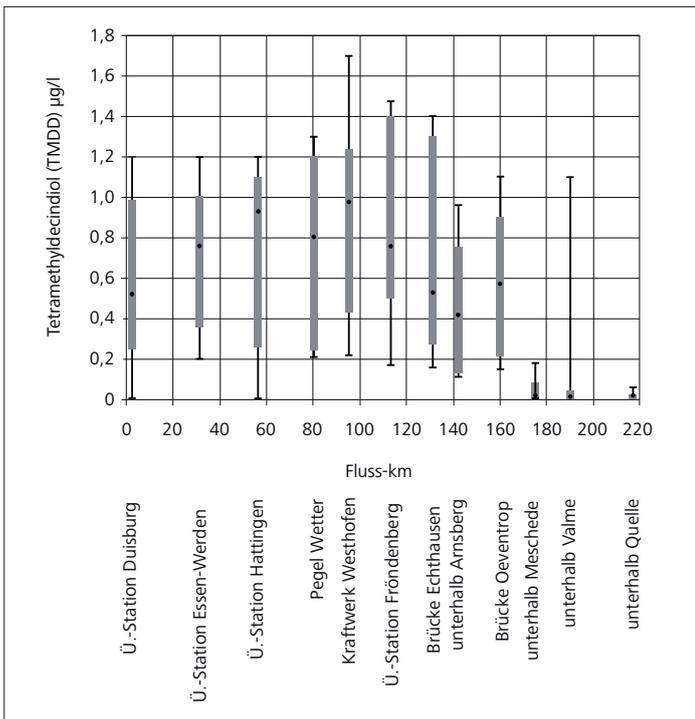


Bild 5.12: Ruhrlängsuntersuchungen 2012, statistische Daten TMDD

Fig. 5.12: Examinations along the Ruhr in 2012, statistical data, TMDD

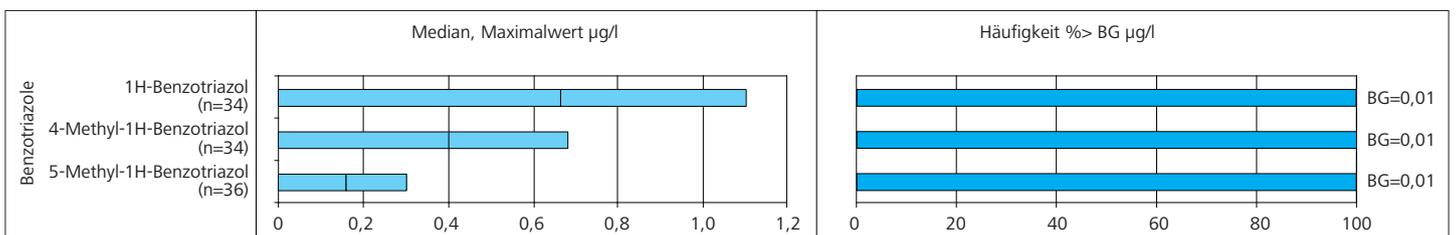


Bild 5.13: Häufigkeiten, Mittelwerte und Maximalkonzentrationen ausgewählter Synthetischer Komplexbildner in der Ruhr bei Essen-Rellinghausen (BG=Bestimmungsgrenze)

Fig. 5.13: Frequencies, means and maximum concentrations of selected synthetic complexing agents in the Ruhr at Essen-Rellinghausen (BG = quantification limit)

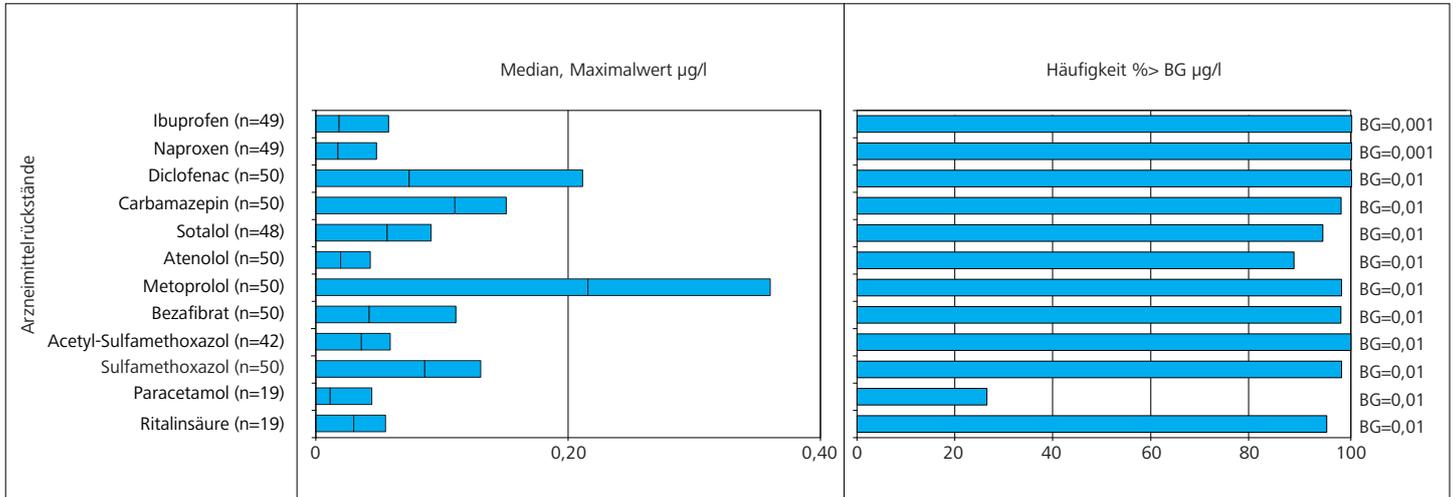


Bild 5.14: Häufigkeiten, Median- und Maximalkonzentrationen von Arzneimittelwirkstoffen in der Ruhr bei Essen-Rellinghausen (BG = Bestimmungsgrenze)
 Fig. 5.14: Frequencies, median and maximum concentrations of pharmaceuticals in the Ruhr at Essen-Rellinghausen (BG = quantification limit)

bamazepin und Sulfamethoxazol sind mit den Vorjahren vergleichbare Jahresfrachten von etwa 0,10 t bis 0,13 t ermittelt worden. Für alle vier Arzneistoffe wird innerhalb dieser drei Jahre eine geringe Abnahme der Frachten errechnet, die im Bereich von etwa 7 % für Metoprolol über 11 % für Sulfamethoxazol und bis zu 25 % für Diclofenac und Carbamazepin liegt.

Auch die Gehalte der iodierten Röntgenkontrastmittel wurden in der Ruhr bei Essen-Rellinghausen wöchentlich untersucht. Die Häufigkeiten der Befunde oberhalb der Bestimmungsgrenze von 0,04 µg/l sowie die Median- und Maximalkonzentrationen der Substanzen Amidotrizoesäure, lomeprol, loversol, lopromid, lohexol und lopamidol sind im Bild 5.16 dargestellt.

Im Berichtszeitraum wurden bis auf das loversol die übrigen Diagnostika in über 70 % der untersuchten Proben mit Konzentrationen oberhalb der Bestimmungsgrenze analysiert (Bild 5.16). Das loversol unterscheidet sich von den übrigen Substanzen sowohl in Bezug auf seine vergleichsweise niedrige Häufigkeit an Befunden, als auch beim Medianwert von 0,04 µg/l und in der Maximalkonzentration von nur 0,11 µg/l, die im März auftrat. Das lomeprol hebt sich mit dem höchsten Mittelwert von 0,73 µg/l und dem Median von 0,68 µg/l von den übrigen iodierten Kontrastmitteln ab. Die höchste Konzentration betrug 1,6 µg/l.

Der Vergleich der Befunde zum Vorjahr zeigt auch hier einen leichten Rückgang.

Für das lopamidol in der Ruhr bei Essen-Rellinghausen sind die mittleren Konzentrationen und Frachten in den Jahren 2011 und 2012 nahezu konstant geblieben. Im Berichtsjahr liegt der Maximalwert bei 0,85 µg/l und der Median bei 0,55 µg/l und somit auf dem Niveau der Amidotrizoesäure.

Im Längsverlauf der Ruhr wurden im mittleren und unteren Bereich für alle untersuchten Diagnostika Werte oberhalb der Bestimmungsgrenze beobachtet, wofür der zunehmende Abwasseranteil verantwortlich ist. Der nahezu stetige Anstieg der Mediane für Amidotrizoesäure, lomeprol und lopamidol im Fließverlauf ist in Bild 5.15 zu erkennen. Dieser fällt im mittleren bis unteren Bereich der Ruhr bei der Amidotrizoesäure und dem lomeprol besonders stark auf. Letzteres weist eine Maximalkonzentration von jeweils 1,4 µg/l im Bereich der unteren Ruhr bei Wetter und bei Essen-Werden (Fluss-km 80,66 und 31,18) auf. Im Vorjahr wurde bei ähnlichen Medianwerten ein Maximum von 1,9 µg/l bei Hattingen (Fluss-km 56,7) detektiert. Die Amidotrizoesäure liegt mit einem Maximalwert von 0,82 µg/l, der im Juni bei Essen-Werden auftrat, auf dem Niveau des Vorjahres (Maximalwert von 0,88 µg/l bei Duisburg, km 2,65). Ab der Brücke Echthausen (Ruhr-km 142,25) erhöht sich der Median des lopamidols auf 0,53 µg/l im Vergleich zu den Werten im oberen Flussbereich (nahe der Bestimmungsgrenze). Der Maximalbefund von 1,9 µg/l wurde bei Fröndenberg (Fluss-km 113,78) beobachtet (siehe Bild 5.15). Im Vorjahr lagen die Maximalwerte für lopamidol in Duisburg (km 2,65) und an der Brücke Echthausen (km 131,8) bei 1,1 µg/l.

Die Röntgenkontrastmittel lomeprol, lopamidol und Amidotrizoesäure weisen, wie auch in den Vorjahren, die höchsten Jahresfrachten der untersuchten Diagnostika und Arzneimittel auf. So wurden in 2012 bei Essen-Rellinghausen 0,91 t lomeprol, 0,60 t lopamidol und 0,51 t Amidotrizoesäure transportiert (Bild 5.7).

Benzotriazole

Benzotriazole werden mit den wichtigsten Verbindungen 1H-Benzotriazol und den Tolyltriazolen (4-Methyl-1H-Benzotriazol und 5-Methyl-1H-Benzotriazol) überwiegend als Korrosions- und Frostschutzmittel eingesetzt und gelten als schlecht abbaubar. Die Einsatzgebiete, wie Zusatz in Kühlflüssigkeiten und Schmierstoffen in

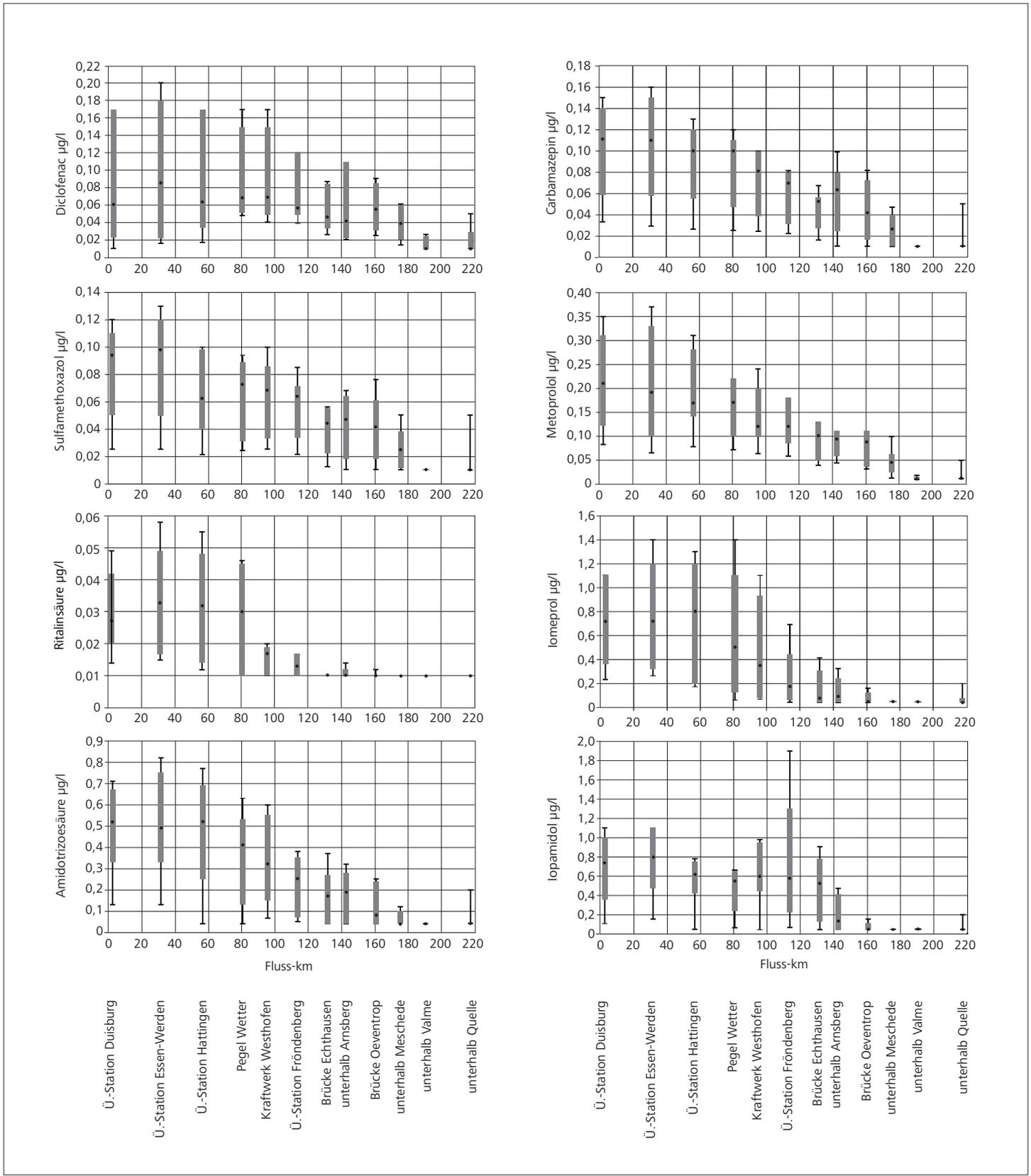


Bild 5.15: Ruhrlängsuntersuchung 2012, statistische Daten ausgewählter Arzneimittelwirkstoffe und Diagnostika
 Fig. 5.15: Examinations along the Ruhr in 2012, statistical data, selected pharmaceuticals and diagnostic agents

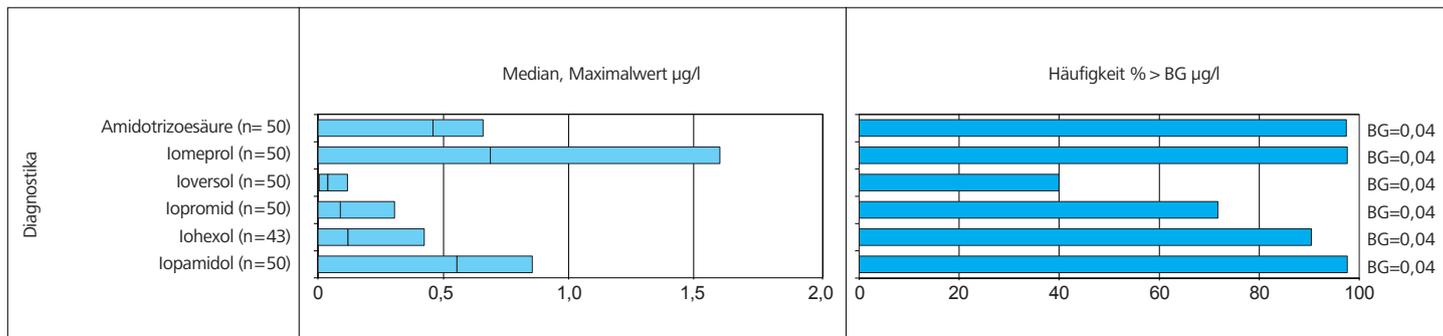


Bild 5.16: Häufigkeiten, Median- und Maximalkonzentrationen von Diagnostika in der Ruhr bei Essen-Rellinghausen (BG = Bestimmungsgrenze)
 Fig. 5.16: Frequencies, median and maximum concentrations of diagnostic agents in the Ruhr at Essen-Rellinghausen (BG = quantification limit)

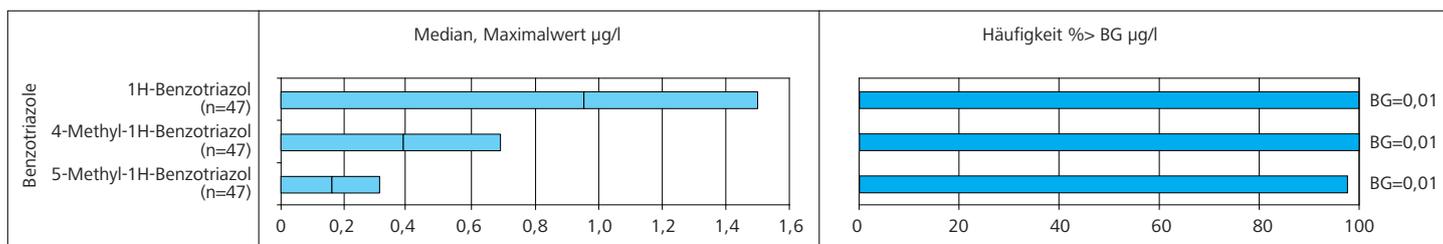


Bild 5.17: Häufigkeiten, Median- und Maximalkonzentrationen der Benzotriazole in der Ruhr bei Essen-Rellinghausen (BG = Bestimmungsgrenze)
 Fig. 5.17: Frequencies, median and maximum concentrations of benzotriazoles in the Ruhr at Essen-Rellinghausen (BG = quantification limit)

Motoren, Antischleiermittel in der Foto- und Druckindustrie [5.12] oder Desinfektionsmittel für Metalloberflächen, machen deutlich, dass diese Verbindungen relevante Anwendungen in der gewerblich/industriellen Fertigung, insbesondere auch im Metallbereich, haben. Auf eine(n) EinwohnerIn entfallen etwa 850 mg Benzotriazole im Jahr. Zur Flugzeugenteisung werden je Enteisungsvorgang etwa 2,5 bis 15 kg der Substanzgruppe verwendet [5.13].

Zu dieser Verbindungsklasse bestehen noch deutliche Datenlücken hinsichtlich der Ökotoxizität. Eine aktuelle Veröffentlichung zeigt, dass trotz des ubiquitären Auftretens dieser Stoffe in zahlreichen Gewässern „kein akuter Handlungsbedarf“ besteht [5.14]. Die Säugetiertoxizitäten sind mit ≥ 500 mg/kg als gering zu bewerten, ebenso die Ökotoxizität gegenüber Fischen, Daphnien und Algen. Das als schwach wassergefährdend (Wassergefährdungsklasse (WGK) 1) eingestufte 1H-Benzotriazol wird in einem Sicherheitsdatenblatt [5.12, 5.15] nach einer Selbsteinstufung in die WGK 2 eingeordnet und mit dem Hinweis „schädlich für Wasserorganismen“ beschrieben.

Die Gehalte der drei Hauptvertreter dieser Stoffgruppe werden in der Ruhr bei Essen-Rellinghausen wöchentlich untersucht. In Bild 5.17 sind die Median- und Maximalkonzentrationen sowie die Häufigkeiten der Befunde oberhalb der Bestimmungsgrenze von 0,01 µg/l dargestellt, wobei die Messwerte in beinahe allen Proben oberhalb dieser Größe liegen. Die Grafik macht deutlich, dass das 1H-Benzotriazol mit den höchsten Konzentrationen auftritt. Der Maximalwert von 1,5 µg/l wurde für 1H-Benzotriazol im Juni

detektiert. Der Median von 0,95 µg/l liegt etwa 40 % über dem Wert des Vorjahres. Die Tolytriazole bewegen sich mit ihren Medianen auf dem Niveau von 2011 (in 2012: 4-Methyl-1H-Benzotriazol: 0,39 µg/l und 5-Methyl-1H-Benzotriazol: 0,16 µg/l).

Im Längsverlauf der Ruhr fällt für alle drei Substanzen auf (in Bild 5.18), dass die Konzentrationen erst ab Fluss-km 175,32 (unterhalb von Meschede) merklich ansteigen. Die maximalen Gehalte an 1H-Benzotriazol sind mit 1,1 bis 1,3 µg/l im unteren Ruhrabschnitt am Pegel Wetter (Fluss-km 80,66) und in Duisburg (km 2,65) zu verzeichnen. Für 4-Methyl-1H-Benzotriazol treten die höchsten Werte von 0,9 µg/l und 1,1 µg/l im September des Berichtsjahres im Bereich Brücke Oeventrop (Fluss-km 160,72) und unterhalb von Arnsberg (Fluss-km 142,24) auf. Das 5-Methyl-1H-Benzotriazol weist ein Maximum von 0,28 µg/l in Duisburg auf.

[5.12] Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz Nordrhein-Westfalen (LANUV NRW) Bestandsaufnahme Benzotriazole in Oberflächenwasser und Abwasser in NRW, 2011

[5.13] Gemeinsamer Bericht des Bayerischen Landesamtes für Umwelt und des Bayerischen Landesamtes für Gesundheit und Lebensmittelsicherheit (LfU und LGL). Auftreten und Bewertung von Arzneimittelwirkstoffen, ausgewählten Metaboliten sowie weiterer polarer Spurenstoffe im Roh- und Trinkwasser aus oberflächenwasserbeeinflussten Gewinnungsanlagen, Glossar, 2010

[5.14] Baumann, M., Weiß, K., Schüssler, W., Kopf, W.: Ökotoxikologische Beurteilung von Benzotriazol, 4-Methyl-1H-Benzotriazol und 5-Methyl-1H-Benzotriazol für Binnengewässer. In: Vom Wasser 111, 2013, 1 S. 13-17

[5.15] Sicherheitsdatenblatt 1,2,3-Benzotriazol, AppliChem

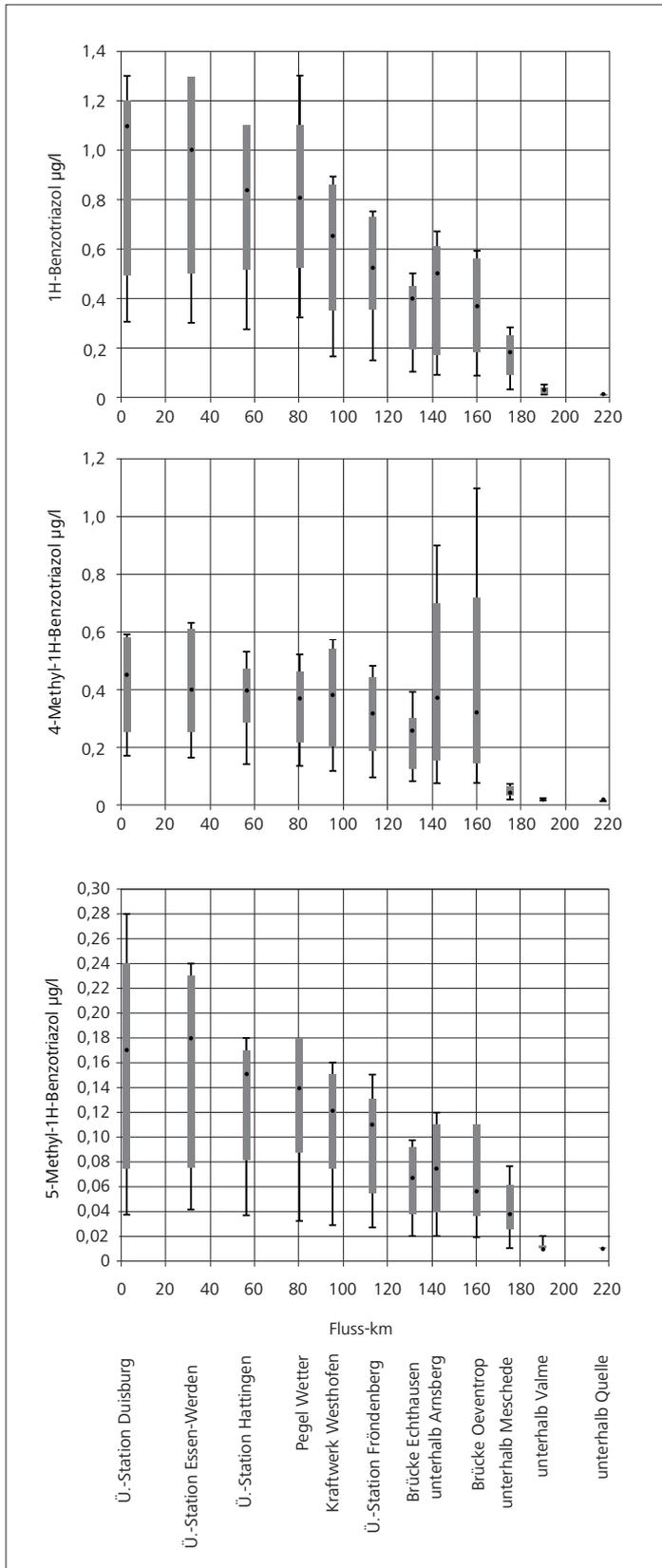


Bild 5.18: Ruhr längsuntersuchung 2012, statistische Daten, Benzotriazole
 Fig. 5.18: Examinations along the Ruhr in 2012, statistical data, benzotriazoles

Die Jahresfrachten in der Ruhr bei Essen offenbaren 1H-Benzotriazol mit 1,08 t als eine Mikroverunreinigung mit hoher Relevanz (siehe Bild 5.7), wobei hier seit 2010 ein rechnerischer Anstieg um etwa 20 % vorliegt. Dagegen ist bei den Tolyltriazolen eine Abnahme der transportierten Menge von 4-Methyl-1H-Benzotriazol mit 0,48 t (2010 und 2011 jeweils 0,57 t) und 5-Methyl-1H-Benzotriazol mit 0,20 t (2010: 0,27 t und 2011: 0,22 t) festzustellen.

Eine Bestandsaufnahme des LANUV zum Vorkommen von Benzotriazolen in Oberflächenwässern von Nordrhein-Westfalen (NRW) führte zu dem Ergebnis, dass eine ubiquitäre Belastung vorliegt, eine Gefährdung der Biozönose aber nicht zu besorgen ist [5.12]. Aus Messungen in NRW zwischen 2008 und 2011 konnte für das 1H-Benzotriazol ein Mittelwert von 1,04 µg/l ermittelt werden [5.16], was sehr gut mit den Werten in der Ruhr vergleichbar ist. Ausführlichere Betrachtung von Literaturdaten findet sich im Ruhr-gütebericht 2011 [5.17].

Synthetische Süßstoffe

Synthetische Süßstoffe werden in vielen Lebensmitteln als Zuckersubstitut eingesetzt. Ihre Süßkraft ist bis zu mehrere Tausend Mal höher als die von Tafelzucker. Zudem gelten sie als besonders zahnschonend und gesundheitlich unbedenklich. Derzeit sind in der EU folgende künstliche Süßstoffe zugelassen: Acesulfam, Aspartam, Aspartam-Acesulfamsalz, Cyclamat, Neohesperidin, Neotam, Saccharin, Steviol-Glycoside, Sucralose und Thaumatin [5.18]. Die ADI-Werte (Acceptable Daily Intake) für die synthetischen Süßstoffe liegen im Bereich von Milligramm pro Kilogramm Körpergewicht und Tag [5.18], so dass aus humantoxikologischer Sicht nach dem jetzigen Kenntnisstand keine Wirkungen zu besorgen sind (Unterschreitung der jeweiligen Tagesdosis bei typischen Verwendungsmengen).

Eine aktuelle humantoxikologische Bewertung findet sich zu dem künstlichen Süßstoff Aspartam, der durch die Europäische Behörde für Lebensmittelsicherheit (EFSA) vollständig neu bewertet wird. Im Gutachtenentwurf des Gremiums für Lebensmittelzusatzstoffe und Lebensmitteln zugesetzte Nährstoffquellen, der am 8. Januar 2013 vorgelegt wurde, gilt Aspartam bei der derzeitigen Exposition als unbedenklich. Der vom Scientific Committee on Food (SCF) festgelegte ADI-Wert für Aspartam ist mit 40 mg/kg Körpergewicht nicht besorgniserregend. Um diesen Wert zu erreichen, müsste nach Angaben der EFSA beispielsweise eine erwachsene Person mit einem Gewicht von 60 kg jeden Tag für den Rest ihres Lebens 12 Dosen (0,33 l) einer süßstoffhaltigen Limonade trinken, wobei das Aspartam im Bereich der zulässigen Verwendungshöchstmengen enthalten sein müsste. Tatsächlich werden aber niedrigere Mengen verwendet, so dass die EFSA in dem Entwurf zu dem Schluss kommt, dass Aspartam und seine im Körper entstandenen Abbauprodukte bei der derzeitigen Exposition in Bezug auf Toxizität für die Verbraucher unbedenklich sind [5.19]. Ökotoxikologische Daten zu Süßstoffen sind bisher kaum vorhanden, wobei teilweise lange Halbwertszeiten für den biologischen Abbau einen langen Verbleib in der Umwelt erwarten lassen.

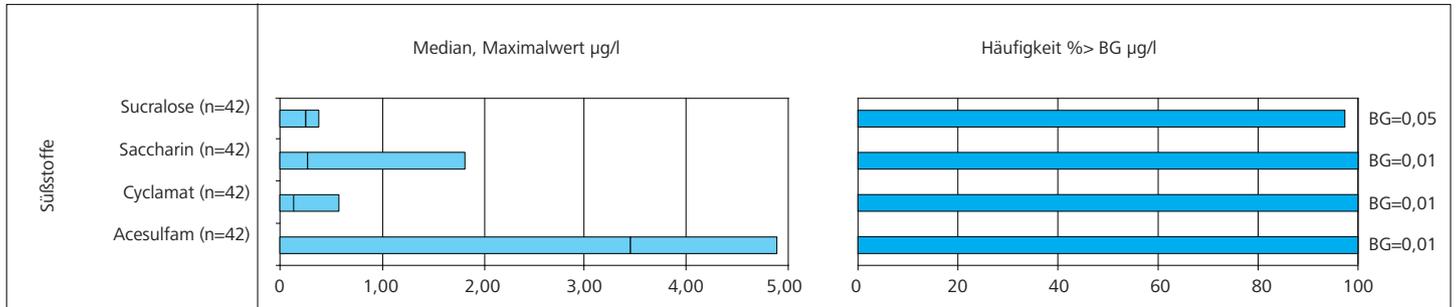


Bild 5.19: Häufigkeiten, Median- und Maximalkonzentrationen ausgewählter synthetischer Süßstoffe in der Ruhr bei Essen-Rellinghausen (BG = Bestimmungsgrenze)

Fig. 5.19: Frequencies, median and maximum concentrations of selected artificial sweeteners in the Ruhr at Essen-Rellinghausen (BG = quantification limit)

In Deutschland weist Acesulfam in Oberflächengewässern die höchsten Konzentrationen von den Süßstoffen auf. Da es schwer abbaubar und spezifisch für kommunale Kläranlagenabläufe ist, wird es als Tracer für Abwasser diskutiert und teilweise bereits in Forschungsprojekten untersucht, wodurch sich abwasserbürtige Anteile eines Gewässers ermitteln lassen [5.20]. Aus mengenmäßiger Sicht ist es nach derzeitigem Kenntnisstand als unkritisch zu betrachten, wenn Spuren Mengen der künstlichen Süßungsmittel ins Trinkwasser gelangen [5.21]. In einer Veröffentlichung zur Toxizität von Oxidationsprodukten, die nach der Ozonierung entstehen, nennt die US National Library of Medicine für die Amidosulfonsäure als Oxidationsprodukt des Cyclamats eine mittlere letale Dosis (LD₅₀-Wert) von 1,31 mg/kg bei Mäusen und 3,16 mg/kg bei Ratten und damit keine humantoxische Relevanz [5.21].

Das DVGW-Technologiezentrum Wasser (TZW) konnte in allen untersuchten Wässern (Abwasser, Oberflächen- und Trinkwasser) die vier Stoffe Acesulfam, Cyclamat, Saccharin und Sucralose nachweisen, wobei Kläranlagenzuläufe Konzentrationen von bis zu 190 µg/l für Cyclamat aufweisen. Während Cyclamat und Saccharin in den untersuchten Kläranlagen zu über 94 % eliminiert werden, ist die Entfernung von Acesulfam und Sucralose vernachlässigbar gering [5.22]. Acesulfam kommt von den analysierten Süßstoffen in den höchsten Konzentrationen in den Kläranlagenabläufen vor. Grund dafür ist vor allem die hohe Persistenz der Verbindung.

In deutschen Flüssen (Rhein, Main, Donau, Neckar) ergaben Analysen für die vier oben genannten Substanzen mittlere Konzentrationen zwischen 0,27 und 2,7 µg/l für Acesulfam, zwischen 0,01 und 0,35 µg/l für Saccharin sowie zwischen 0,03 und 0,32 µg/l für Cyclamat. Sucralose wies Werte zwischen 0,01 und 0,11 µg/l auf [5.22]. Untersuchungen von 12 Zuflüssen des Bodensees ergaben für Acesulfam die höchsten Konzentrationen, die sich zwischen 0,2 µg/l und 30 µg/l bewegten [5.23]. In einer Veröffentlichung zur Beurteilung organischer Spurenstoffe aus der Schweiz wird in oberirdischen Gewässern von durchschnittlichen Konzentrationen für Acesulfam von 4 µg/l und für Sucralose von 0,54 µg/l berichtet [5.24].

Im Kooperationslabor des Ruhrverbandes werden die Konzentrationen der sieben künstlichen Süßstoffe Acesulfam, Aspartam, Cyclamat, Saccharin, Sucralose, Neotam und Neohesperidin in der Ruhr gemessen. Von der Probenahmestelle bei Essen-Rellinghausen liegen bisher Ergebnisse von rund 40 Analysen des letzten Quartals 2012 auf diese Stoffgruppe vor. In nahezu allen Proben lagen die detektierten Konzentrationen von vier der sieben Substanzen oberhalb der Bestimmungsgrenze von 0,01 bzw. 0,05 µg/l (Bild 5.19).

Der Median für Acesulfam liegt nach diesen Untersuchungen bei 3,45 µg/l, für Saccharin bei 0,26 µg/l, für Sucralose bei 0,24 µg/l und für das Cyclamat bei 0,13 µg/l. Im Vergleich zu den durchschnittlichen Konzentrationen für die Mikroverunreinigungen in der unteren Ruhr liegt das Acesulfam direkt hinter DTPA und EDTA an dritter Stelle (siehe Bild 5.20).

Zusätzlich sind Proben von fünf Ruhrlängsuntersuchungen auf diese Stoffgruppe analysiert worden. Bei Acesulfam, Saccharin und Sucralose ist ein Anstieg der gemessenen Konzentrationen in

- [5.16] Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz Nordrhein-Westfalen (LANUV NRW) Mikroschadstoffe aus kommunalem Abwasser, 2013
- [5.17] Ruhrverband: Vorkommen von Benzotriazolen im Gewässer und Abwasser. In: Ruhrgütebericht 2011, S. 100-105
- [5.18] Deutscher Süßstoffverband e. V., <http://www.suessstoffverband.de> (Zugriff März 2013)
- [5.19] Europäische Behörde für Lebensmittelsicherheit (EFSA), <http://www.efsa.europa.eu/de> (Zugriff Februar 2013)
- [5.20] Scheurer, M., Brauch, H.-J., Lange, F. T.: Die süße Seite der Wassereanalytik. In: GIT Labor-Fachzeitschrift 10/2009, S. 660-663
- [5.21] Scheurer, M., Gedojohann, M., Wick, A., Happel, O., Ternes, T. A., Brauch, H.-J., Ruck, W. K. L., Lange, F.T.: Structural elucidation of main ozonation products of the artificial sweeteners cyclamate and acesulfame, *Environmental Science and Pollution Research* 19, 1107-1118, 2012
- [5.22] Scheurer, M., Brauch, H.-J., Lange, F.T.: Analysis and occurrence of seven artificial sweetener in German waste water and surface water, *Analytical & Bioanalytical Chemistry* 394, 1585-1594, 2009
- [5.23] IGKB- Bewertung, 2011, *Anthropogene Spurenstoffe im Bodensee und seinen Zuflüssen*, www.igkb.de/pdf/anthropogene_spurenstoffe_im_bodensee.pdf
- [5.24] Götz, C., Hollender, J., Kase, R.: Mikroverunreinigungen, Beurteilungskonzept für organische Spurenstoffe aus kommunalem Abwasser, 2010, Eawag

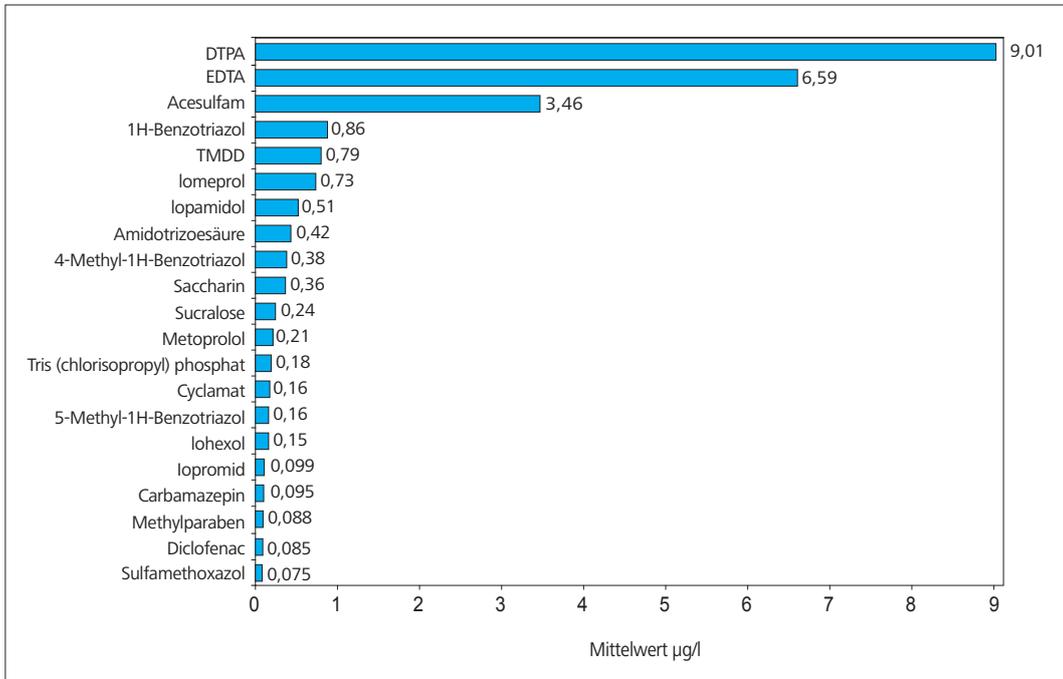


Bild 5.20: Mittlere Konzentrationen ausgewählter organischer Mikroverunreinigungen bei Essen-Rellinghausen 2012
 Fig. 5.20: Mean concentrations of selected organic micropollutants at Essen-Rellinghausen in 2012

Fließrichtung von Befunden kleiner der Bestimmungsgrenze bis etwa 0,3 µg/l (im Median) bei Saccharin und Sucralose und bis etwa 4 µg/l bei Acesulfam festzustellen (Bild 5.21).

Werden die aus den vorhandenen Messwerten berechneten Frachten in der Ruhr betrachtet, offenbart sich mit vier Tonnen Jahresfracht für Acesulfam eine Eintragsmenge, die noch über den Industriechemikalien TMDD bzw. 1H-Benzotriazol liegt (siehe Bild 5.7).

Perfluorierte Tenside

Von den organischen Mikroverunreinigungen ist die im Jahr 2006 festgestellte Belastung der Ruhr und Möhne mit Perfluorierten Tensiden, kurz PFT genannt, wohl die bekannteste. Die ermittelten hauptsächlich Eintragspfade waren zum einen kontaminierte Flächen im Einzugsgebiet der Möhne, aus denen über Elutionsvorgänge PFT in die Fließgewässer gelangte. Zum anderen sind die Einträge aus der metallbe- und -verarbeitenden Industrie zu nennen. Die Sanierung der o.g. Flächen im Möhneinzugsgebiet und die Verringerung der Anwendung bzw. Emission im gewerblich/industriellen Bereich führten dazu, dass in den letzten sechs Jahren die PFT-Konzentrationen in den Gewässern stetig zurückgegangen sind.

Das seit zwei Jahren schon niedrige Niveau der PFT-Konzentrationen in der Möhnetalsperre zeigt weiterhin eine abnehmende Tendenz (Bild 5.22). Zum Jahresende 2012 betrug der Gehalt für die Summe von Perfluorooctansäure (PFOA) + Perfluorooctansulfonsäure (PFOS) im Hauptbecken der Möhnetalsperre noch 40 ng/l, was einem Rückgang, bezogen auf Januar 2007, von 90 % entspricht. Auch die Konzentrationen der seit Mitte 2008 mit in das Untersuchungsprogramm aufgenommenen kurzkettigen PFT-Ver-

bindungen haben in dieser Zeit erheblich abgenommen. Offensichtlich setzt sich dieser Trend weiter fort. So wurde Ende des Jahres 2012 lediglich noch die Perfluorbutansäure (PFBA) mit einer Konzentration oberhalb der Bestimmungsgrenze von 10 ng/l nachgewiesen. Der im Dezember ermittelte Wert von 25 ng/l PFBA (Dezember 2011: 36 ng/l) betrug noch etwa 20 % der Gehalte, die im Jahr 2008 gemessen wurden.

An der Dauermessstelle in der Ruhr bei Essen-Rellinghausen („Zornige Ameise“) traten für PFOA nur noch in 4 % der Proben und für PFOS lediglich in 50 % der Proben Konzentrationen oberhalb der Bestimmungsgrenze von 10 ng/l auf (Bild 5.23). Die diesjährigen Mittelwerte betragen <10 ng/l bzw. 14 ng/l, so dass sich für die Summe dieser beiden Komponenten ein niedriger Wert von <24 ng/l ergibt (2011: 26 ng/l). Damit setzte sich auch hier die Tendenz abnehmender Konzentrationen weiter fort. Die höchsten Konzentrationen (Summe PFOA + PFOS) mit 37 bzw. 36 ng/l traten jeweils gegen Ende lang andauernder Niedrigwasserphasen im Frühjahr und Sommer auf, als das Verhältnis zwischen gereinigtem Abwasser und Ruhrwasser besonders hoch war. Bei den kurzkettigen PFT-Verbindungen wiesen lediglich die Perfluorbutansäure (15 % > BG) und die Perfluorbutansulfonsäure (60 % > BG) Werte oberhalb der Bestimmungsgrenze von 10 ng/l auf. Die entsprechenden Mittelwerte betragen 2012 <10 ng/l bzw. 15 ng/l.

Das inzwischen sehr niedrige Niveau der PFT-Konzentrationen in der Ruhr, das für die Summe von PFOA + PFOS seit 2010 ein Jahresmittel von 28 ng/l und einen Einzelwert von 49 ng/l nicht mehr überschritt, zeigt auch 2012 noch eine Tendenz zu niedrigeren Werten. Der entsprechende Trinkwasserzielwert von 100 ng/l wurde in den letzten drei Jahren selbst von den Maximalwerten um 50 % unterschritten.

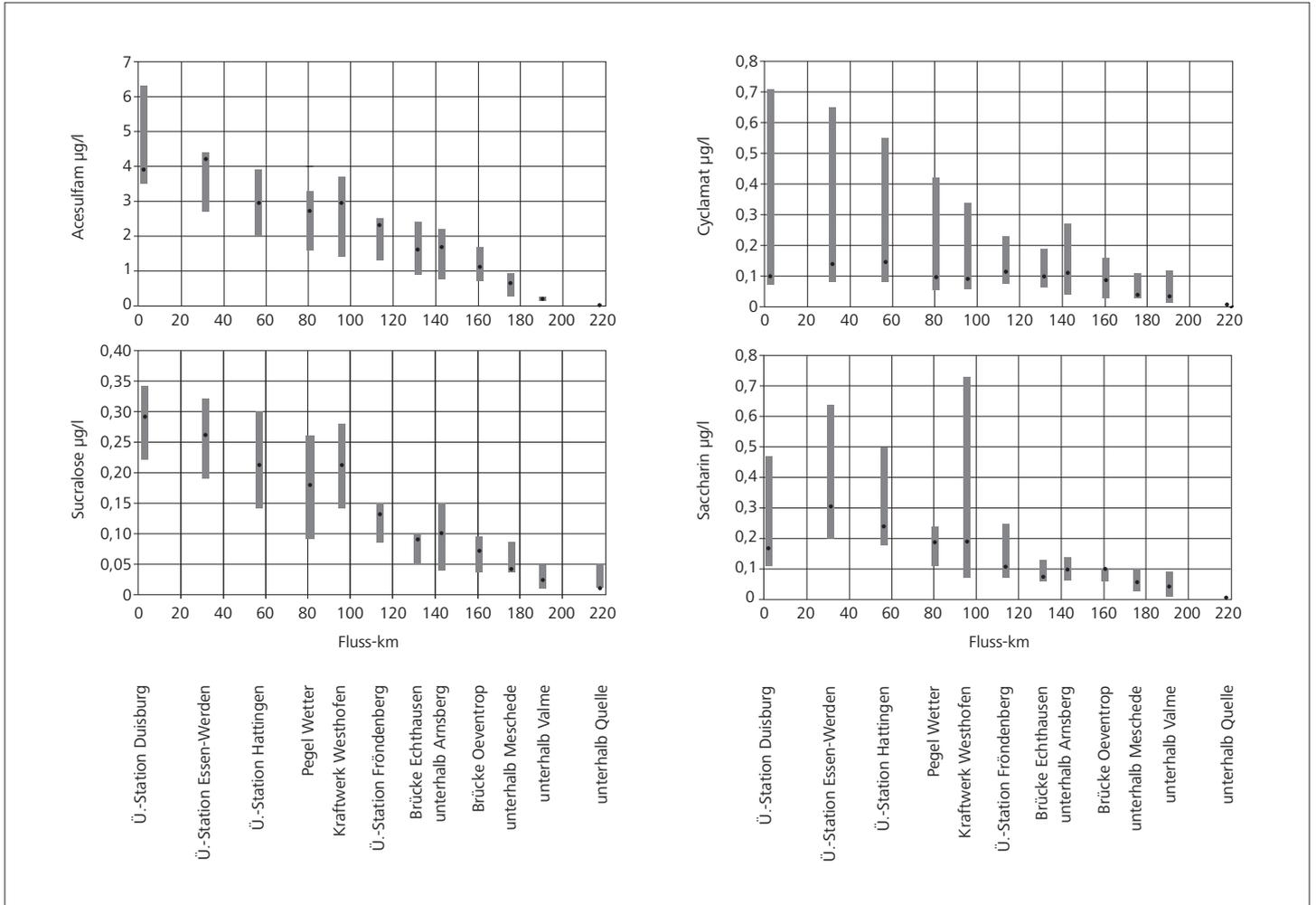


Bild 5.21: Ruhrlängsuntersuchung 2012, statistische Daten ausgewählter synthetischer Süßstoffe
 Fig. 5.21: Examinations along the Ruhr in 2012, statistical data, selected artificial sweeteners

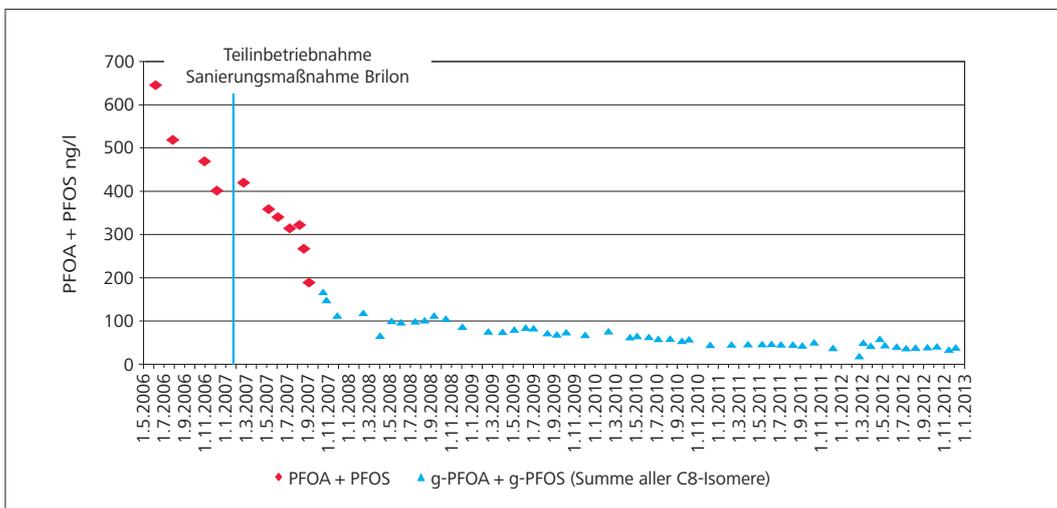


Bild 5.22: Konzentrationen an PFOA + PFOS in der Möhnetalsperre vor Mauer (Mittelwert aus Tiefenprofil)
 Fig. 5.22: PFOA + PFOS concentrations in the Möhne Reservoir before the dam (mean value from depth profile)

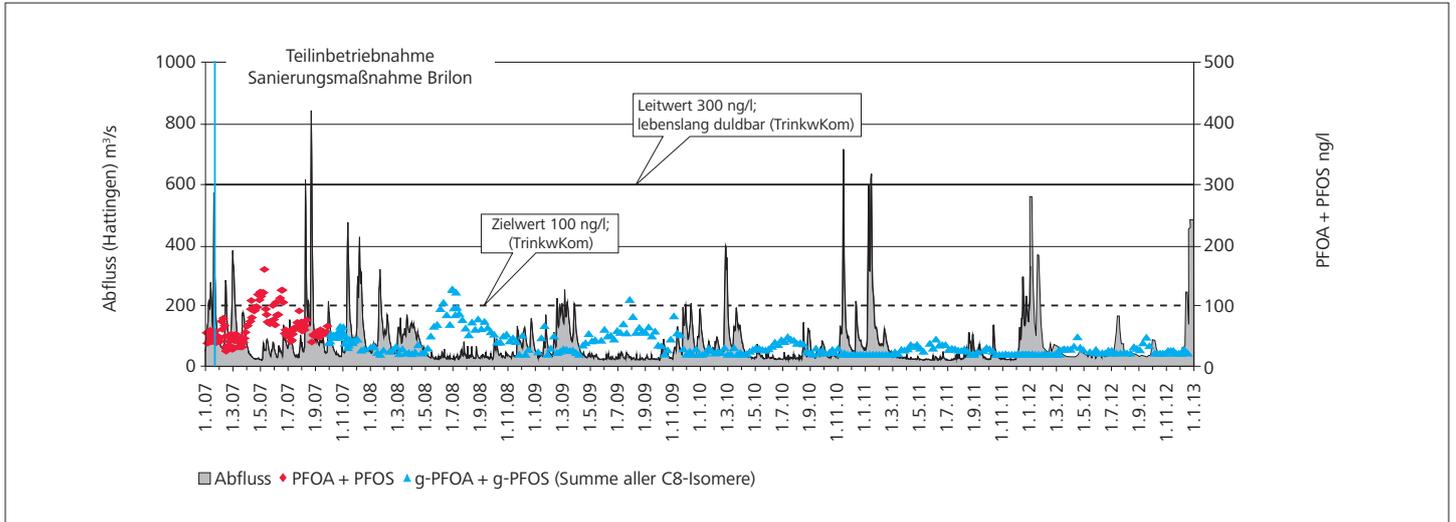


Bild 5.23: Konzentrationen an PFOA + PFOS und Abflüsse (Tagesmittel) in der Ruhr bei Essen
 Fig. 5.23: PFOA + PFOS concentrations and runoffs (daily means) in the Ruhr at Essen

Frachtbetrachtung

Mit den abnehmenden Konzentrationen in der Möhne und Ruhr ging auch ein Rückgang der an der Ruhrmündung transportierten PFT-Frachten einher. Während für die Summe aus PFOA + PFOS zu Beginn der regelmäßigen Messungen im Jahr 2007 im Mittel täglich noch 513 g in den Rhein flossen, waren es in diesem Jahr nur noch 109 g/d in den Rhein flossen, waren es in diesem Jahr nur noch 109 g/d (Bild 5.24). Dies bedeutet insgesamt für den betrachteten Zeitraum von sechs Jahren eine Frachtabnahme von knapp 80 %. Auch wenn der Rückgang der PFT-Belastung alle betrachteten Herkunftsbereiche gleichermaßen betrifft, hat sich der Anteil der PFT-Verbindungen, die aus Gewerbe und Industrie stammen, prozentual am stärksten verringert.

Der Frachtrückgang ist vor allem auf den Verzicht bzw. die Substitution von perfluorierten Tensiden im Produktionsprozess aber auch auf den Einsatz weitergehender Reinigungsverfahren, wie z.B. von Ionenaustauschern, zurückzuführen. Den Frachtrückgang im Ablauf der industriell geprägten Kläranlagen Werdohl und Rahmedetal in den Jahren 2007 bis 2012 zeigt Bild 5.25. Die Emission an PFT (PFOA + PFOS) aller Verbandskläranlagen lag im Jahr 2012 bei rund 31 g/d und somit im Vergleich zum Vorjahr um mehr als 40 % niedriger.

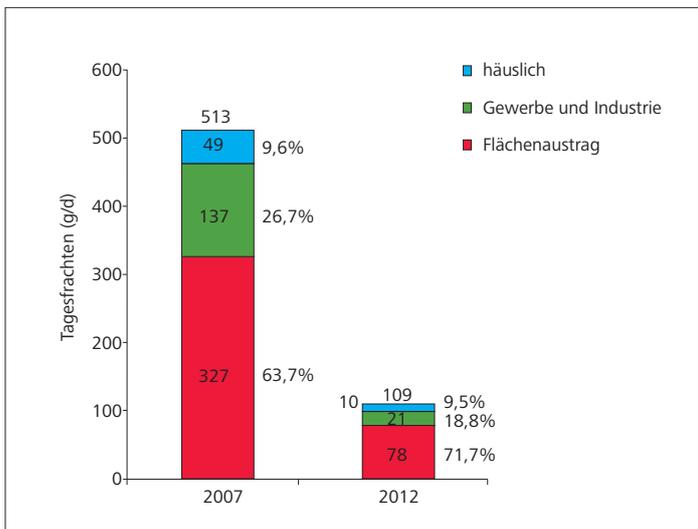


Bild 5.24: Herkunft der PFT-Frachten an der Ruhrmündung, 2007 und 2012
 Fig. 5.24: Origin of PFC loads at the Ruhr's mouth, 2007 and 2012

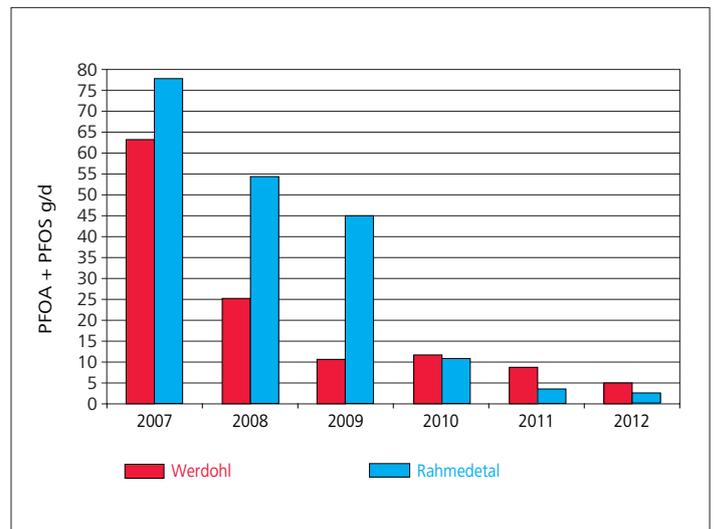


Bild 5.25: Zeitliche Entwicklung der PFT-Frachten (PFOA + PFOS) in den Abläufen der Kläranlagen Werdohl und Rahmedetal
 Fig. 5.25: Chronological development of PFC loads (PFOA + PFOS) in the outlets of the Werdohl and Rahmedetal sewage treatment plants

Spezielle Untersuchungsprogramme

6 Auftreten von seltenen Erden (Lanthanoiden) im Ruhrwasser

Die Lanthanoide (früher Lanthanide) zählen zu den Metallen der seltenen Erden, die auch High-Tech-Metalle genannt werden, und gehören heute zu den begehrtesten Rohstoffen der Welt. Dazu zählen die fünfzehn Lanthanoide (Cer, Dysprosium, Erbium, Europium, Gadolinium, Holmium, Lanthan, Lutetium, Neodym, Praseodym, Promethium, Samarium, Terbium, Thulium, Ytterbium) und die zwei Metalle der dritten Nebengruppe Scandium und Yttrium. Seltene Erden sind in der Erdkruste mehrere 1.000-fach häufiger anzutreffen als Gold. Das Vorkommen der mengenmäßig häufigsten seltenen Erden im Vergleich ist in Bild 6.1 dargestellt [6.1]. Ihre ähnlichen Eigenschaften lassen diese Metallgruppe immer gemeinsam in der Erdkruste auftreten. Die bedeutendsten Minerale sind der Bastnäsit (mit Lanthan, Cer, Neodym und Yttrium) und der Monazit (mit Lanthan, Cer, Neodym, Samarium), wobei in diesen und weiteren Mineralen auch andere Seltenerden vorkommen können [6.2].

Die weltweiten Reserven dieser Metalle werden auf 100 Mio. Tonnen geschätzt. Beim Abbau der seltenen Erden werden die Minerale mit Hilfe von Schwefel- oder Salzsäure aufgeschlossen und

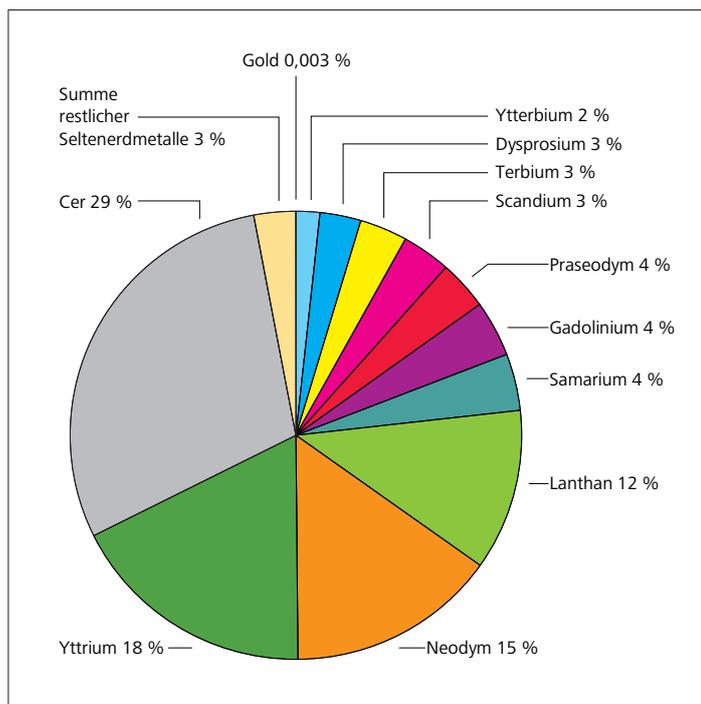


Bild 6.1: Relative Massenanteile der Seltenerdmetalle in der Erdhülle in Prozent

Fig. 6.1: Relative mass fractions of rare-earth metals in the Earth's crust in percentages

die Elemente über Ionenaustausch oder Extraktionen isoliert. Sie werden hauptsächlich in China (etwa 38 % der Weltreserven) abgebaut. Das Exportvolumen der seltenen Erden aus China stieg von 1979 bis 2006 schrittweise auf einen Spitzenwert von 57.400 Tonnen im Jahr. In 2008 gehörten Europa, die USA und Japan zu den wichtigsten Importeuren der seltenen Erden. Insgesamt wurden 2008 in Europa, Japan und die USA rund 78.000 Tonnen der Metalle importiert [6.3]. In Sachsen gibt es ein vor etwa vierzig Jahren von Geologen erkundetes Vorkommen, welches etwa 42.000 Tonnen Seltenerden mit einem hohen Anteil an Yttrium aufweist [6.4]. Die Möglichkeiten des Abbaus werden geprüft.

Die seltenen Erden sind silberfarbene, relativ weiche und reaktionsfähige Metalle. Der Zusatz geringer Mengen dieser Elemente zu Stählen verbessert die Festigkeit und erhöht die Korrosionsbeständigkeit [6.1]. Da einige Lanthanoide schon in metallischer Form magnetisch sind, werden ihre Verbindungen und Legierungen seit etwa 40 Jahren auf Eignung als Werkstoffe untersucht. So findet eine Terbium-Eisen-Cobaltlegierung in der Mini-Disc, einem Speichermedium, Verwendung. Des Weiteren wird eine Verbindung mit Yttrium und Europium für die Herstellung von Leuchtfarbstoffen in Fernsehbirnen und Monitoren (für die Rotkomponente) benötigt. Die Verbindungen des Neodyms erscheinen violett und sind Bestandteil des als Sonnenschutzbrille im Handel befindlichen Neophan-Glases. Cerdioxid wird zum Polieren von Glas und zur Behandlung der Innenwände selbstreinigender Öfen eingesetzt. Einige Lanthanverbindungen dienen als Katalysatoren beim Cracken von Erdöl [6.5]. Die durchschnittlich 20 Anwendungen für jedes der 17 Elemente [6.6], wie etwa bei der Herstellung von Solarzellen, Windturbinen, Energiesparlampen, Fernsehern und Glasfaserkabel, sind exemplarisch in der ausführlicheren Auflistung der Tabelle 6.1 genannt. Das Hybridauto als Beispiel für die Vielfalt der Einsatzmöglichkeiten skizziert mit der Anwendungsmenge von etwa 15 kg seltenen Erden den aktuellen Bedarf: das Element Cer wird im Glas zum UV-Schutz und als Politur, im Treibstoff als Additiv, in der Batterie, im Katalysator und in der Beleuchtung eingesetzt. Das Lanthan wird ebenfalls als Treibstoffadditiv, in der Batterie und im Katalysator benötigt. In den Elektromotoren und im Generator finden sich unter anderem Neodym, Praseodym, Dysprosium und Terbium [6.6].

Die Versorgung mit diesen Elementen könnte durch ein wirtschaftlich sinnvolles Recycling ergänzt werden, jedoch finden nennenswerte Rückgewinnungen bis auf wenige Ausnahmen zurzeit noch nicht im großen Maßstab statt. Bisher angewendete Verfahren sind extrem energie- und kostenintensiv [6.5].

[6.1] www.selteneerden.de (Zugriff März 2013)

[6.2] www.wikipedia.org (Zugriff März 2013)

[6.3] www.oeko.de, Hintergrundpapier Seltene Erden, Öko-Institut eV, Januar 2011 (Zugriff März 2013)

[6.4] Kersten, M.: Aktueller Begriff Seltene Erden, www.bundestag.de/dokumente/analysen/2010/seltene_erden.pdf (Zugriff Februar 2013)

[6.5] www.rz.uni-karlsruhe.de/~dg21/geochem0304/SE.pdf (Zugriff Februar 2013)

[6.6] Kickuth, R.: Seltene Erden: Kein Grund zur Panik. In: *Chemie-Leben-Biotechnik* 63. Jahrgang, Heft 4/2012, S.154-164

Tabelle 6.1: Anwendungsbeispiele ausgewählter Seltenerdmetalle
 Table 6.1: Examples for the use of selected rare-earth metals

Cer	Lanthan	Yttrium	Terbium	Gadolinium	Europium	Praseodym	Neodym	Samarium	Dysprosium
Energiesparlampen	Energiesparlampen	Energiesparlampen	Energiesparlampen	Energiesparlampen	Energiesparlampen	Motoren	Motoren	Motoren	Motoren
LED	LED	LED	LED	LED	LED	Generatoren	Generatoren	Generatoren	Generatoren
LCD-Bildschirme	LCD-Bildschirme	LCD-Bildschirme	LCD-Bildschirme	LCD-Bildschirme	LCD-Bildschirme	Festplatten	Festplatten	Festplatten	Festplatten
Plasma-Bildschirme	Plasma-Bildschirme	Plasma-Bildschirme	Plasma-Bildschirme	Plasma-Bildschirme	Plasma-Bildschirme	Kernspintomograph	Kernspintomograph	Kernspintomograph	Kernspintomograph
Laser	Laser	Laser	Laser	Laser	Laser	Lautsprecher	Lautsprecher	Lautsprecher	Lautsprecher
Legierungen für Stahl	Motoren	Poliermittel	Motoren	medizinische Diagnostik		Legierungen für Stahl	Legierungen für Stahl		
Zündgeräte	Generatoren	Glasadditive zur Färbung	Generatoren			Zündgeräte	Zündgeräte		
Batterien	Festplatten	Keramik-Kondensator	Festplatten			Batterien	Batterien		
Brennstoffzellen	Kernspintomograph	Auto-Katalysatoren	Kernspintomograph			Brennstoffzellen	Brennstoffzellen		
Leichtbau	Lautsprecher	Diesel-Zusatz	Lautsprecher			Leichtbau	Leichtbau		
Poliermittel	Legierungen für Stahl					Poliermittel	Poliermittel		
Glasadditive zur Färbung	Zündgeräte					Glasadditive zur Färbung	Glasadditive zur Färbung		
Keramik-Kondensator	Batterien					Keramik-Kondensator	Keramik-Kondensator		
Auto-Katalysatoren	Brennstoffzellen					Auto-Katalysatoren	Auto-Katalysatoren		
Diesel-Zusatz	Leichtbau					Diesel-Zusatz	Diesel-Zusatz		
	Poliermittel								
	Glasadditive zur Färbung								
	Keramik-Kondensator								
	Auto-Katalysatoren								
	Diesel-Zusatz								

Eine Sonderstellung nimmt unter dieser Metallgruppe das Gadolinium ein, da es sich durch das Einsatzgebiet als Kontrastmittel in der diagnostischen Medizin von den restlichen Seltenerden unterscheidet. Auf Grund seiner Humantoxizität in freier ionischer Form wird das Gadolinium nur als untoxische Komplexverbindung, beispielsweise als Diethylenetriaminpentaessigsäure-Chelat, verwendet [6.7].

Infolge des gestiegenen Verbrauchs in den letzten Jahren sind mittlerweile Flüsse in vielen Ländern neben dem in der medizinischen Diagnostik verwendeten und durch den Menschen ausgetragenen Kontrastmittel Gadolinium auch mit den anderen Metallen belastet. Eine neue Studie der Jacobs Universität in Bremen von 2011 und 2012 zeigt, dass im Rhein Lanthan und auch Sama-

rium nachgewiesen wurden. Der für das Lanthan gemessene Wert liegt bei Mainz etwa 46-fach höher als die Hintergrundbelastung, bei Bonn, Leverkusen und Neuss ist er bei etwa dem 25-fachen [6.8]. Aus diesen Untersuchungen [6.8, 6.9] wurde deutlich, dass pro Jahr mehrere Tonnen dieser Metalle mit Industrieabwässern nördlich von Worms ins Flusswasser gelangen. Während die gemessenen Konzentrationen im Unterlauf des Rheins und im Trinkwasser als nicht besorgniserregend gelten, liegen sie im Bereich der Einleitungsstelle um ein Mehrfaches über den Gehalten, ab denen ökotoxikologische Effekte (siehe weiter unten) beobachtet wurden [6.1, 6.9]. Für Gadolinium wurden im Rahmen dieser Untersuchungen erhöhte Konzentrationen bereits im Bodensee, die flussabwärts weiter ansteigen, bestimmt [6.10].

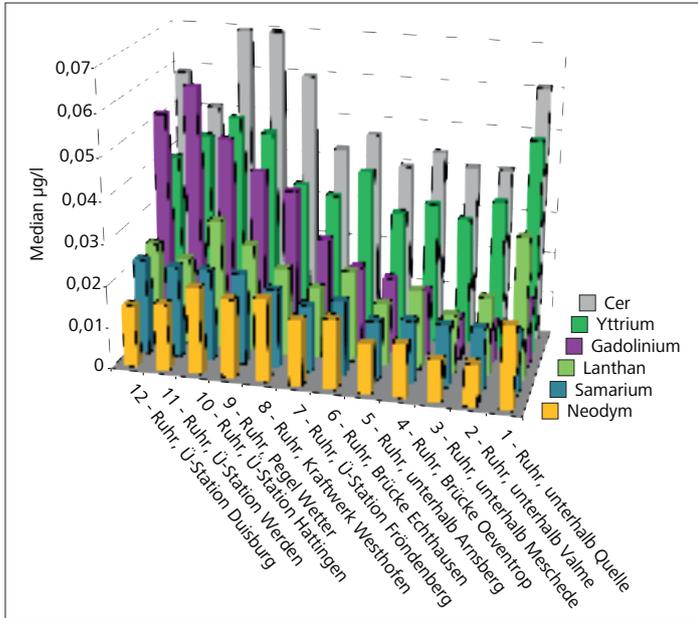


Bild 6.2: Medianwerte ausgewählter Seltenerdmetalle im Ruhrlängsverlauf
 Fig. 6.2: Median values of selected rare-earth metals in the course of the Ruhr

Daten zur Ökotoxikologie der seltenen Erden stehen nur aus wenigen Veröffentlichungen zur Verfügung. Verschiedene Gadolinium-Komplexe weisen bei sehr hohen, nicht in der Umwelt vorkommenden Konzentrationen (teilweise ab 200 g/l) eine toxische Wirkung auf. In einer Studie zur Bioakkumulation der Metalle in Karpfen zeigte sich eine geringe Anreicherung in den Fischen. Der Biokonzentrationsfaktor (BCF) für Gadolinium, der in den inneren Organen mit einem Maximalwert von 105 bestimmt wurde, of-

- [6.7] Neubert, C., 2008, Umweltverhalten und Ökotoxikologie von gadoliniumhaltigen Magnetresonanztomographie-Kontrastmitteln, Dissertation, opus.kobv.de/tuberlin/volltexte/2008/1939/pdf/neubert_claudia.pdf (Zugriff Februar 2013)
- [6.8] Bau, M.: Lanthan belastet den Rhein mit Konzentrationen bis zum 46-fachen des natürlichen Wertes. In: gwf-Wasser/Abwasser, Juni 2011, S. 597
- [6.9] Kulaksiz, S., Bau, M.: Anthropogenic dissolved and colloid/nanoparticle-bound samarium, lanthanum and gadolinium in the Rhine River and the impending destruction of the natural rare earth element distribution in rivers. In: Earth and Planetary Science Letters 362/2013, S. 43-50
- [6.10] Informationen der Jacobs University Bremen, <http://www.jacobs-university.de/2013/01/seltene-erden-im-rhein-hochtechnologie-metalle-werden-zum-umweltproblem> (Zugriff März 2013)

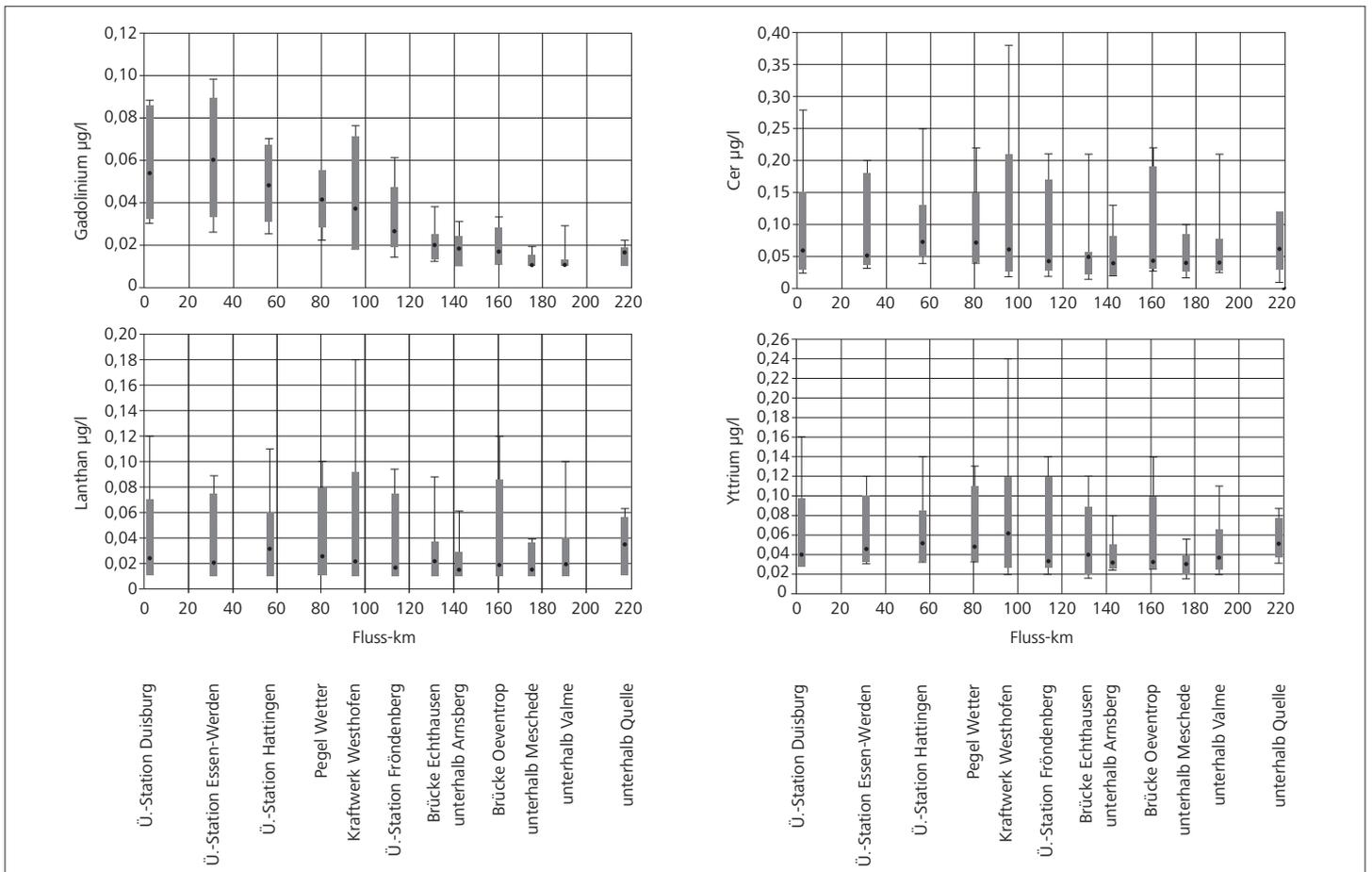


Bild 6.3: Ruhrlängsuntersuchungen 2012, statistische Daten ausgewählter Seltenerdmetalle
 Fig.6.3: Examinations along the Ruhr 2012, statistical data on selected rare-earth metals

fenbart, dass dieses Metall nicht bioakkumulierbar ist (bioakkumulativ: BCF>2000) [6.11]. In einer Veröffentlichung zur Ökotoxizität von Gadolinium wurde mit dem Wasserfloh als aquatischem Organismus eine mittlere effektive Konzentration (EC₅₀-Wert) von 6,76 mg/l bestimmt. Untersuchungen zur Akkumulation von Lanthan durch die kleine Wasserlinse (*Lemna minor*) offenbarten keine nachteiligen Effekte auf das Wachstum der Lemnaceen, aber eine Anreicherung von Lanthan konnte dennoch festgestellt werden [6.7].

Im Jahr 2012 sind im Rahmen der dreizehn Ruhrlängsuntersuchungen im Kooperationslabor des Ruhrverbands die Metalle der seltenen Erden gemessen worden. Von den 16 untersuchten Metallen (Scandium wird auf Grund analytischer Schwierigkeiten nicht mit erfasst) wurden sechs an allen Probenahmestellen der Ruhr mit Medianwerten oberhalb von jeweils 0,01 µg/l bestimmt. Dazu zählen Cer, Gadolinium, Lanthan, Neodym, Samarium und Yttrium (Bild 6.2). Mit Ausnahme des Gadoliniums ist bei den anderen Metallen ein eher ungleichmäßiger Verlauf der Medianwerte in Fließrichtung der Ruhr zu beobachten (siehe Bild 6.2). Cer erreicht die höchsten Medianwerte von 0,07 µg/l im Bereich der unteren Ruhr. Für Gadolinium wurde bei Essen-Werden (Fluss-km 31,18) ein Median von 0,06 µg/l ermittelt. In der Darstellung der statistischen Daten ausgewählter seltener Erden (Gadolinium, Cer, Lanthan und Yttrium) treten im Längsverlauf bei Fluss-km 95,15 (Kraftwerk Westhofen) Maximalwerte für Cer mit 0,38 µg/l, für Yttrium mit 0,24 µg/l und für Lanthan mit 0,18 µg/l auf (Bild 6.3). Für Gadolinium wurde die höchste Konzentration mit 0,09 µg/l bei Essen-Werden (Fluss-km 31,18) gemessen.

[6.11] Ehling, C.: Abschätzung des Bioakkumulationspotentials organischer Verbindungen in der menschlichen Nahrungskette. In: Beiträge des Instituts für Umweltsystemforschung der Universität Osnabrück Beitrag Nr. 48, 2008, www.usf.uos.de/usf/literatur/beitraege/texte/048-ehling.pdf (Zugriff März 2013)

7 Untersuchungen zur Eliminierung von organischen Mikroverunreinigungen auf der Kläranlage Schwerte

Die Möglichkeiten der Elimination von Mikroverunreinigungen bei der Abwasserbehandlung sind weiterhin Thema sowohl der Politik, der Umwelt- und Gesundheitsverwaltung als auch der Fachwelt und Öffentlichkeit [7.1]. Je nach Art und Einsatz der relevanten Stoffe stellen Einleitungen aus der Siedlungswasserwirtschaft einen bedeutenden Eintragspfad in die Gewässer, also auch in die Ruhr und ihre Nebengewässer, dar [7.2]. Die kommunale Abwasserbehandlung ist daher ein möglicher und wichtiger Ansatz für deren Reduzierung. Hierbei ist jedoch zu betonen, dass auch durch weitergehende Verfahren auf kommunalen Kläranlagen weder eine vollständige Entfernung der behandelten Stoffe noch eine Erfassung sämtlicher Mikroverunreinigungen im Wasserkreislauf möglich ist. Viele organische Mikroverunreinigungen werden im konventionellen Prozess der biologischen Abwasserreinigung nicht oder nur in unzureichendem Maße eliminiert. Erst die Etablierung einer auf chemischen und physikalischen Verfahren bzw. deren Kombination basierenden, sogenannten vierten Reinigungsstufe ermöglicht in vielen Fällen eine deutliche Abreicherung dieser Verbindungen im Abwasser. Für den Einsatz im kommunalen Bereich kommen hier insbesondere die Oxidation mittels Ozon sowie die Adsorption an Aktivkohle in Frage. Der Ruhrverband betreibt auf der Kläranlage Schwerte seit Oktober 2010 eine großtechnische Versuchsanlage, in der diese beiden Verfahren zur weitergehenden Abwasserbehandlung einzeln oder in Kombination eingesetzt werden [7.3, 7.4].

Im Rahmen des durch das Ministerium für Klimaschutz, Umwelt, Landwirtschaft, Natur- und Verbraucherschutz des Landes Nordrhein-Westfalens (MKULNV) finanziell geförderten Untersuchungs- und Entwicklungsvorhabens „Elimination von Arzneimittelrückständen in kommunalen Kläranlagen“ werden auf der Kläranlage Schwerte verschiedenste, von umfangreichen Laboruntersuchungen begleitete Betriebseinstellungen getestet. Die Arbeiten sind als Teilprojekt 6 (TP 6) in das Forschungs- und Entwicklungsprogramm des MKULNV zum Themenschwerpunkt „Elimination von Arzneimitteln und organischen Spurenstoffen. Entwicklung von Konzeptionen und innovativen, kostengünstigen Reinigungsverfahren“ eingebunden. Das Forschungsvorhaben gliedert sich inhaltlich und formal in zwei Phasen. Die Projektphase 1 wurde Ende Juni 2011 abgeschlossen. Im Fokus dieser Phase standen die Inbetriebnahme der Versuchsanlage und die Untersuchungen der Adsorptionsstufe mit Einsatz von Pulveraktivkohle [7.4, 7.5]. In der Projektphase 2, die ihren Abschluss im Frühsommer 2013 finden wird, wurden Untersuchungen zum Einsatz von Ozon sowie von Ozon und Pulveraktivkohle im Kombinationsverfahren durchgeführt.

Zielsetzung der Untersuchungen

Bei den Arbeiten auf der Kläranlage Schwerte steht die Eliminationsleistung der eingesetzten Reinigungsverfahren für die betrach-

teten organischen Mikroverunreinigungen in Abhängigkeit von den jeweiligen Randbedingungen bzw. Einfluss- und Steuergrößen im Mittelpunkt. Darüber hinaus werden Umsetzungs-, Strömungs- und Stoffflüsse der Versuchsanlage modellmäßig abgebildet, um eine Grundlage für Verfahrens- und Betriebsoptimierung zu bilden. Zusätzlich werden die Auswirkungen von Pulveraktivkohle und/oder Ozon auf den biologischen Prozess der Abwasserreinigung, insbesondere die Stickstoffelimination, untersucht. Zentrale Anliegen sind auch die Fragen des betrieblichen und finanziellen Aufwands für den Einsatz von Verfahren zur weitergehenden Elimination von Mikroverunreinigungen sowie die Erfahrungssammlung in der Praxis. Die Versuche sollen letztendlich der Entwicklung belastbarer und erprobter Handlungsempfehlungen für Bemessung, Planung, Bau und Betrieb dieser Verfahrenstechnik dienen [7.4].

Anlagenbeschreibung

Besonderes Merkmal der Kläranlage Schwerte ist die durchgängige Zweistraßigkeit der Anlage nach der Vorklärung einschließlich getrennter Schlammkreisläufe. Somit ist ein direkter Vergleich der konventionellen Verfahrenstechnik in der Referenzstraße (Straße 1)

- [7.1] Schley, A.: Niedrige Konzentration – hohe Wirkung, Symposium des Kompetenzzentrums Mikroschadstoffe.NRW: Bewertung, Maßnahmen, Kosten; In: Korrespondenz Abwasser, Abfall – 2012 (59) Nr. 9, S.794-796
- [7.2] Ruhrverband: Mikroverunreinigungen im Ablauf kommunaler Kläranlagen. In: Ruhrgütebericht 2011, Essen, S. 92-99
- [7.3] Grünebaum T., Evers, P.: Erfahrungen aus Planung und Bau einer Ozonierungs- und Pulveraktivkohleanlage auf der Kläranlage Schwerte. In: Gewässerschutz Wasser Abwasser, Bd. 220/2010, S. 29/1-29/16
- [7.4] Ruhrverband: Untersuchungen zur Eliminierung von Mikroverunreinigungen auf der Kläranlage Schwerte. In: Ruhrgütebericht 2010, Essen, S. 86-92
- [7.5] ARGE (2011): Elimination von Arzneimittelrückständen in kommunalen Kläranlagen. Schlussbericht Phase 1 der „Arbeitsgemeinschaft Spurenstoffe NRW, Teilprojekt 6“ (Arge), gerichtet an das Ministerium für Klimaschutz, Umwelt, Landwirtschaft, Natur- und Verbraucherschutz des Landes Nordrhein-Westfalens (MKULNV) (<http://www.lanuv.nrw.de/wasser/abwasser/forschung/abwasser.htm>)

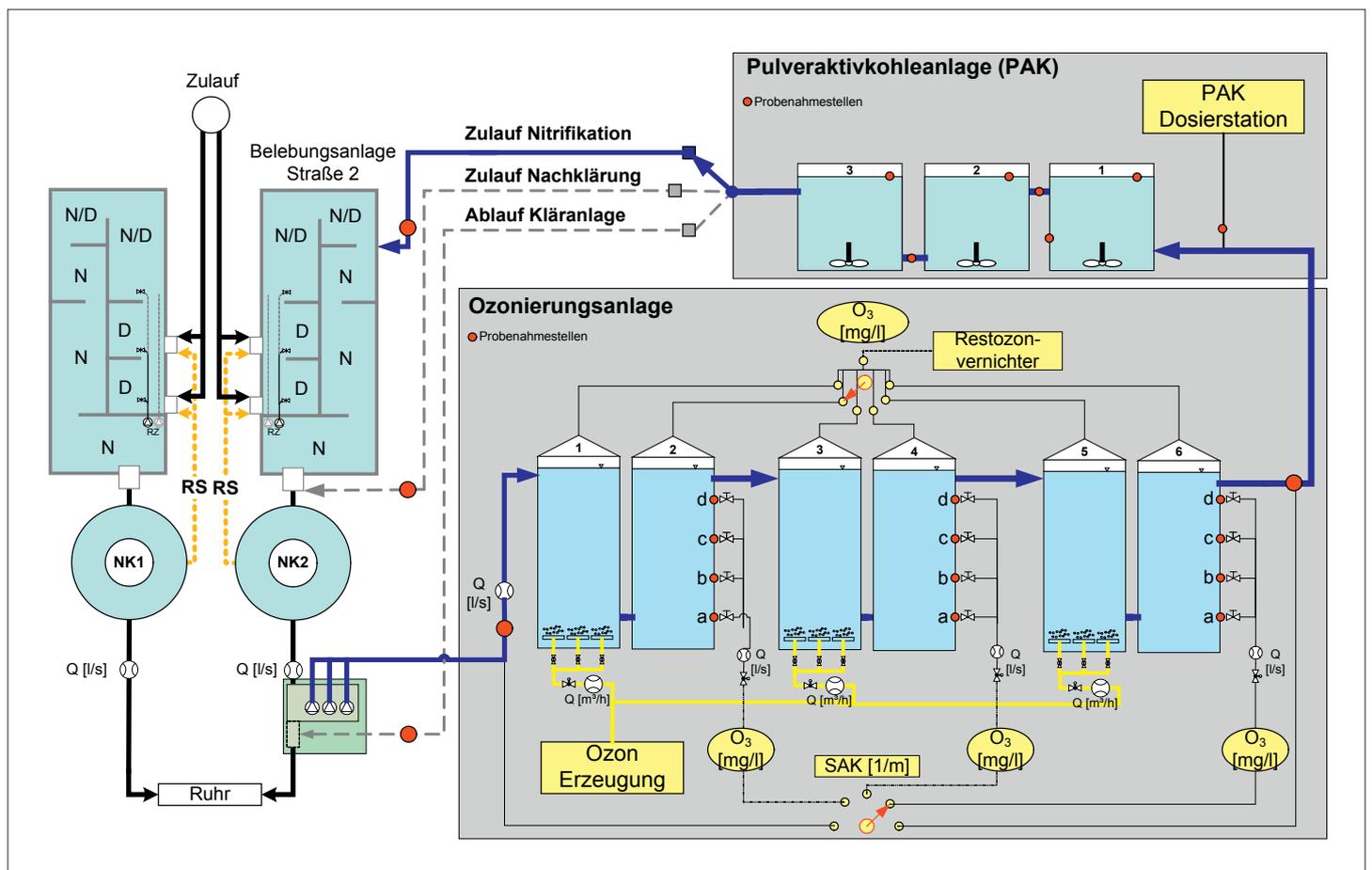


Bild 7.1: Vereinfachtes Fließschema der Kläranlage Schwerte, großtechnische Ozonierungs- und Pulveraktivkohleanlage
 Fig. 7.1: Simplified flowing scheme of the sewage treatment plant in Schwerte, large-scale ozonation and powdered activated carbon facility

mit der weitergehenden Behandlung in der Versuchsstraße (Straße 2) hinsichtlich Elimination der analysierten Mikroverunreinigungen und der Auswirkungen der Rückführung der Pulveraktivkohle bzw. des ozonisierten Abwassers auf die biologische Reinigungsstufe möglich. Die weitergehende Abwasserbehandlung erfolgt hierbei nach dem Verfahren der „dynamischen Rezirkulation“, bei dem ein Teilstrom des Ablaufs der Versuchsstraße der Versuchsanlage zugeführt und nach Zugabe von Pulveraktivkohle und/oder Ozon in den aeroben Teil des Belebungsbeckens eingeleitet wird. Das vereinfachte Fließschema der Kläranlage Schwerte ist in Bild 7.1 dargestellt. Ausführlich wurde das Verfahrenskonzept bereits im Ruhrgütebericht 2010 erläutert [7.4]. Dort ist auch die Inbetriebnahme der Versuchsanlage mit den dabei aufgetretenen Problemen beschrieben.

Untersuchungsumfang

Anhand der Ergebnisse eines vor der Inbetriebnahme durchgeführten, durchgängigen einwöchigen Intensivmonitorings des Kläranlagenablaufs, in dem insgesamt 138 Einzelverbindungen analysiert wurden, wurden als Basis für das weitere Untersuchungsprogramm aus den verschiedenen Substanzklassen der pharmazeutischen Wirkstoffe, Diagnostika, Korrosionsschutzmittel, endokrin wirksamen Stoffe, perfluorierten Tenside, phosphororganischen Flammschutzmittel, Moschusduftstoffe und Komplexbildner insgesamt 14 Leitparameter festgelegt [7.4]. Um während der jeweiligen Betriebseinstellungen zeitnah und mit überschaubarem Aufwand Informationen über die Wirkung der Versuchsanlage zu erhalten, wurde darüber hinaus ein zweites, eingeschränktes Untersuchungsprogramm etabliert, das zunächst drei und im weiteren Verlauf 13 Wirkstoffe bzw. Diagnostika enthielt. Zusätzlich erfolgten zur weiteren Einordnung der Versuchsergebnisse Messungen von abwassertechnischen Basiskenngrößen und von

Bromat, einem kanzerogenen Transformationsprodukt, welches bei der Oxidation bromidhaltiger Wässer entsteht. Der Analysenumfang des Untersuchungsprogramms ist in Tabelle 7.1 dargestellt.

Als Probenahmestellen für die projektbegleitenden Untersuchungen wurden der Zulauf zur biologischen Stufe, der Ablauf Nachklärung der Straße 1 (als Referenzstraße für die konventionelle Behandlung), der Ablauf Nachklärung der Straße 2 (als Versuchsstraße, gleichbedeutend mit dem Zulauf zur Versuchsanlage), der Ablauf der Ozonanlage und/oder der Ablauf der Pulveraktivkohle-Stufe festgelegt.

Untersuchungen zum Einsatz von Pulveraktivkohle

Nach der Inbetriebnahmephase und den Voruntersuchungen zur Eliminationsleistung der Aktivkohlestufe [7.4] erfolgte die Untersuchung der Pulveraktivkohleadsorption im dynamischen Rezirkulationsbetrieb in vier Versuchseinstellungen (VE I-IV) mit Dosiermengen von 5 bis 20 mg/l Pulveraktivkohle in den Rezirkulationsstrom. Sie wurden jeweils über etwa vier Wochen mit stabilen Betriebsverhältnissen durchgeführt, wobei zu Beginn jeder Versuchsphase zunächst eine Einfahrphase zum Aufbau eines konstanten Massenanteils an Pulveraktivkohle (ca. 4 % in VE I bis rund 16 % in VE IV) im belebten Schlamm erforderlich war. Die Entwicklung des Massenanteils an Pulveraktivkohle und die Zuordnung zu den einzelnen Untersuchungsphasen sind in Bild 7.2 dargestellt.

In der Versuchseinstellung I erfolgte eine Zudosierung von 5 mg/l Pulveraktivkohle in den Rezirkulationsstrom. Die mittlere frachtbezogene Elimination in der Referenzstraße und der Versuchsstraße sind in Bild 7.3 dargestellt. Demnach wurden die Leitsubstanzen durch die Zugabe von Pulveraktivkohle in unterschiedlichem Maße aus dem Abwasserstrom der Versuchsstraße entfernt, wobei die Eliminationsraten für die Röntgenkontrastmittel Amidotrizoesäure

Tabelle 7.1: Kläranlage Schwerte, ausgewählte Leitparameter für das Untersuchungsprogramm
Table 7.1: Sewage treatment plant Schwerte, selected lead parameters for the monitoring programme

Gruppe	Leitsubstanz	
Pharmaka	Antiepileptika	Carbamazepin
	Nichtopioid-Analgetika	Diclofenac
	Betablocker	Metoprolol
	Antibiotika	Sulfamethoxazol
Diagnostika	Amidotrizoesäure Iopamidol	
Korrosionsschutzmittel	Benzotriazol	
Endokrin wirksame Substanzen	Bisphenol A	
Perfluorierte Tenside	PFOA PFOS	
Phosphororganische Flammschutzmittel	TCPP	
Moschusduftstoffe	AHTN HHCB	
Komplexbildner	EDTA	

Gruppe	Prozessbegleitende Parameter
Antiepileptika	Carbamazepin
Nichtopioid-Analgetika	Diclofenac
Betablocker	Metoprolol Atenolol Sotalol
Antibiotika	Sulfamethoxazol
Lipidsenker	Bezafibrat
Metaboit	N ₄ -Acetyl-Sulfamethoxazol Ritalinsäure
Diagnostika	Amidotrizoesäure Iopamidol Ioversol Iomeprol

Basiskenngrößen
Elektrische Leitfähigkeit SAK bei 254 nm SAK bei 436 nm
CSB DOC Stickstoff, organisch Ammonium-Stickstoff Nitrat-Stickstoff Nitrit-Stickstoff Phosphor Bromid

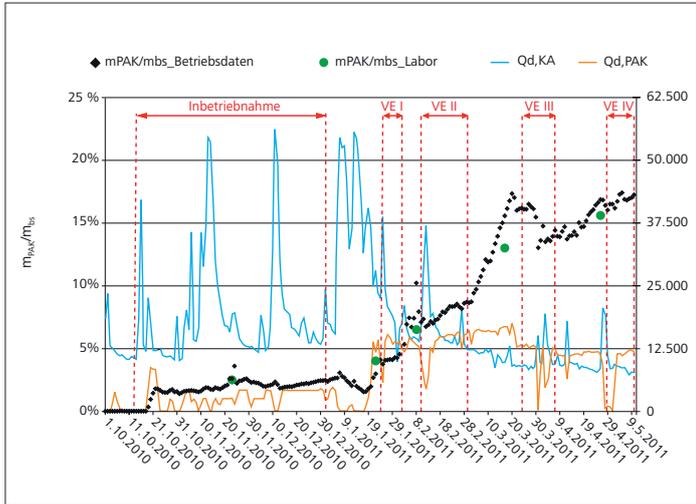


Bild 7.2: Entwicklung des Massenanteils $m_{\text{Pulveraktivkohle}}/m_{\text{BS}}$ in der Belebungsstraße 2 und Zuordnung der einzelnen Versuchseinstellungen zur Pulveraktivkohleadsorption im Rezirkulationsbetrieb

Fig. 7.2: Development of the mass fraction $m_{\text{powdered activated carbon}}/m_{\text{BS}}$ in aeration system 2 and attribution of the different test parameters to the adsorption of powdered activated carbon during recirculation

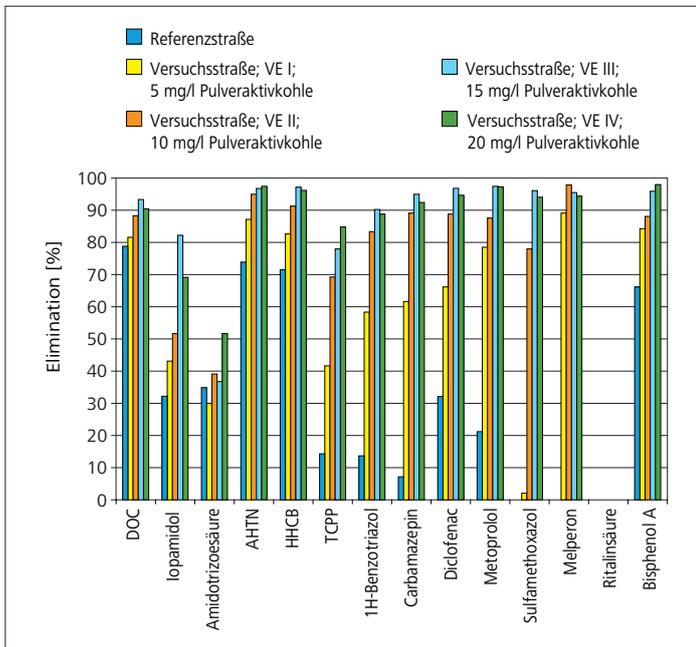


Bild 7.3: Mittlere Reinigungsleistung der Versuchsstraße bei Pulveraktivkohlezugaben von 5 bis 20 mg/l und Vergleich mit der Referenzstraße

Fig. 7.3: Mean treatment performance in the test system adding powdered activated carbon from 5 to 20 mg/l compared to the reference system

und Iopamidol rund 30 bzw. 40 % betragen. Das Flammenschutzmittel TCP, der Korrosionsinhibitor 1H-Benzotriazol um knapp 60 % reduziert. Die Zulufracht der Moschusduftstoffe AHTN und HHCB wurde ebenso wie die des endokrinen wirksamen Bisphenol A um über 80 % verringert. Bei den Therapeutika lagen die Eliminationsraten zwischen 60 % für Carbamazepin und rund 80 % für Metoprolol. Über mögliche Gründe für die vergleichsweise niedrige Eliminationsrate beim Sulfamethoxazol wurde bereits im Jahr 2010 berichtet [7.4].

Im Vergleich zur Referenzstraße konnten in der Versuchsstraße mit Ausnahme der Amidotrizoesäure somit für alle betrachteten Leitsubstanzen höhere Eliminationsraten erzielt werden. Für das Iopamidol und die Industriechemikalien wurden dabei geringere Steigerungen der Stoffentnahme festgestellt als für die Pharmazeutika.

Während der zweiten Versuchseinstellung erfolgte eine Zugabe von 10 mg/l Pulveraktivkohle. Die mittlere frachtbezogene Elimination der untersuchten Leitparameter (Bild 7.3) der Versuchsstraße konnte im Vergleich zur VE I teilweise deutlich erhöht werden und lag bei den Pharmazeutika mit Ausnahme des Sulfamethoxazols und des Metaboliten Ritalinsäure über 80 %. Für die beiden Röntgenkontrastmittel betrug die Steigerung der Frachtentnahme etwa 10 Prozentpunkte. Auch beim TCP mit nunmehr rund 70 % und beim 1H-Benzotriazol mit gut 80 % konnte jeweils ein deutlicher Anstieg der Eliminationsleistung verzeichnet werden. Die Moschusverbindungen wurden sogar zu über 90 % aus dem Abwasserstrom entfernt.

Durch die weitere Erhöhung der Zugabe von Pulveraktivkohle auf 15 mg/l in der Versuchseinstellung III konnte in der Versuchsstraße im Mittel für die Leitparameter mit Ausnahme von Iopamidol (> 80 %), Amidotrizoesäure (> 30 %), TCP (> 70 %) und Ritalinsäure eine Eliminationsleistung von über 90 % festgestellt werden (Bild 7.3).

In der Versuchseinstellung IV wurde bei einer Aktivkohlezugabe von 20 mg/l in den Rezirkulationsstrom im Vergleich zu dem schon hohen Reinigungsniveau während der VE III für die Stoffgruppe der Pharmazeutika keine nennenswerte Steigerung der Stoffentnahme für die Versuchsstraße erreicht (Bild 7.3).

In Bild 7.4 sind die mittleren Konzentrationen im Ablauf der Referenzstraße und der Versuchsstraße in den vier Versuchseinstellungen dargestellt. Es ist zu erkennen, dass durch die Zugabe von Pulveraktivkohle in allen Untersuchungsphasen für die Leitsubstanzen eine Reduzierung der Ablaufkonzentrationen in der Versuchsstraße im Vergleich zur Referenzstraße erreicht werden konnte, welche beim TCP und den Röntgenkontrastmitteln in einem geringeren Maße als bei den Pharmazeutika und den Moschusverbindungen ausfiel.

Neben den bereits 2010 berichteten Auswirkungen der Pulveraktivkohlezugabe auf die Belebungsstraße [7.4] wurden die Einflüsse auf die Biozönose des belebten Schlamms durch begleitende mikroskopische Untersuchungen der beiden Belebungsstraßen sowie

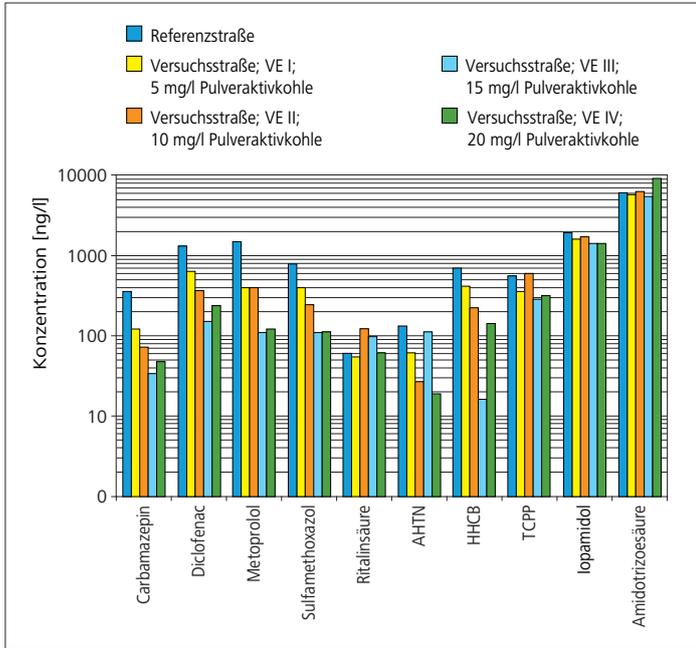


Bild 7.4: Mittlere Ablaufkonzentrationen der Versuchsstraße bei Pulveraktivkohlezugaben von 5 bis 20 mg/l und in der Referenzstraße
 Fig. 7.4: Mean outlet concentrations in the test system adding powered activated carbon from 5 to 20 mg/l and in the reference system

durch Batch-Versuche zur biochemischen Umsatzleistung betrachtet. Hierbei ergaben sich keine wesentlichen Unterschiede zwischen beiden Straßen hinsichtlich der Anzahl fadenförmig wachsender Bakterien, der Flockenstruktur und der Besiedlung mit ein- und mehrzelligen Organismen. Auch die Laboruntersuchungen zur Nitrifikations- und Denitrifikationsleitung der belebten Schlämme der zwei Straßen zeigten, dass die Rückführung der Pulveraktivkohle keine negativen Einflüsse auf die Reinigungsleistung hat. Die Versuchsstraße weist allerdings im großtechnischen Betrieb im Vergleich zur Referenzstraße bei Trockenwetterzufluss und bei Mischwasserzufluss geringere Ablaufrachten an anorganischen Stickstoffverbindungen sowie eine höhere Kohlenstoffelimination auf.

Orientierende Untersuchungen zur hygienischen Bewertung ließen auf Grund der zu geringen Probenanzahl keine statistisch fundierten Aussagen über die Wirkung von Pulveraktivkohle auf die Konzentration von enteralen Viren und Indikatorbakterien zu. Es zeigt sich jedoch die Tendenz, dass die virale und bakterielle Belastung durch die Zudosierung, wenn überhaupt, nur geringfügig reduziert wird.

Über die Ergebnisse der dynamischen Simulation der biologischen Behandlung und der Adsorptions- und Desorptionsprozesse bei der Pulveraktivkohle-Zugabe, welche u.a. der Entwicklung möglicher Steuerungsstrategien des Rücklaufschlammvolumenstroms bei der dynamischen Rezirkulation dienen sollen, wird in [7.6] berichtet.

Untersuchungen zum Einsatz von Ozon

Bei den Untersuchungen zur oxidativen Spurenstoffelimination standen Versuche zur volumenproportionalen Ozonzugabe im Mittelpunkt. Es wurden zunächst orientierende Versuche im statischen Rezirkulationsbetrieb durchgeführt, bei denen der Zu- und Ablauf der Versuchsanlage bei unterschiedlichen Ozondosen zwischen 1 und 6 mg/l beprobt und auf die Prozessparameter (Pharmazeutika und Diagnostika) untersucht wurden. Die (hier nicht abgebildeten) ermittelten Eliminationsleistungen der Ozonierungsstufe zeigen, dass schnell mit Ozon reagierende Stoffe wie Diclofenac, Sulfamethoxazol und Carbamazepin schon bei einer geringen Ozondosis von 1 mg/l um mehr als die Hälfte eliminiert werden können. Bei einer Ozonzugabe von 6 mg/l konnte für die untersuchten Pharmazeutika eine Konzentrationsabnahme bis unter die Bestimmungsgrenze erzielt werden. Bei den Diagnostika lag die Eliminationsleistung dahingegen bei maximal 50 %.

Auf der Basis dieser Versuche wurden für die weiteren Untersuchungen zur volumenproportionalen Ozonzugabe im dynamischen Rezirkulationsbetrieb als zu applizierende Ozondosen 2 und 5 mg/l festgelegt. Die Dosisangaben entsprechen dem gasseitig eingebrachten Ozonmassenstrom bezogen auf den rezirkulierten Volumenstrom, also den Zulauf zur Ozonierungsstufe.

Die Gesamtelimination der Versuchsstraße für die beiden Versuchseinstellungen und der Referenzstraße in der Einstellung „2 mg/l Ozon“ ist in Bild 7.5 aufgeführt. Bei den Moschusverbindungen und dem TCPP unterscheidet sich die Eliminationsrate bei einer Ozonapplikation von 2 mg/l in der Versuchsstraße und der Referenzstraße nicht wesentlich. Für das 1H-Benzotriazol konnte die Elimination um 12 und für das Bisphenol A um 20 Prozent-

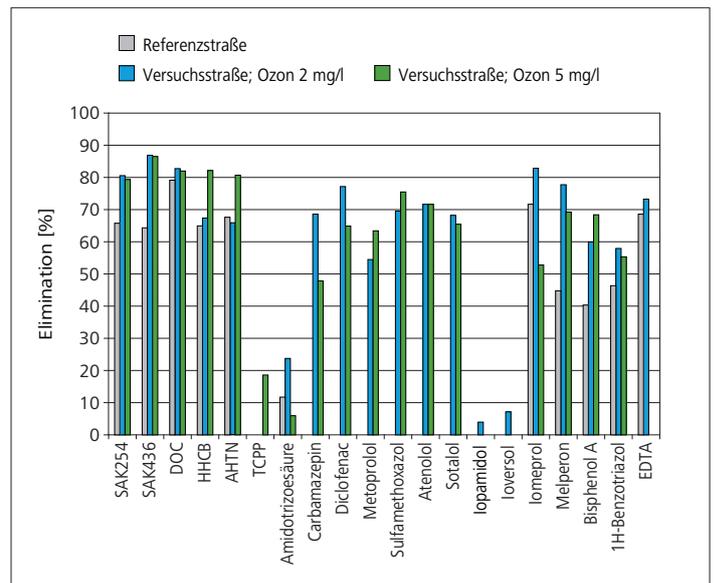


Bild 7.5: Mittlere Reinigungsleistung der Versuchsstraße bei Zugabe von 2 bzw. 5 mg/l Ozon und Vergleich mit der Referenzstraße
 Fig. 7.5: Mean treatment performance in the test system adding 2 and 5 mg/l of ozone and comparison to the reference system

punkte gesteigert werden. Deutliche Steigerungen der Stoffentnahme konnten für die pharmazeutischen Wirkstoffe festgestellt werden. Hier lagen in der Versuchsstraße die Eliminationsraten zwischen 54 % beim mäßig mit Ozon oxidierbaren Metoprolol und 77 % beim Diclofenac.

Durch die Erhöhung der Ozondosis auf 5 mg/l konnten insgesamt für das Sulfamethoxazol mit 75 %, das Bisphenol A mit 68 %, und das Metoprolol mit 63 % im Vergleich zur niedrigen Ozonzugabe weitere Steigerungen der Stoffentnahmen festgestellt werden. Für die Moschusverbindungen wurden mit Eliminationsraten von insgesamt über 80 % um rund 15 Prozentpunkte höhere Werte ermittelt als mit 2 mg/l Ozon. Auffallend ist die im Vergleich zur vorherigen Einstellung geringere Gesamtelimination der Versuchsstraße für 1H-Benzotriazol, Carbamazepin und Diclofenac, obwohl der (hier nicht abgebildete) Eliminationsgrad der Ozonierungsstufe im Rezirkulationsstrom für diese Stoffe bei der höheren Dosis angestiegen oder annähernd gleich ist. Eine mögliche Einflussgröße stellen hier die unterschiedlichen Konzentrationsniveaus im Zulauf der Kläranlage und im Rezirkulationsstrom an den jeweiligen Untersuchungstagen dar.

In Bild 7.6 sind die mittleren Konzentrationen im Ablauf der Referenzstraße und der Versuchsstraße in den beiden Versuchseinstellungen dargestellt. Demnach werden für die meisten Verbindungen die Ablaufkonzentrationen durch die Applikation von Ozon abgesenkt, wenn auch in sehr unterschiedlichem Maße. Im Vergleich zu den Versuchen zur Elimination mit Pulveraktivkohle ist der Effekt insgesamt geringer.

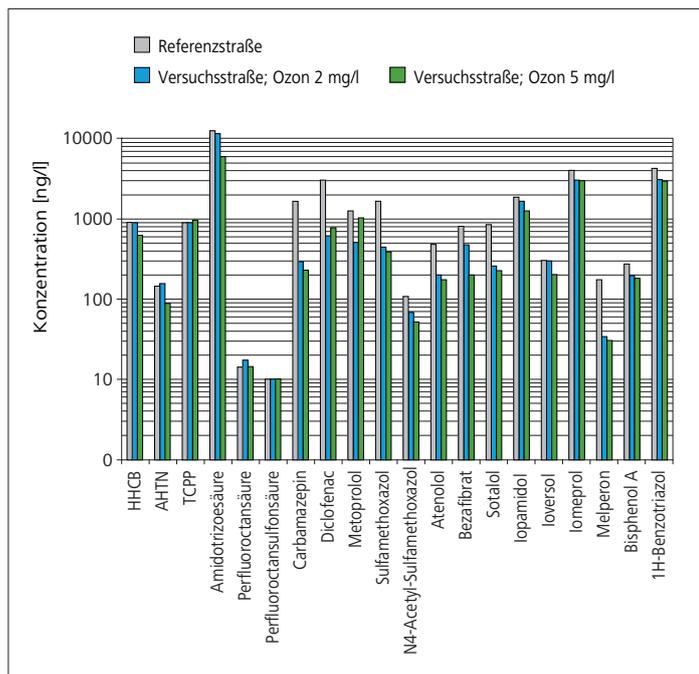


Bild 7.6: Mittlere Ablaufkonzentrationen in der Versuchsstraße bei Zugabe von 2 und 5 mg/l Ozon und in der Referenzstraße

Fig. 7.6: Mean outlet concentrations in the test system adding 2 and 5 mg/l of ozone and in the reference system

Neben der Elimination von Mikroschadstoffen sollten in weiteren Versuchen Erkenntnisse über die zu bevorzugende Betriebsweise und sinnvolle Regelungsstrategien gewonnen werden. Hierzu wurde die Regelung des Ozoneintrags über die Ozonkonzentration im Offgas und über das gelöste Ozon in der wässrigen Phase ebenso überprüft wie die Regelung über den Spektralen Absorptionskoeffizient bei 254 nm (SAK) [7.7].

Die Ozonzugabe in Abhängigkeit von der Ozonkonzentration im Offgas gestaltete sich auf Grund der konstruktiven Ausführung der Versuchsanlage als problematisch. In Folge von Schwankungen der Zulaufwassermenge kommt es in den Ozonreaktoren zu variierenden Wasserspiegellagen und damit sich änderndem Gasraum oberhalb des Wasserspiegels, die zu einer unterschiedlich starken Ansaugung von Umgebungsluft in das Offgassystem und somit zu schwankenden Messwerten für Ozon führen. Daher wurde diese Regelungsstrategie während der Projektphase nicht implementiert. Bei der Regelung in Abhängigkeit von der Ozonkonzentration in der wässrigen Phase stellte sich die kontinuierliche Messung des Ozongehaltes mittels Sondentechnik als anspruchsvoll und wartungsintensiv heraus. Vergleichsmessungen mit der DIN-konformen Analytik ergaben dabei zum Teil deutliche und unsystematische Abweichungen.

Bei den Untersuchungen zum SAK-basierten Ozoneintrag traten anfangs ebenfalls betriebliche Probleme in Form von Sondendrift auf. Die Versuche zeigten eine Korrelation zwischen den Konzentrationen der einzelnen Mikroverunreinigungen und dem SAK. Für die Aufstellung einer Regelungsstrategie wurde das mäßig reagierende Metoprolol verwendet, da dieses auch bei hohen Ozondosen im Ablauf der Ozonierungsanlage nicht unterhalb der Bestimmungsgrenze liegt. Hierbei wird postuliert, dass schneller mit Ozon reagierende Stoffe mindestens im selben Maße abgebaut werden. Ein Vergleich der in Abhängigkeit vom SAK-Ablaufwert berechneten Soll-Dosis mit der tatsächlich applizierten Ist-Dosis an Ozon zeigt, dass die Anlage über die Messung des SAK grundsätzlich geregelt werden kann [7.8].

In Ergänzung zu den großtechnischen Versuchen wurden die Umsetzungs-, Strömungs- und Stoffflüsse der Versuchsanlage modellmäßig abgebildet und stellen somit die Grundlage für Verfahrens- und Betriebsoptimierung dar. Über die Ergebnisse wird detailliert im Abschlussbericht der Phase 2 des Forschungsprojektes berichtet.

[7.6] Lübken, M, Gehring, T., Grünebaum, T., Janzen, M., Wichern, M. (2011): Simulative Evaluierung unterschiedlicher Steuerungsstrategien des Rezirkulationsbetriebes der Kläranlage Schwerte bei Pulveraktivkohledosierung zur Spurenstoffelimination. DWA/VDI-Tagung „Mess- und Regelungstechnik in abwassertechnischen Anlagen“ am 25./26.10.2011 in Fulda. Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e.V. (DWA), Hennef

[7.7] Grünebaum, T., Herbst, H., Keyzers, C., Lyko, S., Türk, J.: Mikroschadstoffelimination mit Ozon: Beispiele für Kläranlagen; 2. Fachsymposium Mikroschadstoffe.NRW 2012

[7.8] Knotte, L. (2012): Untersuchungen zu Steuer- und Regelungsstrategien zur oxidativen Behandlung von biologisch gereinigtem Abwasser mit Ozon, Bachelorarbeit, Ruhr-Universität Bochum

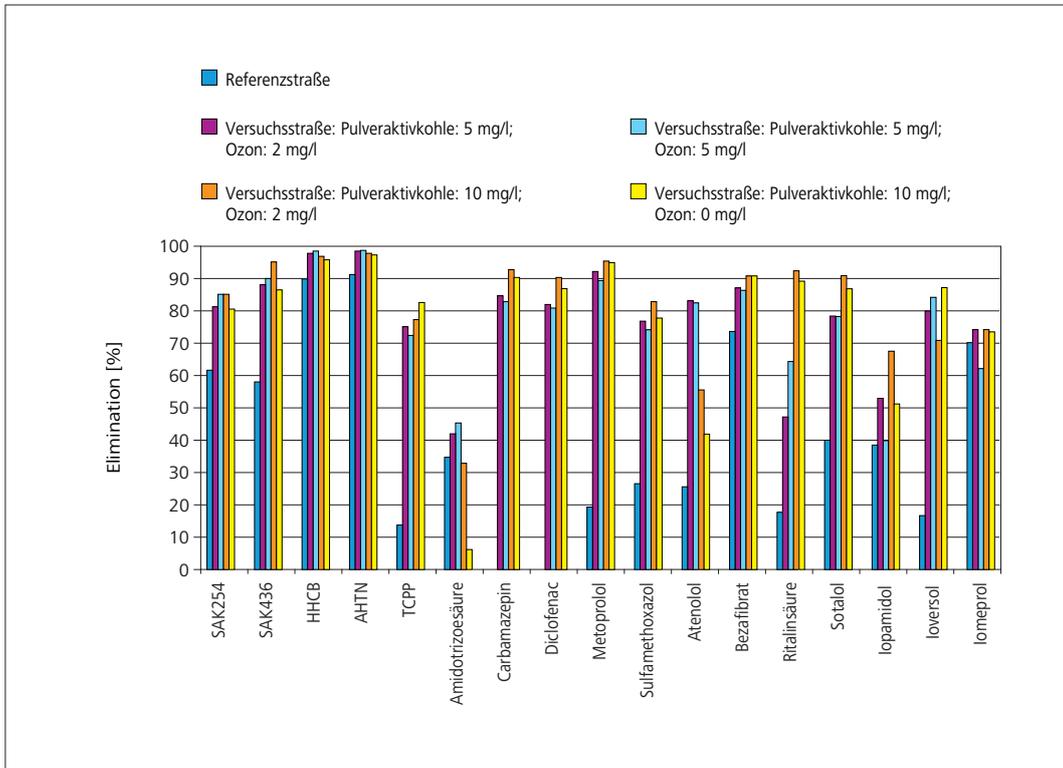


Bild 7.7: Mittlere Reinigungsleistung der Versuchsstraße bei einer kombinierten Zugabe von Pulveraktivkohle und Ozon und Vergleich mit der Referenzstraße
 Fig. 7.7: Mean treatment performance in the test system adding a combination of powdered activated carbon and ozone and comparison to the reference system

Batch-Versuche mit Belebtschlamm der Straße 2 ergaben erst ab einer Ozon-Schlammbelastung von 6 mg O₃/gTS eine signifikante Abnahme der Nitrifikationsleistung. Die Schlammbelastung entspricht dabei einer Restozonkonzentration im Rezirkulationsstrom von etwa 13 mg/l. Unter den während der Arbeiten in Schwerte herrschenden Bedingungen mit Ozondosen bis 5 mg/l konnte eine Schädigung der Belebtschlammbiozönose deshalb ausgeschlossen werden.

Untersuchungen zum kombinierten Einsatz von Ozon und Pulveraktivkohle

Die Untersuchungen zum kombinierten Einsatz von Ozon und Pulveraktivkohle im dynamischen Rezirkulationsbetrieb wurden auf der Basis der Versuchsergebnisse der beiden Einzelverfahren durchgeführt. Hierzu sollten bei jeweils einer niedrigen Pulveraktivkohledosisierung von 5 mg/l und einer vergleichsweise höheren Dosis von 10 mg/l jeweils 2 und 5 mg/l Ozon appliziert werden, so dass sich insgesamt vier Versuchseinstellungen ergaben. Im Untersuchungsverlauf wurde auf Grund der ersten Messergebnisse die Versuchseinstellung mit der Kombination der beiden hohen Dosierungen nicht weiter verfolgt und anstelle dessen ein zeitlich zusammenhängender Vergleich der Einstellung „10 mg/l Pulveraktivkohle und 2 mg/l Ozon“ mit der alleinigen Aktivkohlezugabe durchgeführt.

Die Dosierung von 5 mg/l Pulveraktivkohle ergab in Kombination mit einer Ozondosis von 2 mg/l für die meisten der untersuchten

Leitsubstanzen eine Erhöhung der Eliminationsleistung in der Versuchsstraße im Vergleich zur Referenzstraße. Wie schon bei vorangegangenen Untersuchungen war die Steigerung bei den Röntgenkontrastmitteln geringer als bei den Pharmaka. So wurde die Stoffentnahme von Metoprolol mehr als vervierfacht und betrug in der Versuchsstraße 92 %. Auch beim TCP ergab sich eine deutliche Steigerung um etwa den Faktor fünf auf 75 %. Durch die Erhöhung der Ozonzugabe von 2 auf 5 mg/l bei gleichbleibender Dosierung von Pulveraktivkohle konnte im Folgenden mit Ausnahme der Ritalinsäure aber keine signifikante Steigerung der Stoffentnahme für die betrachteten Substanzen mehr festgestellt werden (Bild 7.7). In diesen Versuchsphasen scheint die Elimination daher im Wesentlichen durch adsorptive Prozesse zu erfolgen. Die Konzentrationen im Ablauf der Versuchsstraße konnten für leichter zugängliche Verbindungen auf unter 100 ng/l abgesenkt werden. (Bild 7.8).

Durch die Erhöhung der Aktivkohledosisierung auf 10 mg/l bei einer gleichzeitigen Ozonapplikation von 2 mg/l ergab sich im Vergleich zu der vorangegangenen Versuchseinstellung für die meisten Kenngrößen eine Steigerung der Stoffentnahme. Ausnahmen bildeten die Moschusduftstoffe, welche bereits zuvor zu über 95 % aus dem Abwasserstrom entfernt worden waren, sowie einige Röntgenkontrastmittel. Abgesehen vom Sulfamethoxazol und dem Atenolol lagen die Eliminationsraten für die Arzneimittelwirkstoffe bei Steigerungen von rund 6 bis 13 Prozentpunkten über 90 %. Auch für das TCP konnte die Stoffentnahme gesteigert werden und lag nunmehr bei 77 % (Bild 7.7). Die Ablaufkonzentrationen

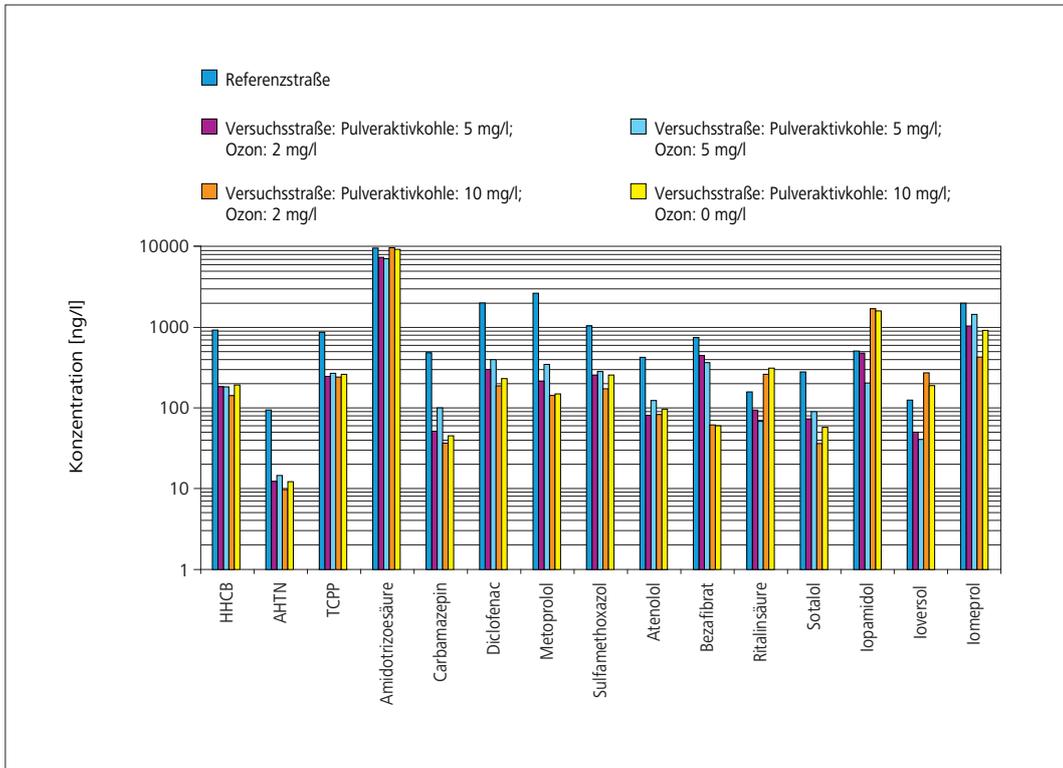


Bild 7.8: Mittlere Ablaufkonzentrationen in der Versuchsstraße bei der kombinierten Zugabe von Pulveraktivkohle und Ozon und in der Referenzstraße

Fig. 7.8: Mean outlet concentrations in the test system adding a combination of powdered activated carbon and ozone and in the reference system

trationen der Versuchsstraße lagen in dieser Versuchseinstellung für die Pharmaka, die Moschusduftstoffe und das Flammschutzmittel unter 300 ng/l und für mehrere Medikamentenrückstände unter 100 ng/l (Bild 7.8).

Im Vergleich zu der kombinierten Dosierung von 10 mg/l Pulveraktivkohle und 2 mg/l Ozon lagen die Eliminationsraten bei alleiniger Aktivkohledosierung für die meisten Verbindungen um bis zu etwa fünf Prozentpunkte niedriger. Entsprechend waren im Ablauf der Versuchsstraße höhere Konzentrationen festzustellen (Bilder 7.7 und 7.8). Vergleicht man die Dosierung von 10 mg/l Pulveraktivkohle ohne Ozonzugabe mit der Versuchseinstellung, in der 5 mg/l Aktivkohle in Kombination mit 5 mg/l Ozon appliziert worden sind, so sind bei ersterem insgesamt höhere Eliminationsraten und niedrigere Ablaufkonzentrationen zu verzeichnen. Die Betrachtung zeigt den im Vergleich zur Oxidation mit Ozon insgesamt dominierenden Einfluss der Adsorption an Pulveraktivkohle auf die Stoffentnahme im dynamischen Rezirkulationsbetrieb der Kläranlage Schwerte.

Vergleich der eingesetzten Verfahren zur Spurenstoffelimination

Durch die Zugabe von 10 mg/l Pulveraktivkohle in den Rezirkulationsstrom können gut adsorbierbare Stoffe um bis zu 90 % aus der wässrigen Phase entfernt werden, wohingegen für schlechter zugängliche Verbindungen hierfür eine Dosis von 15 mg/l erforderlich ist. Für die alleinige Anwendung der adsorptiven Behand-

lung kann je nach angestrebtem Eliminationsgrad bzw. betrachteter Stoffgruppe eine dieser beiden Dosen sinnvoll sein.

In ähnlicher Weise sind bei der oxidativen Behandlung einige Stoffe schon bei niedrigen Dosen von 2 mg/l Ozon bereits zu 90 % eliminierbar, während andere Stoffe erst bei einer höheren Dosis von 5 mg/l einer wesentlichen Elimination durch Ozon zugänglich sind. Anders als bei der adsorptiven Behandlung kommt es beim Einsatz von Ozon jedoch zu keiner weiteren Elimination der Stoffe innerhalb des Belebungsbeckens. Der kombinierte Einsatz von Pulveraktivkohle mit Ozon ergibt bei vergleichbaren Dosierungen die größten Eliminationsleistungen, wobei im dynamischen Rezirkulationsbetrieb die adsorptiv verursachte Stoffentnahme diejenige der Ozonapplikation zuzuordnenden eindeutig überwiegt. So liegen bei einer Dosierung von 10 mg/l Pulveraktivkohle und 2 mg/l Ozon die Eliminationsraten für fast alle Arzneimittelwirkstoffe bei über 90 %, wobei für einige Stoffe Ablaufkonzentrationen von unter 100 ng/l erreicht werden. Eine negative Veränderung der Belebtschlammökozone ist weder beim Einsatz von Pulveraktivkohle noch von Ozon bisher festzustellen.

Welches Verfahren in der Praxis angewendet werden sollte, hängt neben den wirtschaftlichen und betrieblichen Aspekten im Wesentlichen von den geforderten Eliminationsleistungen oder/und den zu erzielenden Konzentrationen im Kläranlagenablauf ab. Eine Hilfestellung zur Konkretisierung der Einsatz- und Betriebsbedingungen und somit der erforderlichen Dosierung der Oxidations-

und Adsorptionsmittel bietet eine Einteilung in Dosierstufen. Es wird hierbei zwischen Basisdosierung, mittlerer Dosierung und Hochdosierung unterschieden. Die Basisdosierung ist dadurch gekennzeichnet, dass bereits bei den meisten Mikroverunreinigungen eine signifikante Eliminationsleistung erzielt wird. Bei der mittleren Dosierung stellen sich darüber hinaus bei einzelnen weiteren Verbindungen Eliminationsleistungen von bis zu etwa 90 % ein. Die Hochdosierung führt zu stoff- und verfahrensspezifisch weitgehenden Eliminationsraten, gleichzeitig könnten jedoch bereits betriebliche Einschränkungen eintreten und die Verhältnismäßigkeit muss auf Grund der Kosten-Nutzen-Betrachtung in Frage gestellt werden. Auf Grundlage der durchgeführten großtechnischen Untersuchungen lassen sich den jeweiligen Dosierstufen Ablaufkonzentrationen und/oder Eliminationsgrade zuordnen, die bei üblichen kommunalen Verhältnissen zu erwarten sind.

Schlussbetrachtung, Ausblick

Die weitergehende Elimination von Mikroverunreinigungen in kommunalen Kläranlagen mittels Ozon oder/und Pulveraktivkohle ist ein technisch auch im Routinebetrieb beherrschbares Verfahren. Negative Auswirkungen auf den Kläranlagenbetrieb, insbesondere die biologische Stufe sind bei Einleitung von ozoniertem oder mit Aktivkohle beladenem Abwasser in das Belebungsbecken nicht zu erwarten. Das Hauptaugenmerk der im Rahmen des Forschungsprojektes durchgeführten Arbeiten lag auf der Optimierung des Betriebes zur Minimierung des Energie- bzw. Stoffeinsatzes und zur Steigerung der Stoffentlastung. Die Eliminationsleistung hinsichtlich relevanter Mikroverunreinigungen ist hierbei im Wesentlichen abhängig von den jeweiligen stoffspezifischen Eigenschaften wie Löslichkeit, Polarität und Molekülstruktur und der Dosiermenge [7.9]. In der Öffentlichkeit oftmals diskutierte „Nullkonzentrationen“ sind allerdings in keinem Fall zu erwarten, zumal die Bestimmungsgrenzen in der instrumentellen Spurenanalytik durch den wissenschaftlich-technischen Fortschritt tendenziell weiter abnehmen.

Der Aufwand für die weitergehende Behandlung ist signifikant und dürfte zu einer spürbaren Steigerung der Abwassergebühren führen. Eine differenzierte Analyse der Kostenstrukturen ist mit dem Abschluss der Arbeiten verfügbar. Bei den Möglichkeiten der Verminderung von Mikroverunreinigungen im Wasserkreislauf sollte zudem nicht ausschließlich die Elimination auf Kläranlagen in einer vierten Reinigungsstufe im Fokus stehen, sondern auch z.B. die Substitution von Stoffen durch besser abbaubare Produkte, gezielte Maßnahmen bei der Trinkwasseraufbereitung und diffusen Quellen sowie zur Verhinderung des Eintrags bestimmter Chemikalien an ihrer Quelle betrachtet werden.

[7.9] Keysers, C., Grünebaum, T., Thöle, D., Lübken, M., Türk, J.: Weitergehende Spurenstoffelimination mittels dynamischer Rezirkulation auf der Kläranlage Schwerte, In GWF-Wasser Abwasser, April 2013, S. 486-492

8 Biologische Nachweisführung zum Einfluss von Einleitungen der Siedlungsentwässerung

Der Ruhrverband hat vor einigen Jahren damit begonnen, sukzessive für alle Einzugsgebiete der 68 Kläranlagen des Verbandsgebietes sogenannte „Integrale Entwässerungsplanungen“ (IEP) durchzuführen. Hierbei werden die einzelnen Teilsysteme der Siedlungsentwässerung – die Kanalisation, die Niederschlagswasserbehandlung, die Abwasserreinigung und die aufnehmenden Gewässer – wasserwirtschaftlich und im Hinblick auf die Kostensituation ganzheitlich optimiert. Wesentlicher Bestandteil der IEP ist neben der Analyse der Fremdwassersituation in der Kanalisation eine mindestens sechsmontatige Messkampagne im Einzugsgebiet, in der unter anderem die Durchflüsse in der Kanalisation und der gefallene Niederschlag in hoher zeitlicher Auflösung ermittelt werden. Auf Basis dieser Daten wird dann ein Niederschlags-Abfluss-Modell zur Optimierung der Siedlungsentwässerung entwickelt. Darüber hinaus prüft der Ruhrverband für alle Einleitungsstellen im Einzugsgebiet, ob die Gefahr einer Beeinträchtigung der gewässerökologischen Situation durch die aktuelle Siedlungsentwässerungsstruktur besteht [8.1], [8.2], [8.3]. Dies geschieht zum einen auf Basis eines vereinfachten hydrologischen Nachweisverfahrens und zum anderen mit Hilfe von detaillierten gewässerökologischen Untersuchungen im Bereich der Einleitungsstellen bzw. im Gewässerverlauf. Aus diesen Erkenntnissen heraus lassen sich mögliche Beeinflussungen durch die Siedlungsentwässerung in der Regel eindeutig erkennen.

Vorgehensweise

Als potenziell kritisch werden alle Einleitungen betrachtet, bei denen eine Überschreitung der Vorgaben des Merkblattes 3 des Bunds der Ingenieure für Wasserwirtschaft, Abfallwirtschaft und Kulturbau (BWK) [8.4] ermittelt wurde. Hierzu wird überprüft, ob es durch die Einleitungen der Siedlungsentwässerung lokal oder durch Aufsummierung mehrerer im Längsverlauf eines Gewässers hintereinander liegender Einleitungen zur Überschreitung des Ausmaßes und der Frequenz sogenannter „bettbildender Abflüsse“ kommt. Das ist gegeben, wenn durch die Einleitungen der Siedlungsentwässerung der einjährige potenzielle Hochwasserabfluss (HQ_{1pna}) stärker erhöht wird, als dies dem zweijährlichen potenziellen Abfluss (HQ_{2pna}) entspricht. Gewässerbereiche, bei denen rechnerisch durch vereinfachte Bilanzierung diese Einleitungsstärke überschritten wird, werden durch eine detaillierte Nachweisführung im Sinne des BWK M7 [8.5] auf biologisch indizierte negative Auswirkungen der Einleitungen der Siedlungsentwässerung hin überprüft.

Der biologische Nachweis erfolgt in Anlehnung an die vorgenannten BWK Merkblätter mit dem dazugehörigen Praxishandbuch [8.6] auf Basis der Besiedlung durch die aquatische Wirbellosenfauna, das Makrozoobenthos. Dieses ist, anders als Fische, nur kleinräumig mobil und zeigt damit lokale Effekte gut an. Zudem

integriert das Makrozoobenthos mit Generationszeiten von mehreren Monaten bis mehreren Jahren die Bedingungen im Gewässer über einen längeren Zeitraum und ist damit für diese Fragestellung besser geeignet als Algen, die primär nur die trophische Situation indizieren können.

Die biologische Nachweisführung erfolgt auf Basis des für die Umsetzung der EG-WRRL entwickelten Untersuchungs- und Bewertungsverfahrens PERLODES. Dieses multimetrische Verfahren ist in der Lage, nicht nur den ökologischen Zustand zu bewerten, sondern durch die einzelnen Module und Metrics die Ursachen für mögliche Defizite anzuzeigen. Mit der biologischen Nachweisführung können somit mögliche relevante und nachhaltige Effekte von Einleitungen nachgewiesen und einem bzw. mehreren verursachenden Stressoren zugeordnet werden. Weist jedoch ein Gewässer bereits oberhalb sowie auch unterhalb einer Einleitung der Siedlungsentwässerung einen guten ökologischen Zustand für das Makrozoobenthos auf und ist auch der anschließende Wasserkörper mit „gut“ bewertet (Ausschluss einer negativen Fernwirkung der Einleitung), so ist die Einleitung als unbedenklich einzustufen, da die Erfüllung der Zielvorgaben der EG-WRRL als Abbruchkriterium für weitergehende Maßnahmenplanungen anzusehen ist. Dies entspricht auch der Sichtweise des BWK M7 [8.5].

In der biologischen Kausalanalyse und Prüfung ist es bei bestehenden Einleitungen möglich, mittels der Ergebnisse der PERLODES-Auswertung an Hand der Makrozoobenthosbesiedlung nachzuweisen,

- ob von der Einleitung der Siedlungsentwässerung eine biologisch wirksame Beeinflussung des Sauerstoffhaushalts durch Kohlenstoffabbau oder Nitrifikation ausgeht,
- ob ein biologisch wirksamer Austrag organischer abfiltrierbarer Feststoffe (AFS) erfolgt,
- ob ein biologisch wirksamer Austrag anorganischer AFS erfolgt,
- ob eine kritische hydraulische Belastung des Gewässers durch die Einleitung der Siedlungsentwässerung erfolgt.

[8.1] Weyand, M.; Jardin, N.; Podraza, P.: Niederschlagswassereinleitungen und deren Auswirkungen auf den guten Zustand der Gewässer - Erfahrungen aus der Integralen Entwässerungsplanung. Gewässerschutz - Wasser - Abwasser, Schriftenreihe des Instituts für Siedlungswasserwirtschaft der RWTH Aachen, 2009, Band 216, S. 11/1-11/15.

[8.2] Jardin, N.; Podraza, P.; Schweder, H.; Weyand, M.: Auswirkungen von Niederschlagswassereinleitungen auf den ökologischen Zustand – Eine Zwischenbilanz nach fünf Jahren umfassender gewässerökologischer Untersuchungen. Gewässerschutz - Wasser - Abwasser, Schriftenreihe des Instituts für Siedlungswasserwirtschaft der RWTH Aachen, 2011, Band 223, S. 60/1 - S. 60/15.

[8.3] Schweder, H.: Integrale Entwässerungsplanung (IEP) beim Ruhrverband unter besonderer Berücksichtigung von Einleitungen der Siedlungsentwässerung. Deutsche Gesellschaft für Limnologie (DGL), 2011, Erweiterte Zusammenfassungen der Jahrestagung 2010 (Bayreuth), S. 257 - S. 260, Hardeggen.

[8.4] BWK Merkblatt 3, Ableitung von immissionsorientierten Anforderungen an Misch- und Niederschlagseinleitungen unter Berücksichtigung örtlicher Verhältnisse. 2007, 4. Auflage, Stuttgart.

[8.5] BWK Merkblatt 7, Detaillierte Nachweisführung immissionsorientierter Anforderungen an Misch- und Niederschlagswassereinleitungen gemäß BWK Merkblatt 3. 2008, Stuttgart.

[8.6] BWK Materialien 1 – Praxishandbuch zum BWK Merkblatt 3 und Dokumentation von Fallbeispielen, 2009, Stuttgart.

Keinen Handlungsbedarf indizieren in diesem Kontext mögliche Kurzzeiteffekte, die durch ein ausreichendes Wiederbesiedlungspotenzial schnell ausgeglichen werden können und auch aufgrund „natürlicher Störungen“, wie z.B. nach Hochwasserereignissen, auftreten.

Im Praxishandbuch zum BWK M3 [8.6] wird beschrieben, wie neben den Modulen „Saprobie“ und „Allgemeine Degradation“ einzelne Metrics für eine Interpretation möglicher Effekte von Einleitungen aus der Siedlungsentwässerung genutzt werden können. Wenn Niederschlagswassereinleitungen mit unnatürlich hoher Häufigkeit Störungen im ökologischen Sinne darstellen, dann geht die Artenzahl zurück, und die Individuen sind weniger gleichmäßig auf die vorkommenden Arten verteilt. Wenn die Einleitungen einen nachhaltigen hydraulischen Stress für die Makroinvertebraten bedeuten, dann wird dieses in der Auswertung der Strömungspräferenz deutlich; hier wird in die Gruppen „strömungsmeidend“, „strömungsliebend“ sowie „strömungsindifferent“ differenziert. Stellt eine Niederschlagswassereinleitung eine signifikante hydraulische Belastung für die Biozönose dar, würden vor allem die strömungsmeidenden Arten zurückgehen, da sie der hydraulischen Belastung während der Entlastungsereignisse nicht standhalten können. Da jedoch zu Trockenwetterzeiten keine erhöhten hydraulischen Kräfte wirksam werden, sollten zudem vor allem die Arten mit einem breiten Toleranzspektrum gegenüber unterschiedlichen Strömungsbedingungen im Vorteil sein. Diese sogenannten „strömungsindifferenten Arten“, die unter naturnahen Bedingungen nur einen geringen Anteil an der Biozönose stellen, sollten dann deutlich zunehmen. Verstärkte Austräge von

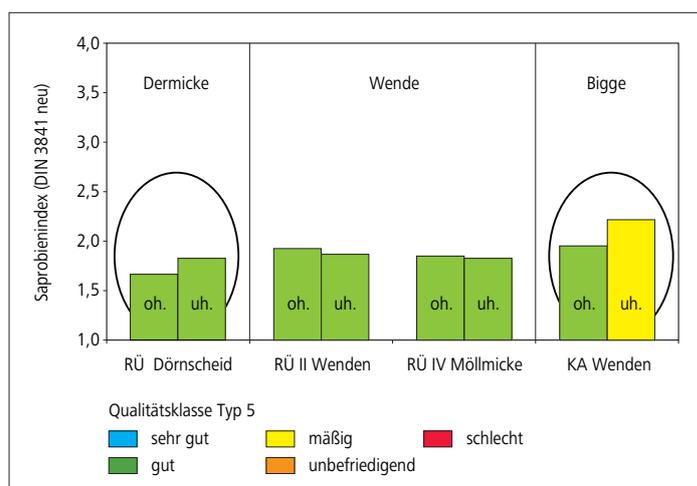


Bild 8.1: Bewertung des Moduls Saprobie oberhalb (oh) sowie unterhalb (uh) verschiedener Einleitungen der Siedlungsentwässerung mit signifikanter Änderung der Saprobie unterhalb der Einleitung des Regenüberlaufes (RÜ) Dörscheid ohne Klassenwechsel sowie nach der Kläranlage (KA) Wenden mit Klassenwechsel (IEP KA Wenden)

Fig. 8.1: Assessment of the module saprobic status upstream (oh) and downstream (uh) of different points of discharge of urban drainage with significant changes of the saprobic index downstream of the combined sewer overflow CSO (RÜ) Dörscheid without changes of the PERLODES saprobic quality class as well as downstream of the wastewater treatment plant WWTP (KA) Wenden with changes of the saprobic quality class (IEP KA Wenden)

organischen oder anorganischen Feststoffen aus der Kanalisation werden bei der Analyse der Habitatpräferenzen sowie der Ernährungstypen-Verteilung (erhöhte Dichten von Besiedlern anorganischer und organischer Feinsubstrate sowie von Sedimentfressern) offenkundig.

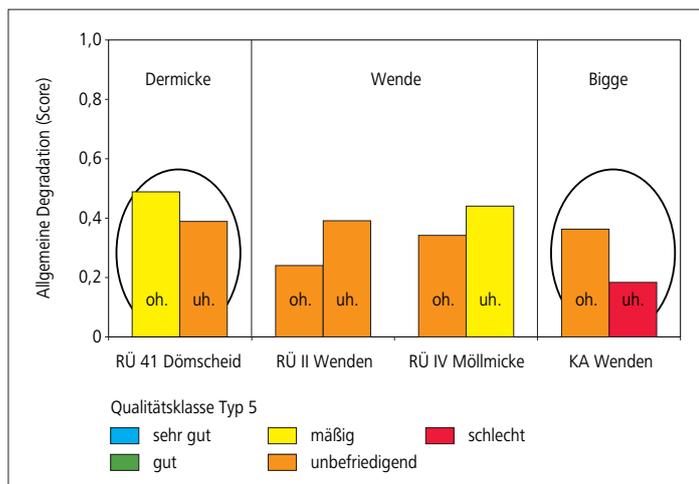


Bild 8.2: Bewertung des Moduls Allgemeine Degradation oberhalb (oh) sowie unterhalb (uh) verschiedener Einleitungen der Siedlungsentwässerung. Gleiche Einleitungsstellen wie in Bild 8.1 (IEP KA Wenden)
 Fig. 8.2: Assessment of the module general degradation upstream (oh) and downstream (uh) of different points of discharge of urban drainage. Same points of discharge as in Fig. 8.1 (IEP KA Wenden)

Interpretation der Ergebnisse ausgewählter gewässerökologischer Untersuchungen

Nachfolgend werden einige konkrete Beispiele für PERLODES-Auswertungen und Interpretationen im Zusammenhang mit Einleitungen der Siedlungsentwässerung im Ruhreinzugsgebiet dargestellt. In Bild 8.1 sind Beispiele für signifikante Änderungen des saprobiellen Zustands unterhalb von Einleitungen ersichtlich (siehe markierte Einleitungsstellen): bei dem Regenüberlauf (RÜ) Dornscheid wurde ein erhöhtes Entlastungsverhalten festgestellt und daraufhin die dafür verantwortliche Ursache beseitigt; auch die Kläranlage Wenden ist inzwischen saniert worden. Diese übermäßigen Belastungen wurden auch in der Bewertung der Allgemeinen Degradation deutlich (Bild 8.2).

Bei der Interpretation der Analysedaten ist generell stets Vorsicht geboten: In Bild 8.3 ist eine ganz erhebliche Verschlechterung der Allgemeinen Degradation mit Klassensprung unterhalb des Regenüberlaufes RÜ V Mestermann/Polizei ersichtlich. Aber die Analyse der einschlägigen Einzel-Metrices dieses Moduls liefert scheinbar widersprüchliche Ergebnisse: Die in Bild 8.4 erkennbare Zunahme der Besiedler organischer Feinsedimente aufgrund einer Einleitung erscheint plausibel, allerdings wäre dann bei der Verteilung der Strömungspräferenzen (Bild 8.5) eine deutliche Zunahme der strömungsindifferenten Gruppe (wie in der Reismecke unterhalb des Trenngebietes Niederreiste sowie vor der Mündung in die Wenne in Bild 8.7 ersichtlich) sowie von Sedimentfressern und/oder Filtrierern zu erwarten, was hier aber nicht der Fall ist (Bild 8.5, 8.6). Die

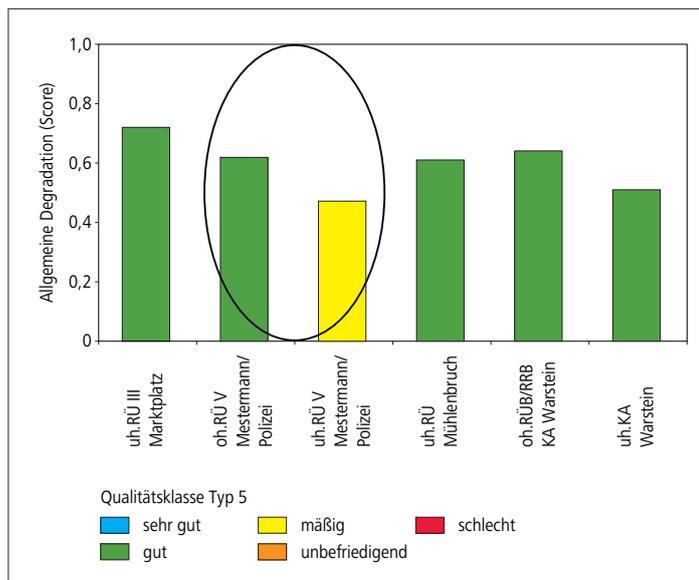


Bild 8.3: Bewertung des Moduls Allgemeine Degradation oberhalb (oh) sowie unterhalb (uh) verschiedener Einleitungen der Siedlungsentwässerung in den Westerbach. Klassensprung unterhalb des Regenüberlaufes RÜ V Mestermann/Polizei (IEP KA Warstein)
 Fig. 8.3: Assessment of the module general degradation upstream (oh) and downstream (uh) of different points of discharge of urban drainage into the Westerbach stream. Change of module quality class downstream of the combined sewer overflow CSO (RÜ) V Mestermann/police station (IEP KA Warstein)

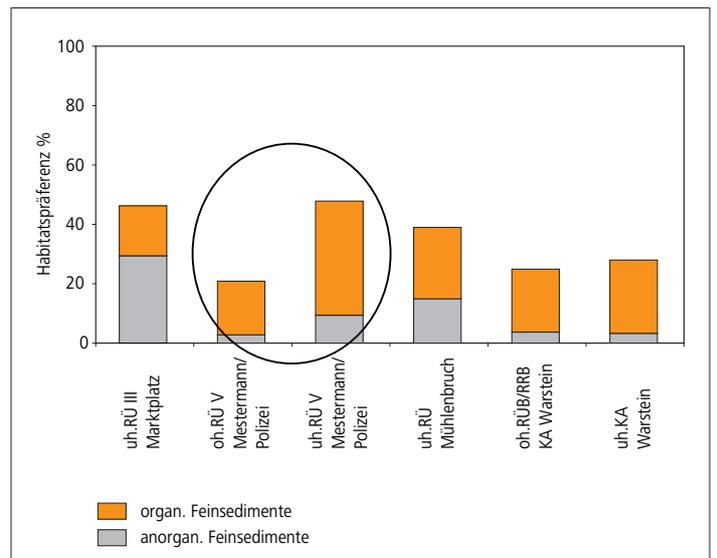


Bild 8.4: Verteilung der Habitatpräferenzen oberhalb (oh) sowie unterhalb (uh) verschiedener Einleitungen der Siedlungsentwässerung; hier nur im Hinblick auf die Besiedlung von organischen bzw. anorganischen Feinsedimenten dargestellt. Gleicher Regenüberlauf (RÜ V Mestermann/Polizei) markiert wie in Bild 8.3 (IEP KA Warstein)
 Fig. 8.4: Distribution of habitat preferences upstream (oh) and downstream (uh) of different points of discharge of urban drainage; in this Fig. only represented regarding the population in organic and inorganic fine sediments. Same combined sewer overflow CSO (RÜ V Mestermann/police station) marked as in Fig. 8.3 (IEP KA Warstein)

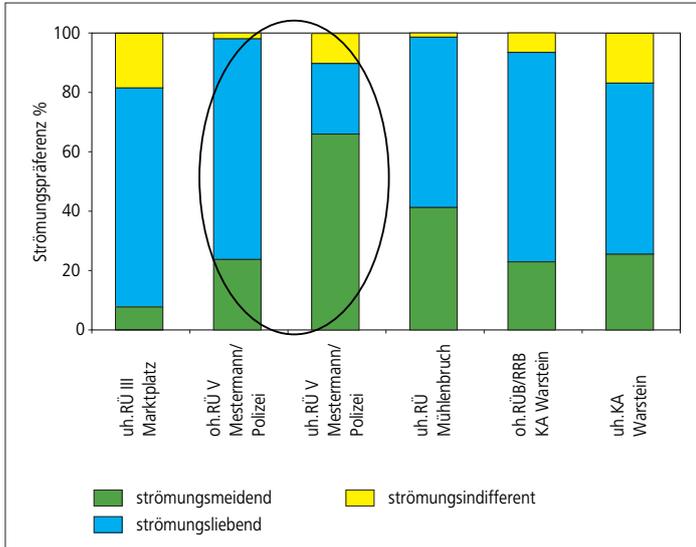


Bild 8.5: Verteilung der Strömungspräferenzen oberhalb (oh) sowie unterhalb (uh) verschiedener Einleitungen der Siedlungsentwässerung. Gleicher Regenüberlauf (RÜ V Mestermann/Polizei) markiert wie in Bild 8.3 (IEP KA Warstein)

Fig. 8.5: Distribution of current preferences upstream (oh) and downstream (uh) of different points of discharge of urban drainage. Same combined sewer overflow CSO (RÜ V Mestermann/police station) marked as in Fig. 8.3 (IEP KA Warstein)

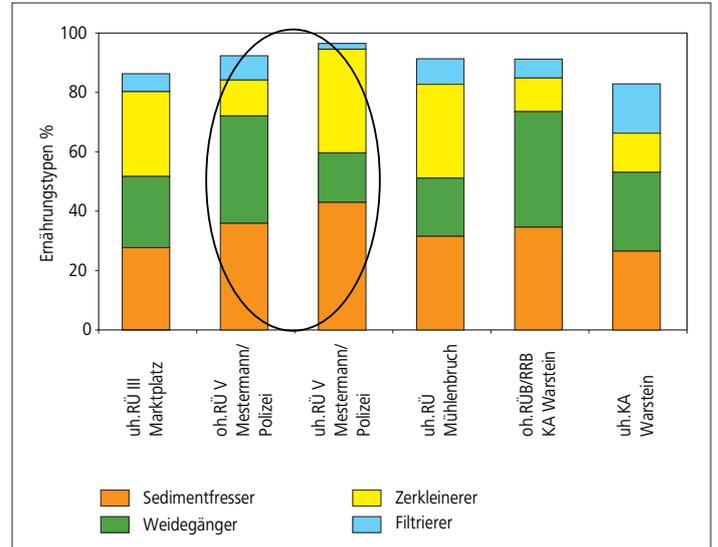


Bild 8.6: Verteilung der Ernährungstypen oberhalb (oh) sowie unterhalb (uh) verschiedener Einleitungen der Siedlungsentwässerung. Gleicher Regenüberlauf (RÜ V Mestermann/Polizei) markiert wie in Bild 8.3 (IEP KA Warstein)

Fig. 8.6: Feeding type composition upstream (oh) and downstream (uh) of different points of discharge of urban drainage. Same combined sewer overflow CSO (RÜ V Mestermann/police station) marked as in Fig. 8.3 (IEP KA Warstein)

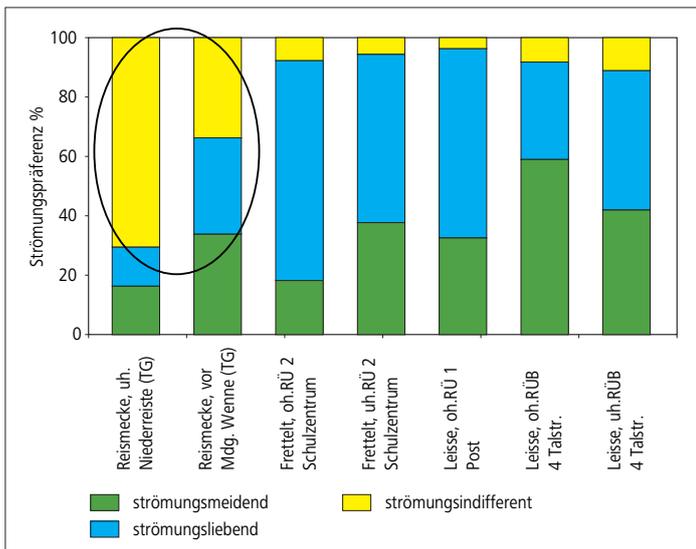


Bild 8.7: Verteilung der Strömungspräferenzen oberhalb (oh) sowie unterhalb (uh) einiger Einleitungen der Siedlungsentwässerung in die Reismecke, Fretzelt sowie Leisse. Ein auffallend hoher Anteil der strömungsindifferenten Gruppe in der Reismecke unterhalb des Trenngebietes Niederreiste sowie kurz vor der Mündung in die Wenne weist auf Änderungen des natürlichen hydraulischen Regimes hin (IEP KA Eslohe-Bremke)

Fig. 8.7: Distribution of current preferences upstream (oh) and downstream (uh) of some points of discharge of urban drainage into the Reismecke, Fretzelt and Leisse streams. A noticeably high share of the organism group without current preferences in the Reismecke downstream of the Niederreiste area with its separate sewer system as well as shortly before the inflow into the River Wenne indicates alterations to natural hydraulic conditions (IEP KA Eslohe-Bremke)

Erklärung der an dieser Einleitungsstelle vorgefundenen ökologischen Befunde liegt darin, dass ein Bachaufstau die Zunahme der strömungsmeidenden Organismen, Sedimentfresser und Zerkleinerer sowie eine Abnahme der Weidegänger und (passiven) Filtrierer verursachte.

Bild 8.8 zeigt, dass unterhalb der Kläranlage Warstein der Anteil der Filtrierer auffallend zunimmt. Hier ist allerdings nicht, wie zunächst zu vermuten, der Ablauf des Nachklärbeckens oder evtl. der Ablauf eines nachgeschalteten Schönungsteiches für diese Veränderung der Ernährungstypen-Zusammensetzung verantwortlich, sondern – wie nähere Nachforschungen ergaben – ein auf dem Kläranlagengelände befindliches Regenrückhaltebecken (RRB). Dadurch kam es – wegen teilweisen Dauerstaus mit permanentem Zulauf in das Gewässer – zu einem kontinuierlichen Eintrag von Plankton, welches die Zunahme der Filtrierer, die diese ausgeprägten Partikel als Nahrung nutzen, verursachte. Durch die Empfehlung zur Änderung der Betriebsweise des Regenrückhaltebeckens als Erdbecken ohne Dauerbespannung kann dieser negative Effekt der Einleitung beseitigt werden. Maßnahmen zur Vergrößerung des Speichervolumens des Regenrückhaltebeckens oder zur weitergehenden Behandlung des Ablaufs der Nachklärung konnten so entfallen.

Manchmal führt erst intensives Nachforschen zu einer plausiblen Interpretation festgestellter Befunde. So fiel unterhalb der Einleitungsstelle des Stauraumkanals (SK) Scharfenberg ein drastischer Rückgang der Besiedlungsdichte (Abundanz) auf, obwohl keine Veränderung der Taxazahl (Artenzahl) festzustellen war (Bild 8.9).

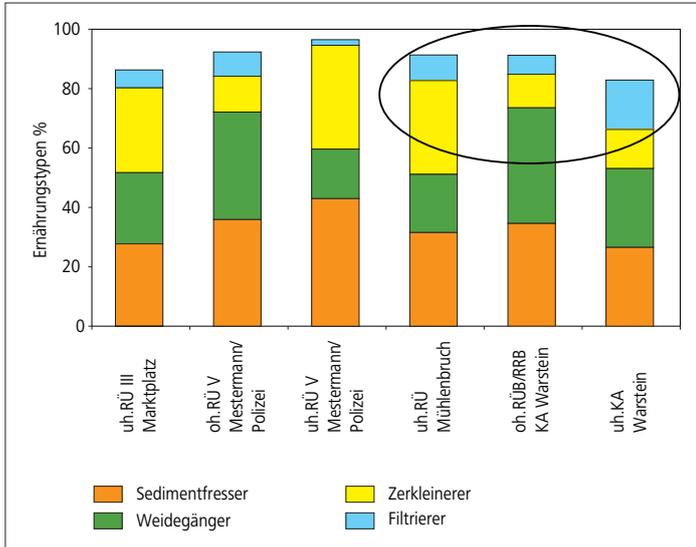


Bild 8.8: Verteilung der Ernährungstypen oberhalb (oh) sowie unterhalb (uh) verschiedener Einleitungen der Siedlungsentwässerung mit auffälliger Zunahme der Filtrierer unterhalb des RÜB der Kläranlage Warstein im Vergleich zu der Probestelle weiter oberhalb (IEP KA Warstein)

Fig. 8.8: Feeding type composition upstream (oh) and downstream (uh) of different points of discharge of urban drainage with a noticeable increase in filter feeders downstream of the wastewater treatment plant WWTP Warstein (IEP KA Warstein)

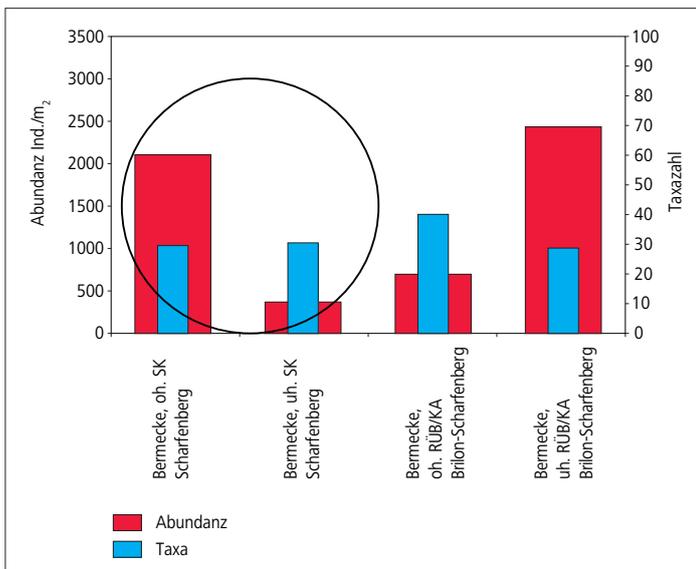


Bild 8.9: Verteilung der Besiedlungsdichte (Abundanz) und Artenzahl (Taxazahl) oberhalb (oh) sowie unterhalb (uh) einiger Einleitungen der Siedlungsentwässerung der IEP KA Brilon-Scharfenberg. Auffallend hoher Rückgang der Abundanz unterhalb des Stauraumkanals SK Scharfenberg

Fig. 8.9: Distribution of abundance and number of species (taxa) upstream (oh) and downstream (uh) of some points of discharge of urban drainage of the IEP wastewater treatment plant WWTP Brilon-Scharfenberg. Abundance declines noticeably downstream of the overflow of the sewer with storage capacity (SK Scharfenberg)

Auch die Analyse der übrigen einschlägigen Kenngrößen für diese Messstelle ergab keine relevanten Veränderungen gegenüber der Besiedlungsstruktur oberhalb der Einleitungsstelle des Stauraumkanals. Verwunderlich war weiterhin, dass die nach BWK-M3 zulässige Einleitungsmenge nur minimal überschritten wurde, während im Ruhreinzugsgebiet nach Erfahrung des Ruhrverbandes Überschreitungsfaktoren bis 1,5 und teilweise höher unbedenklich sind. Derartige biozönotische Strukturveränderungen sind normalerweise lediglich nach Hochwasserereignissen mit Katastrophendrift, bei denen alle funktionellen Gruppen gleichermaßen betroffen werden, zu erwarten. Nachfragen beim Deutschen Wetterdienst ergaben allerdings keinerlei Hinweise auf Starkregenereignisse im relevanten Zeitraum vor der Probenahme.

Erst weitere Recherchen und die daraufhin mögliche Auswertung eines nahe gelegenen Regenschreibers (Bild 8.10) lieferten den Beweis für ein theoretisch aufgrund der Datenlage zu erwartendes lokales Starkregenereignis: ein einjähriger Starkniederschlag nur zwei Tage vor der Probenahme. Damit war belegt, dass das Untersuchungsergebnis der faunistischen Bestandsaufnahme lediglich einen Kurzzeiteffekt und keinen nachhaltigen Effekt einer Einleitung aus der Siedlungsentwässerung abbildete.

Bei der Analyse der biozönotischen Strukturen können sich zudem Hinweise auf toxische Einflüsse ergeben, wenn z. B. bestimmte Arten oder funktionale Gruppen in ihren Abundanzen reduziert sind oder sogar ganz ausfallen. So deuten z. B. auffällige Bestandsrückgänge von Bachflohkrebsen (Gammariden) auf Belastungen mit Schwermetallen oder auf eine Gewässerversauerung hin. Wird derartige bei Weidegängern festgestellt, können auch

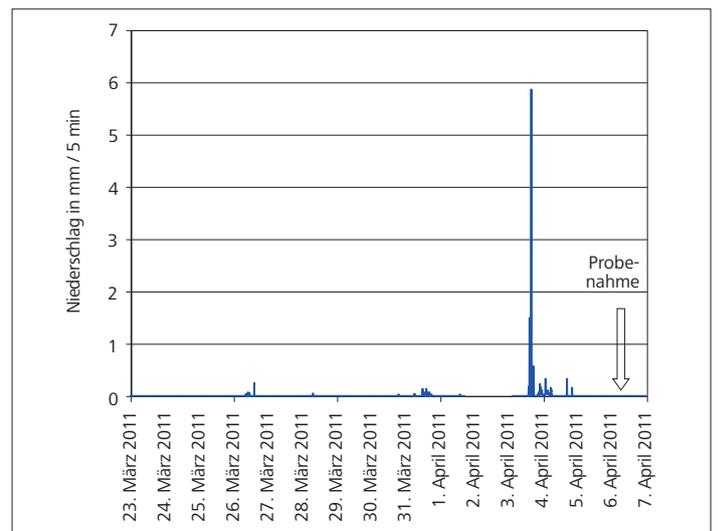


Bild 8.10: Niederschläge (mm) in Brilon-Scharfenberg im Zeitraum von zwei Wochen vor der Probenahme

Fig. 8.10: Precipitation (mm) in Brilon-Scharfenberg during the two weeks before sampling

Belastungen durch Herbizide, durch Pestizide allgemein oder Schwermetalle hierfür die Ursache sein. Der speziell zur Indikation letaler und subletaler Schädigungen des Makrozoobenthos entwickelte SPEAR-Index (siehe: www.fliessgewaesserbewertung.de) kann hierbei Hinweise geben.

Im Rahmen einer Plausibilitätsprüfung ist jeweils sicherzustellen, dass der der PERLODES- Auswertung zugrunde gelegte Fließgewässertyp auch zutreffend ist. So befindet sich der Ruhrzufluss Icktener Bach oberhalb und unterhalb der Einleitungsstelle des Regenbeckens „RÜB Icktener Straße“ in einem guten ökologischen Zustand, wenn der Gewässertyp 06 „Feinmaterialreiche, karbonatische Mittelgebirgsbäche“ der LAWA-Typologie [8.7] zugrunde gelegt wird; geologische Karten und chemische Analysen bestätigen diese Einstufung. Die Ergebnisse des biologischen Nachweises belegen somit, dass für diese Einleitung keine weitergehenden Maßnahmen notwendig sind. Nach dem aktuell noch gültigen „Fließgewässertypenatlas Nordrhein-Westfalen“, der sich derzeit in Überarbeitung befindet, wird der Bach allerdings noch dem Typ „Kleiner Talauebach im Grundgebirge“, der dem LAWA-Gewässertyp 05 „Grobmaterialreicher, silikatischer Mittelgebirgsbach“ entspricht, zugeordnet. Alle Probenahmestellen würden auf Basis dieser Typ-Zuweisung nur mit einem „mäßigen ökologischen Zustand“ bewertet. Durch Überprüfung der Rahmenbedingungen, hier des zum Vergleich heranzuziehenden Referenzzustands, konnte ein scheinbar indizierter Handlungsbedarf vermieden werden.

Zusammenfassung

Die Analyse der Makrozoobenthosbesiedlung zur Beurteilung von bestehenden Einleitungen der Siedlungsentwässerung auf Basis von PERLODES-Auswertungen liefert belastungsspezifische Erkenntnisse. Sie ist eine schlüssige, nachvollziehbare Methode zur weitergehenden immissionsorientierten Beurteilung von - gemäß BWK-M3 - kritisch erscheinenden Einleitungssituationen. Diese Methode vermeidet Fehlinvestitionen der Siedlungswasserwirtschaft und gilt als biologischer Nachweis i.S. des BWK-M7. Allerdings sind dabei Prüfungen auf Plausibilität sowie eine ausreichende Berücksichtigung der Rahmenbedingungen und Begleitumstände im Umfeld der Einleitungsstelle unumgänglich.

[8.7] Länderarbeitsgemeinschaft Wasser (LAWA) (1994): Biozönotische FG-Typenkarte BRD. Bearbeitung: umweltbuero.essen.de.

9 Maßnahmen des Ruhrverbands aus den Umsetzungsfahrplänen der EG-WRRL

Nach der Verabschiedung von Bewirtschaftungsplan und Maßnahmenprogramm [9.1] galt es, deren eher abstrakt gehaltene und generalisierende Inhalte für die praktische wasserwirtschaftliche Arbeit zu konkretisieren. Hierzu hatte das Umweltministerium in NRW (MKULNV) über ganz Nordrhein-Westfalen verteilt regionale Kooperationen eingerichtet, von denen acht im Ruhreinzugsgebiet liegen. Arbeitsziel war die partizipative Erstellung von sogenannten Umsetzungsfahrplänen, die vor allem die im gewässerstrukturellen Bereich erforderlichen Maßnahmen beinhalten. Vorbild für diese Art des Vorgehens war ein vom Ruhrverband, vom Deutschen Rat für Landespflege und vom Planungsbüro Koenzen durchgeführtes Projekt, das unter dem Titel „Umsetzungsplan Untere Ruhr“ die sinnvolle und zielgerichtete Verortung von Maßnahmen, die für die Erreichung der Ziele der Wasserrahmenrichtlinie erforderlich erschienen, zum Inhalt hatte [9.2]. Diese Kooperationen hat der Ruhrverband aktiv begleitet und jeweils sein Wissen über die Verhältnisse vor Ort in den Planungs- und Abstimmungsprozess eingebracht. Zudem galt es, die Interessen des Ruhrverbands als Betreiber von wasserwirtschaftlichen Anlagen im Einzugsgebiet der Ruhr einzubringen, da diese mitunter Restriktionen für Gewässerentwicklungsmaßnahmen bilden [9.3].

Aufgrund der starken Ausrichtung dieser Umsetzungsfahrpläne auf Aktivitäten im Bereich der Gewässerentwicklung stehen damit im Ruhreinzugsgebiet als potenzielle Maßnahmenträger v. a. die Kommunen in ihrer Funktion als Gewässerunterhaltungspflichtige im Fokus. Diese nun deutlich praktischere Phase des Umsetzungsprozesses der EG-WRRL hat aber auch konkrete Berührungspunkte zur Arbeit des Ruhrverbands. Denn der Ruhrverband unterhält in Verbindung mit dem Betrieb des Talsperren- und Stauseensystems auch eigene Gewässerstrecken und schränkt dabei u. a. die Durchgängigkeit des Gewässersystems ein. Daher ist auch der Ruhrverband an insgesamt 23 Stellen in den nun vorliegenden Umsetzungsfahrplänen als Maßnahmenträger benannt. Die hierunter aufgeführten Aussagen hat er gesichtet und daraufhin analysiert, in welcher Rang- und Reihenfolge die Umsetzung von potenziellen Maßnahmen sinnvoll und zweckmäßig ist. Als Ergebnis dieser Analyse befasst sich der Ruhrverband aktuell mit drei Projekten, die im Folgenden näher beleuchtet werden.

[9.1] Ministerium für Umwelt und Naturschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz (MUNLV) des Landes NRW: Bewirtschaftungsplan und Maßnahmenprogramm für die nordrhein-westfälischen Anteile an Rhein, Weser, Ems und Maas, Düsseldorf 2009, <http://www.flussgebiete.nrw.de/Bewirtschaftungsplanung/index.jsp>

[9.2] Ruhrverband: Umsetzungsplan „Untere Ruhr“. In: *Ruhrgütebericht 2009, Essen, S. 122-126*

[9.3] Ruhrverband: Konkretisierung von Maßnahmen zur Verbesserung des Gewässerzustands nach EG-WRRL – Folgerungen für das Ruhreinzugsgebiet. In: *Ruhrgütebericht 2011, Essen, S. 113-116*

Für Fische als eine der für die WRRL relevanten Qualitätskomponenten ist die Durchgängigkeit der Gewässer für eine selbst erhaltende Reproduktion von vitaler Bedeutung. Vor diesem Hintergrund sind an der unteren Ruhr die Wehranlagen Baldeney und Kettwig derzeit noch unüberwindliche Querbauwerke. Aufgrund ihrer Lage haben sie Bedeutung für nahezu das gesamte Ruhreinzugsgebiet. Da diese Anlagen neben dem Wehr in Hattingen Blankenstein die letzten Hindernisse auf einem barrierefreien Fischweg vom Rhein bis zur Einmündung der Lenne darstellen, ist dort die Herstellung der Durchgängigkeit für den Ruhrverband ein zentrales Projekt. Dabei liegt der Fokus einer Lösungsfindung derzeit auf dem Standort Baldeney, da hier mit einer großen Fallhöhe, engen Platzverhältnissen und einem freizeitmäßig stark genutzten Umfeld mehrere schwierig zu handhabende Umstände zusammenkommen. Aufgrund der ähnlichen Anordnung und Konstruktion der beiden Wehranlagen Baldeney und Kettwig soll der hier gefundene Lösungsweg in möglichst gleicher Form auf den Standort Kettwig übertragen werden.

Die besonderen Randbedingungen am Standort Baldeney ließen es für den Ruhrverband sinnvoll erscheinen, die Suche nach der geeigneten Positionierung und Gestaltung eines Fischaufstiegs auf eine transparente und kooperative Basis zu stellen, um damit eine von allen beteiligten Institutionen mitgetragene Lösung zu finden und letztlich auch umzusetzen. Hierzu hat sich im Jahr 2011 unter der Leitung des Ruhrverbands ein Expertenkreis gebildet, der aus Vertretern von Behörden, dem Kraftwerksbetreiber sowie Sachverständigen aus Fischökologie und Strömungshydraulik besteht. Von essenzieller Bedeutung für die Funktionsfähigkeit eines Fischaufstiegs ist dessen Auffindbarkeit. Daher hat sich dieser Expertenkreis zunächst sehr intensiv mit der Frage der richtigen Lage der Einstiegsposition auseinandergesetzt. Aufbauend auf vorliegenden Gewässerprofilen, einer Auswertung der Betriebsdaten der Turbindurchflüsse und Ergebnissen von ADCP Messungen zur Geschwindigkeitsverteilung im Unterwasser hat das Institut für Wasser- und Gewässerentwicklung des Karlsruher Instituts für Technologie (KIT) anhand einer hydrodynamisch-numerischen Modellierung die Strömungsverhältnisse unterhalb der Wehranlage Baldeney für verschiedene Betriebszustände der Wasserkraftanlage und unterschiedliche Einstiegskulissen einer Fischaufstiegsanlage simuliert. Die aus diesen Berechnungen resultierenden Geschwindigkeitsprofile wurden dann mit durchgeführten Freilandbeobachtungen zum Verhalten der Fische im Unterwasser der Wehranlage verglichen und anschließend fischökologisch bewertet. Im Ergebnis verständigte sich der Expertenkreis darauf, die Position eines Einstiegs zwischen dem Kraftwerk und der Schiffschleuse zu präferieren, da an dieser Stelle der Raum des ehemaligen Rückpumpwerkes für die weitere Entwicklung des Fischweges zur Verfügung steht. Derzeit sind nun Überlegungen im Gange, in welcher Form dieser Fischweg innerhalb des vorhandenen Platzangebotes ausgestaltet werden kann.

Im Zuge der Errichtung von Talsperren wurden mit Blick auf eine einträgliche Bewirtschaftung Gewässer in deren Umfeld technisch angepasst, was heute allerdings den Anforderungen der EG-WRRL an einen guten Gewässerzustand entgegensteht. Eine dieser Gewässerstrecken ist ein Teilabschnitt der Kleinen Henne im so ge-

nannten Beileitungsbereich zur Hennetalsperre zwischen den Ortslagen Frielinghausen und Drasenbeck südöstlich von Meschede. Im derzeitigen Zustand ist dieser Bereich als stark verbaut und für aquatische Organismen aufgrund der herrschenden hydraulischen Bedingungen als kaum durchwanderbar zu bezeichnen, was vor allem für die Fischfauna mit unzureichenden Habitatbedingungen verbunden ist (Bild 9.1). Eine Spiegelung dieser Sachverhalte an den Vorgaben der Wasserrahmenrichtlinie zeigt daher auch eindeutig auf, dass das Ziel eines guten Gewässerzustands bzw. –potenzials nicht erreicht wird. Unter Berücksichtigung der gegebenen Rahmenbedingungen hat der Ruhrverband daher verschiedene Optionen zur Verbesserung der bestehenden Verhältnisse erarbeitet und hinsichtlich ihrer Effektivität, Machbarkeit und Kosten bewertet.

Das Ergebnis dieser Analyse zeigt allerdings eindeutig auf, dass die aus ökologischer Sicht eigentlich zu befürwortenden Maßnahmen zur Zustandsverbesserung hinsichtlich ihrer Umsetzung aufgrund der fehlenden Verfügbarkeit der hierfür notwendigen Flächen ungewiss erscheinen oder mit unverhältnismäßig hohen finanziellen Aufwendungen verbunden wären. Als realisierbar wird hingegen eine ggf. partielle Umgestaltung der Kleinen Henne im unteren Teil des Beileitungsbereichs mit Anschluss eines geeigneten, naturnahen Nebengewässers angesehen. Dadurch könnte das Gewässersystem der Kleinen Henne wieder von der Quelle des Nebengewässers Willohsiepens bis zur Mündung der Kleinen Henne in die Henne durchgängig gemacht werden. Lediglich der obere Abschnitt des Beileitungssystems würde damit zunächst im jetzigen Zustand verbleiben und somit einen weitgehend isolierten Gewässerbereich darstellen. Derzeit sind Überlegungen im Gange, welche konkreten Optionen einer hydromorphologischen Verbesserung des Gewässerverlaufs in diesem betrachteten Gewässerabschnitt bestehen.

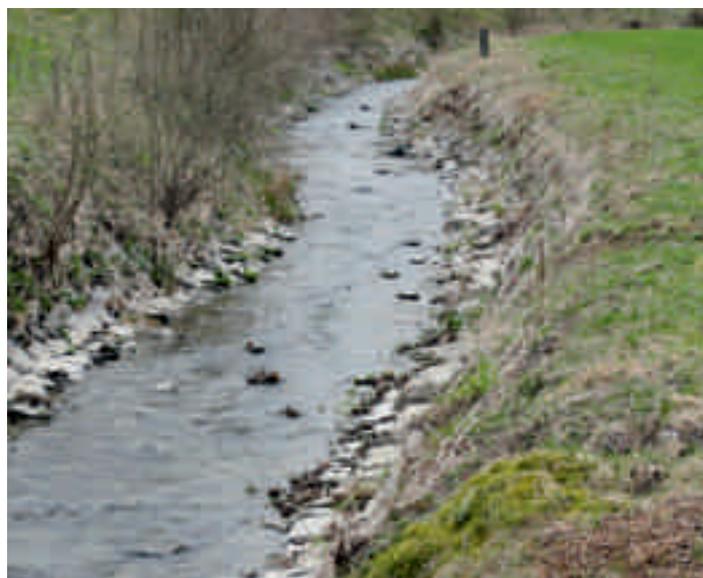


Bild 9.1: Derzeitiger Zustand der Kleinen Henne im ausgebauten Bereich
Fig. 9.1: Current state of the Kleine Henne tributary in the developed section



Bild 9.2: Fischaufstiegsanlage in der Brabecke am Fassungsbauwerk Brabecke
 Fig. 9.2: Fish migration facility in the Brabecke stream at the water retaining structure Brabecke

Eng mit dieser geplanten Maßnahme zur Gewässerumgestaltung verbunden ist ebenfalls der zukünftige Betrieb des Fassungsbauwerks Drasenbeck, welches das untere Ende dieses Beileitungsbereichs bildet und das abfließende Wasser in einen in die Hennetalsperre übergeleiteten und einen in der Kleinen Henne verbleibenden Anteil aufteilt. Dies betrifft einerseits die Aufgabe, auch hier die Durchgängigkeit des Gewässers mittels der Errichtung eines technischen Fischaufstiegsbauwerks wieder herzustellen, wie dies am ebenfalls zum Beileitungssystem der Hennetalsperre gehörenden Fassungsbauwerk Brabecke bereits erfolgt ist (Bild 9.2). Andererseits ist darüber nachzudenken, ob eine mögliche alternative Betriebsweise des Fassungsbauwerks Drasenbeck eine Verbesserung des Wasser- und Geschiebehaushalts in der Kleinen Henne unterhalb mit sich bringt.

Ebenfalls in der Gewässerunterhaltungspflicht des Ruhrverbands liegt der Unterlauf der Sorpe zwischen dem Staudamm der Sorpetalsperre und deren Einmündung in die Röhre (Bild 9.3). Ausgehend von den Defiziten bei den Qualitätskomponenten Makrozoobenthos und Fische, die das Monitoring für diesen Gewässerabschnitt aufgezeigt hat, standen bereits seit längerem erste Vorschläge für eine effiziente und kostengünstige Verbesserung der Zustandsbe-

dingungen zur Diskussion. Diese umfassten die Wiederherstellung der Durchgängigkeit an vier dort vorhandenen Querbauwerken über die Anlage von naturnahen Umgehungsgerinnen mit entsprechend guten Habitatstrukturen sowie die lokale Aufwertung der Gewässersohle im gesamten Fließverlauf der Unteren Sorpe.

Vor knapp zwei Jahren ist dann die Stadt Sundern auf den Ruhrverband mit dem Ansatz zugegangen, im Zuge von notwendigen Maßnahmen zur Reduzierung der Hochwassergefährdung des Ortsteils Hachen die Veränderung der Zustandsverhältnisse im Bereich des Zusammenflusses von Röhre und Sorpe in diese Aufgabe zu integrieren. Da auch die staatlichen Dienststellen ein derartiges Vorgehen, das in synergistischer Weise die Aspekte Gewässerentwicklung, Hochwasserschutz und Naherholung miteinander verbindet, favorisierten, hat der Ruhrverband seine Planungen an diese Gegebenheiten angepasst. Hierzu hat er für die Untere Sorpe und die Röhre in diesem Bereich potenzielle Entwicklungskorridore aufgezeigt und überschläglich Maßnahmenkosten für die Schaffung eines leitbildkonformen Gewässerverlaufs zusammengetragen.

Zur weiteren Ausarbeitung des Projekts hat die Stadt Sundern inzwischen einen Planungsauftrag vergeben, der auch die Befassung mit den Maßnahmen enthalten wird, die für die Reduzierung des Hochwasserrisikos in Sundern-Hachen erforderlich sind. Den Prozess der dann externen Erstellung von Genehmigungsunterlagen und Ausführungsplänen sowie die nachfolgende Umsetzung der vorgesehenen Maßnahmen werden Ruhrverband und Stadt Sundern gemeinsam begleiten.

Auch wenn sich die Inhalte der Umsetzungsfahrpläne überwiegend mit den hydromorphologischen Verhältnissen der betroffenen Gewässer im Ruhreinzugsgebiet auseinandersetzen, so lassen sie doch auch weitere für die Gewässerökologie relevante Aspekte nicht außer Acht. Dies betrifft beispielsweise aufgrund der Schnittstelle zwischen Siedlungsentwässerung und Gewässer die Integralen Entwässerungsplanungen (IEP), die der Ruhrverband in Abstimmung mit seinen Kommunen nach einem zeitlich gestaffelten Arbeitsprogramm für alle Kläranlageneinzugsgebiete erstellt. Speziell im Fokus stehen dabei aus Sicht der Umsetzung der EG-WRRRL derzeit die IEP für die Kläranlagen Brilon und Iserlohn-Baarbachtal, da Untersuchungsergebnisse der Messstellen im Projektgebiet derzeit lediglich einen mäßigen saprobiellen Zustand aufzeigen. Dieser Umstand soll daher im Rahmen dieser IEP beleuchtet, potenzielle Belastungsursachen (Kläranlage, Niederschlagswasserbehandlungsanlage, struktureller Gewässerzustand etc.) betrachtet und in ihren Wirkzusammenhängen analysiert werden, um daraus resultierend ggf. mögliche Maßnahmenvarianten zur Zustandsverbesserung einschließlich ihrer Kosten und ökologischen Wirkung aufzuzeigen.



Bild 9.3: Absturzbauwerk in der Sorpe kurz vor der Einmündung in die Röhr
Fig. 9.3: Weir in the River Sorpe just before its mouth into the River Röhr.

Zu derartigen sich aus den Umsetzungsfahrplänen ergebenden Maßnahmen erwarten das MKULNV und die Bezirksregierung von den Entscheidungsgremien der Maßnahmenträger eine Erklärung, dass sie diese in dem von der EG-WRRRL hierfür vorgesehenen Zeitrahmen auch tatsächlich realisieren wollen. Dieser Vorgabe ist auch der Ruhrverband nachgekommen und hat in die derzeit aktuelle Fünfjahresübersicht (FJÜ) über die darin bereits enthaltenen IEP hinaus die drei vorgenannten Projekte aufgenommen. Gleiches ist dann auch für weitere Maßnahmen vorgesehen, mit denen sich der Ruhrverband sukzessive im Zuge des zweiten Bewirtschaftungszyklus der EG-WRRRL ab 2015 befassen wird. Dies trifft beispielsweise auf weitere Gewässerstrecken – die Ihne im Bereich der Biggetalsperre oder die Ruhr im Umfeld von Harkortsee und Hengsteysee – zu, für die der Ruhrverband unterhaltungspflichtig ist. Die abschließende Entscheidung zur Maßnahmendurchführung bleibt jedoch einer Einzelbetrachtung nach Prüfung verschiedener Voraussetzungen vorbehalten. Hierzu zählen die Analyse formaler, technischer und organisatorischer Aspekte (Genehmigungsfähigkeit, Flächenverfügbarkeit, Machbarkeit, Umsetzbarkeit etc.), die Ermittlung der Maßnahmenwirtschaftlichkeit über eine Kosten/Nutzen-Betrachtung sowie einer angemessenen finanziellen Maßnahmenförderung durch das Land NRW sowie die notwendige Verfügbarkeit eigener Mittel für den verbleibenden Eigenanteil. Sind diese Voraussetzungen erfüllt, wird der Ruhrverband jeweils anstehende Einzelmaßnahmen in die Verbandsgremien zur Genehmigung einbringen und in die Bau- und Maßnahmenpläne für die Verbandsunternehmen aufnehmen.

Neben fachlichen Angaben zu den als notwendig erachteten Maßnahmen enthalten die einzelnen Umsetzungsfahrpläne auch Aussagen zu den hiermit verbundenen Kosten. Diese beruhen jedoch in der Regel auf der Übernahme von in ähnlich gelagerten Projekten angefallenen Aufwendungen oder auf der Annahme monetärer längen- oder flächenspezifischer Einheitswerten. Daher ist eine verlässliche Kostenermittlung für die 23 Maßnahmenfelder, die den Ruhrverband als Maßnahmenträger sehen, zum jetzigen Zeitpunkt kaum möglich. Eine erste, grobe Kostenschätzung beläuft sich auf rd. 30.000.000 €. Unter Berücksichtigung einer landesseitigen Förderquote von 80 %, wie sie derzeit für Maßnahmen zur Verbesserung des hydromorphologischen Gewässerzustands und zur Wiederherstellung der Gewässerdurchgängigkeit gewährt wird, würden damit beim Ruhrverband rd. 6.000.000 € verbleiben, die für den Zeitraum der Umsetzung in den anstehenden Bewirtschaftungszyklen bis 2027 anfallen würden. Daraus ergibt sich ein Investitionsaufwand von etwa 400.000 € pro Jahr für Maßnahmen zur Umsetzung der EG-WRRRL in Trägerschaft des Ruhrverbands.

Mit Blick auf dieses Arbeitsfeld befindet sich der Ruhrverband in einem stetigen und konstruktiven Dialog mit den Aufsichtsbehörden. Er nutzt diesen Dialog auch, um sich mit seiner Expertise für die Interessen seiner Mitglieder, die im Rahmen ihrer Gewässerunterhaltungspflicht Maßnahmen aus den Umsetzungsfahrplänen als Pflichtaufgabe umzusetzen haben, im Hinblick auf eine kosteneffiziente Maßnahmenrealisierung einzusetzen.

10 Registrierte Gewässerverunreinigungen des Jahres 2012

Im Jahr 2012 wurden dem Ruhrverband und den Wasserwerken insgesamt sechs Gewässerverunreinigungen mit unterschiedlichen Auswirkungen auf die betroffenen Gewässer gemeldet. Ereignisse, bei denen es sich lediglich um vorsorgliche Meldungen handelte, sowie offensichtliche Bagatellfälle sind wie in der Vergangenheit nicht berücksichtigt. In der folgenden Aufstellung werden die relevanten Ereignisse des Kalenderjahres 2012 zusammengefasst und kurz erläutert:

- Am 29. Februar 2012 meldeten Spaziergänger eine geringe Schaumbildung auf der Ruhr unterhalb der Kläranlage Wickede. Untersuchungen des Ruhrwassers ergaben gering erhöhte Tensid-Gehalte. In der Kläranlage werden u.a. die betrieblichen Abwässer mehrerer metallbearbeitender Betriebe behandelt.
- Am 02. März 2012 ist bei Verpressarbeiten in Ufernähe zur Lenne bei Plettenberg-Ohle eine geringe Menge Zementsuspension in die Lenne geflossen. Negative Auswirkungen auf das Gewässer und insbesondere die ansässige Biozönose waren nicht festzustellen.
- Am 09. März 2012 floss durch einen Betriebsunfall (defekter Ölabscheider einer Baufirma) eine geringe Ölmenge in die Möhne etwa 400 m oberhalb der Mündung in die Ruhr. Die Trinkwassergewinnung des unterliegenden Wasserwerks Echthausen der Wasserwerke Westfalen (WWW) war nicht beeinträchtigt.
- Am 11. April 2012 wurden in der Ruhr bei Bochum-Dahlhausen etwa 30 bis 40 verendete kleine Fische entdeckt. Eine Untersuchung des Wassers ergab keinen Hinweis auf eine stoffliche Ursache. Laut Aussage des Chemischen Untersuchungsamtes Bochum sind die Fische möglicherweise aufgrund von Sauerstoffmangel in einem in die Ruhr mündenden Graben verendet.
- Anfang Mai 2012 waren an der Fürwiggetalsperre in den Zuläufen und den jeweiligen Vorbecken über 1.000 Frösche verendet. Die umfangreichen chemischen Untersuchungen inkl. verschiedenster Spurenstoffe des Talsperrenwassers und der Zuläufe ergaben keinen Hinweis auf eine stoffliche Ursache. Eine Giftigkeit gegenüber Fischeiern und Daphnien war ebenfalls nicht vorhanden. Untersuchungen durch das Institut für veterinärmedizinische Betreuung niederer Wirbeltiere und Exoten ergaben als Ursache einen starken Befall der Tiere mit *Batrachochytrium dendrobatidis*, der für das mittlerweile weltweite Phänomen des Amphibiensterbens verantwortlich ist. Dieser Hautpilz hat sich nach bekannt werdenden Epidemien in der Sierra Nevada, USA, mittlerweile auch in Europa immer weiter ausgebreitet. Er befällt die Haut, was zu einem regelrechten Austrocknen der Tiere führt. Die Folgen sind eine fortschreitende Lethargie, die Einstellung der Nahrungsaufnahme und der Herzstillstand bei den betroffenen Amphibien [10.1].
- Am 25. September 2012 war auf dem Hesperbach bei Velbert eine Schaumbildung zu beobachten. Der Schaum war wahrscheinlich über ein Hochwasserrückhaltebecken (HRB) des Bergisch-Rheinischen-Wasserverbands (BRW) in das Gewässer geflossen. Im Einzugsgebiet befinden sich eine Seifenfabrik sowie mehrere metallverarbeitende Betriebe, die auch Tenside in ihren Betriebsabläufen einsetzen.

Die stofflichen Ursachen der Gewässerverunreinigungen und die Auswirkungen auf die Gewässer zeigt die Tabelle 10.1. Dabei wird zwischen den Schutzgütern „Aquatische Lebensgemeinschaft“ und „Trinkwassergewinnung“ unterschieden. Zwei der sechs registrierten Gewässerverunreinigungen (Nr. 1; Nr. 6) waren auf Einträge von Abwässern zurückzuführen. Die stofflichen Ursachen für je einen Fall waren Einträge von Öl (Nr. 3) bzw. Industriechemikalien (Nr. 2). Die Ursachen waren hier betriebsbedingter Natur, entweder durch Unachtsamkeit oder durch besondere hydraulische Verhältnisse. Auswirkungen auf die Gewässerbiozönosen waren bei diesen Verunreinigungen nicht festzustellen. Zwei der aufgeführten Beeinträchtigungen der Gewässer waren mit Auswirkungen auf die aquatischen Lebensgemeinschaften verbunden. Während der erste dieser beiden Fälle auf eine Infektion von Fröschen (Nr. 5) zurückzuführen war, beruhte der zweite Fall auf einen wahrscheinlichen Sauerstoffmangel in einem zufließenden Graben.

Es bleibt festzustellen, dass sich in den letzten beiden Jahren lediglich knapp die Hälfte der relevanten Gewässerverunreinigungen (2012: 6 Ereignisse) wie im Durchschnitt in der vorangegangenen Dekade ereignet hat. Eines war mit einem Fischsterben und eines mit einem Froschsterben verbunden, wobei beide wahrscheinlich natürliche Ursachen hatten.

Tabelle 10.1: Schutzgutbezogene Bewertung der besonderen Ereignisse im Ruhreinzugsgebiet 2012
Table 10.1: Evaluation of special incidents in the Ruhr catchment area in 2012 in relation to the subject of protection

Vor-kommis	Gewässer	Stoffgruppe	Schutzgutbezogene Bewertung	
			Aquatische Lebens-gemein-schaften	Trink-wasser-gewin-nung
Lfd. Nr.				
1	Ruhr	Abwasser/Organisch	1	1
2	Lenne	Industriechemikalien	1	1
3	Möhne	Öl	1	1
4	Ruhr	evtl. Sauerstoffmangel	2	1
5	Fürwiggetalsperre	Pilz	3	1
6	Hesperbach	Abwasser/Organisch	1	1

Der Bewertung liegt folgende Einstufung zugrunde:
0 = Bewertung aufgrund fehlender Informationen nicht möglich
1 = keine bis geringe Auswirkung
2 = Mäßige Auswirkung
3 = Deutliche Auswirkung

[10.1] <http://www.welt.de/wissenschaft/article106266691/Frosch-Killer-verbreitet-sich-rasant-um-den-Globus.html>. Zugriff 18. März 2013

11 Leistungen der Kläranlagen des Ruhrverbands

Der Ruhrverband betreibt im Verbandsgebiet 68 Kläranlagen, um die anfallenden Haushalts- und Industrieabwässer sowie das mitzubehandelnde Niederschlagswasser unter Einhaltung der gesetzlichen Regelungen und Grenzwerte zu behandeln und in den natürlichen Wasserkreislauf zurückzuführen. Unter Berücksichtigung wirtschaftlicher Aspekte wird die Qualität des gereinigten Abwassers stets weiter verbessert und der notwendige Einsatz an Energie, Hilfs- und Betriebsstoffen optimiert. Alle Tätigkeiten des Ruhrverbands auf dem Gebiet der Abwasserreinigung unterliegen seit dem Jahr 2010 dem Technischen Sicherheitsmanagement (TSM), für das die Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e.V. (DWA) dem Ruhrverband das Gütesiegel verliehen hat.

Bei einem Anschlussgrad von rd. 98,7 % der Einwohner im Ruhreinzugsgebiet wurden auf den Verbandskläranlagen im Jahr 2012 rund 367 Mio. m³ Abwasser gereinigt. Dies entspricht einem Jahresmittelwert von 11,6 m³/s und liegt ca. 1 % über dem Vorjahreswert. Ein Anteil von 71 % dieser Menge entfällt auf die Jahresschmutzwassermenge mit rd. 261 Mio. m³. Die Differenz zur Jahresabwassermenge in Höhe von 106 Mio. m³ wird durch das auf den Kläranlagen mitbehandelte Niederschlagswasser gebildet. Die behandelten Abwassermengen und Jahresschmutzwassermengen der letzten fünf Jahre sind in Bild 11.1 dargestellt, dem auch der spezifische Abwasseranfall zu entnehmen ist. Durch den Anschluss der Kläranlage Ennepetal-Rüggeberg an die Anlage in Gevelsberg ist die Gesamtanzahl zum Ende des Jahres auf 68 Kläranlagen zurückgegangen. Die wichtigsten Kennzahlen für die Verbandskläranlagen sind Tabelle 11.1 zu entnehmen.

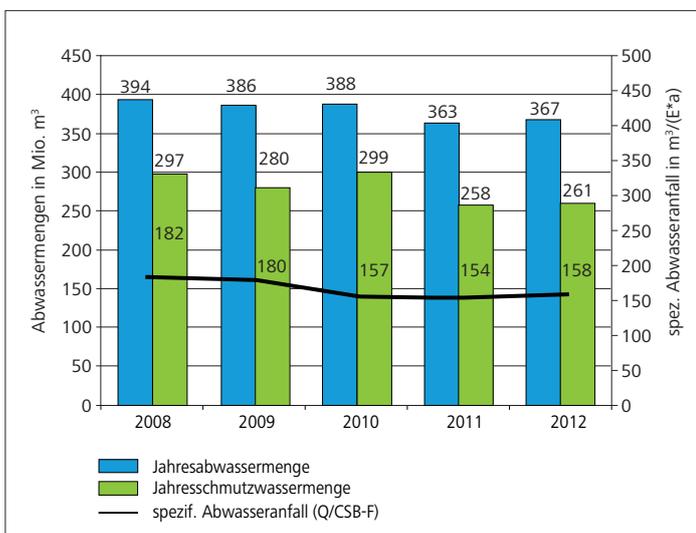


Bild 11.1: Abwassermengen und spezifischer Abwasseranfall der Ruhrverbandskläranlagen von 2008 bis 2012

Fig. 11.1: Sewage volumes and specific sewage loads at the Ruhrverband's sewage treatment plants from 2008 to 2012

Tabelle 11.1: Kennzahlen der Ruhrverbandskläranlagen für das Jahr 2012
Table 11.1: Parameters of the Ruhrverband's sewage treatment plants in 2012

Anzahl Kläranlagen	68
Jahresabwassermenge	367 Mio. m ³
Jahresschmutzwassermenge	261 Mio. m ³
Gesamt-Ausbaugröße aller Anlagen	3,2 Mio. E
Angeschlossene Einwohner (Einwohnerzahl)	2,1 Mio. E
Anschlussgrad	rd. 98,7%
Mittlere Einwohnerbelastung (Bezug: 120 g CSB / (E*d))	2,3 Mio. E
Verhältnis Ausbaugröße / Mittlere CSB-Belastung	1,4
85-Perzentil der Einwohnerbelastung (Bezug: 120 g CSB / (E*d))	2,9 Mio. E
Spezifischer Abwasseranfall (Bezug: mittlere CSB-Belastung)	158 m ³ / (E*a)

Um die Öffentlichkeit über die Qualität der Abwasserreinigung beim Ruhrverband in verständlicher Form zu informieren, wird alljährlich der aktuelle Stand der Reinigungsleistung der Verbandskläranlagen ermittelt. Die Berechnungen sind konform zu denen der DWA, die einen bundesweiten Leistungsvergleich aller Kläranlagen veröffentlicht [11.1]. Grundlage der Leistungszahlen bilden die mittleren Konzentrationen im Zulauf und Ablauf der Kläranlagen aus dem Jahr 2012 hinsichtlich der Kenngrößen Biochemischer Sauerstoffbedarf (BSB₅), Chemischer Sauerstoffbedarf (CSB), Phosphor (TP) sowie Ammoniumstickstoff (NH₄-N) und Gesamtstickstoff (TN). Die Ergebnisse im Ablauf entstammen im Wesentlichen den laufenden Untersuchungen des Betriebspersonals im Rahmen der Selbstüberwachung (SüwV), die ergänzt werden um die Ergebnisse der Aufsichtsbehörden. Die Untersuchungsergebnisse aus den Zuläufen der Kläranlagen werden durch das Kooperationslaboratorium beigesteuert. In den zugehörigen Auswertungen wird die Kläranlage Hagen-Boele nicht berücksichtigt, deren kommunales Abwasser auf einer industriellen Anlage biologisch mitbehandelt wird. Tabelle 11.2 enthält zahlenmäßig die frachtgewichteten Zu- und Ablaufkonzentrationen im Abwasser für das Jahr 2012.

Der Vergleich dieser Werte mit den Ergebnissen aus dem bundesweiten Leistungsvergleich 2011 der DWA zeigt, dass die Ablauf-

Tabelle 11.2: Mittlere Konzentrationen im Zu- und Ablauf der Ruhrverbandskläranlagen im Jahr 2012

Table 11.2: Average concentrations in the inlet and outlet of the Ruhrverband's sewage treatment plants in 2012

	Zulauf	Ablauf
Biochemischer Sauerstoffbedarf (BSB ₅)	106 mg/l	3,3 mg/l
Chemischer Sauerstoffbedarf (CSB)	281 mg/l	20,1 mg/l
Ammonium-Stickstoff (NH ₄ -N)		1,1 mg/l
Anorganisch gebundener Stickstoff (TIN)		7,1 mg/l
Gesamtstickstoff (TN)	30,3 mg/l	8,2 mg/l
Gesamtphosphor (TP)	4,1 mg/l	0,54 mg/l

werte der Ruhrverbandskläranlagen um ca. 10 % unter den bundesweiten Durchschnittswerten liegen. Deutlich anders zeigt sich das Bild bei den Zuläufen der Ruhrverbandsanlagen, deren Konzentrationen weit unter den bundesweiten Vergleichszahlen liegen. Wird beim CSB bundesweit eine durchschnittliche Zulaufkonzentration von 558 mg/l bestimmt, so liegt dieser Wert NRW-weit bei 438 mg/l. Der im Ruhreinzugsgebiet festgestellte Wert von 281 mg/l beträgt nur noch rd. 50 % des bundesweiten Wertes und ist ein deutliches Indiz für eine starke Verdünnung durch Fremdwasser. Dementsprechend liegt der spezifische Abwasseranfall von 158 m³ je Einwohner und Jahr beim Ruhrverband um 100 % über dem bundesweiten Wert von 79 m³/(E•a). Bezugswerte sind die Einwohnerwerte aus der mittleren CSB-Belastung.

Die nationale Abwasserverordnung regelt emissionsseitig die Mindestanforderungen an die Einleitung von behandeltem Abwasser. Seit Abschluss des Ausbauprogramms für die Ruhrverbandskläranlagen werden diese Vorgabewerte von allen Kläranlagen eingehalten. Die in den behördlichen Bescheiden geforderten Grenzkonzentrationen werden teilweise deutlich unterschritten. Die Darstellung dieser Unterschreitungen zeigt Bild 11.2 als Gesamtergebnis der Ruhrverbandskläranlagen. Als Vergleichswert wird der 80-Perzentilwert der jeweiligen Kenngröße zur Abbildung der sogenannten „4 aus 5“-Regelung verwendet. Für das Gesamtergebnis erfolgt eine Wichtung dieser Werte über die Wassermenge, die den ebenso gewichteten Überwachungswerten der einzelnen Kläranlagen gegenüber gestellt werden. Besonders beim Ammoniumstickstoff ist eine deutliche Unterschreitung der Bescheidwerte festzustellen, die in den Sommermonaten 88 % beträgt. Überwachungswerte für die Kläranlagen bzgl. Stickstoff bestehen wegen der erschwerten Bedingungen bei niedrigen Temperaturen lediglich für Abwassertemperaturen über 12 °C. Als überobligatorischer Aufwand für die Ruhrverbands-Mitgliedergruppe der Wasserentnehmer erfolgt auch in den Wintermonaten eine gezielte

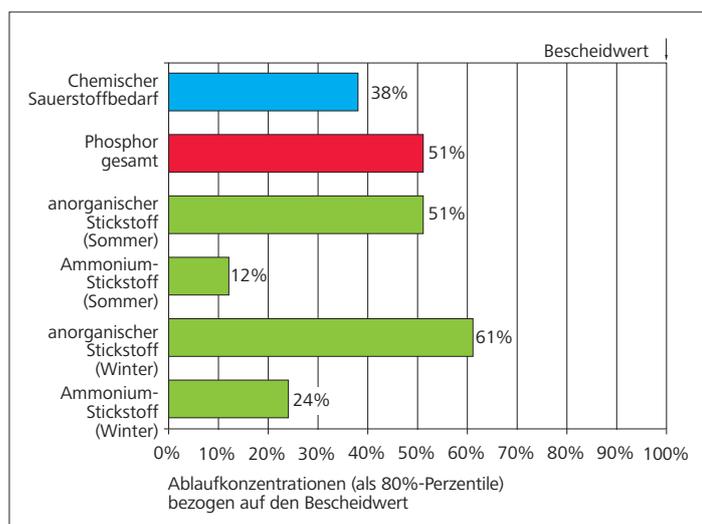


Bild 11.2: Verbesserte Reinigungsleistung der Ruhrverbandskläranlagen gegenüber den behördlichen Bescheidwerten (100 %) im Jahr 2012
 Fig. 11.2: Improved treatment performance of the Ruhrverband's sewage treatment plants compared to the official requirements (100 %) in 2012

Tabelle 11.3: Jahresfrachten im Zu- und Ablauf der Ruhrverbandskläranlagen im Jahr 2012

Table 11.3: Average annual loads in the inlet and outlet of the Ruhrverband's sewage treatment plants in 2012

	spez. Zulauffracht	Zulauffracht	Ablauffracht	Abbaugrad
CSB	120 g/(E•d)	101,80 Mio. kg	6,81 Mio. kg	93,3 %
TN	13,0 g/(E•d)	11,01 Mio. kg	2,81 Mio. kg	74,5 %
TP	1,7 g/(E•d)	1,48 Mio. kg	0,19 Mio. kg	87,4 %

Nitrifikation und Denitrifikation auf den Kläranlagen. In dieser Zeit wird der Bescheidwert beim Ammoniumstickstoff noch um 76 % unterschritten.

Den Verbandskläranlagen wurde im Jahr 2012 eine Gesamtzulauffracht von rd. 101,8 Mio. kg CSB zugeführt. Bei einem spezifischen Wert von 120 Gramm CSB je Einwohner und Tag lässt sich daraus die Bezugsgröße von 2,32 Mio. Einwohnerwerten (E) als mittlere Belastung berechnen. Der 85-Perzentilwert der CSB-Zulaufbelastung betrug im Jahr 2012 2,9 Mio. E, dem beim Ruhrverband eine Behandlungskapazität von rd. 3,2 Mio. E gegenüber steht. Im Mittel weist eine Ruhrverbandskläranlage eine Ausbaugröße von rd. 47.000 E auf. An die Ruhrverbandsanlagen angeschlossen sind rd. 2,1 Mio. Einwohner als Einwohnerzahl.

Ein Vergleichswert zur Beurteilung der Zulaufverhältnisse sind die spezifischen Frachten in Gramm je Einwohner und Tag, die sich aus dem Bezugswert CSB-Belastung berechnen lassen. Tabelle 11.3 enthält die Kennwerte für das Ruhreinzugsgebiet, die für Stickstoff 13,0 g/(E•d) und für Phosphor 1,7 g/(E•d) betragen. Die letzten bundesweiten Kennwerte aus dem DWA-Leistungsvergleich 2010 betragen 11,2 g/(E•d) bzw. 1,8 g/(E•d). Die zeitliche Entwicklung der Gesamtfrachten aller behandelten Abwässer im Zu- und Ablauf der Verbandskläranlagen wird in den Bildern 11.3, 11.4 und 11.5 für die Kenngrößen CSB, Stickstoff und Phosphor grafisch dargestellt.

Durch die Abwasserreinigung entstehen zwangsläufig Reststoffe in Form von Rechengut, Sandfanggut und Klärschlamm. Ziel unterschiedlicher Maßnahmen ist es, die Reststoffe in ihrer Menge zu minimieren und möglichst einer Verwertung zuzuführen bzw. schadlos zu beseitigen – dies auch unter besonderer Beachtung wirtschaftlicher Gesichtspunkte. Der anfallende Rohschlamm ist mengenmäßig der größte Anteil und muss zunächst stabilisiert werden, um Geruchsbelästigungen zu vermeiden und eine effektive Weiterbehandlung zu ermöglichen. Die Stabilisierung erfolgt für 97 % der Mengen anaerob in Faulbehältern, wodurch eine Reduzierung der Feststoffmenge um 40 % erreicht wird. Um den Wasseranteil zu verringern, werden alle Schlämme anschließend entwässert, wodurch die Transportbedingungen verbessert und die Voraussetzung für eine thermische Behandlung geschaffen

[11.1] Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e.V. (DWA): Leistungsvergleich kommunaler Kläranlagen 2011. In: Korrespondenz Abwasser Heft 12 / 2012

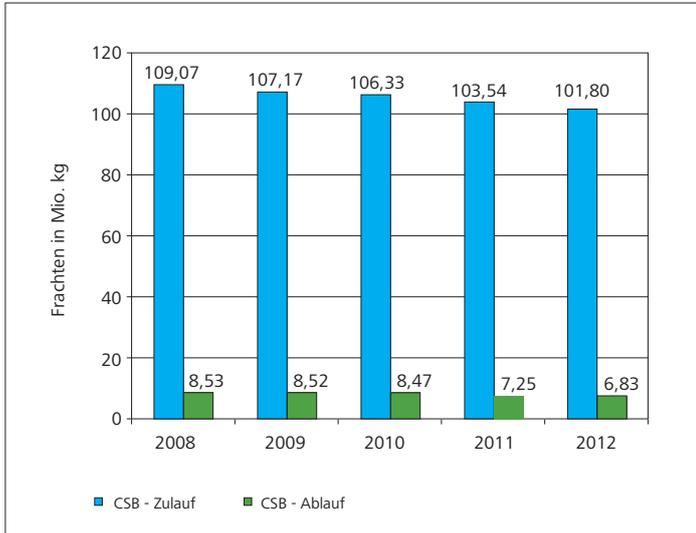


Bild 11.3: Mittlere Jahresfrachten CSB im Zu- und Ablauf der Ruhrverbandskläranlagen von 2008 bis 2012

Fig. 11.3: Average annual loads of COD in the inlet and outlet of the Ruhrverband's sewage treatment plants from 2008 to 2012

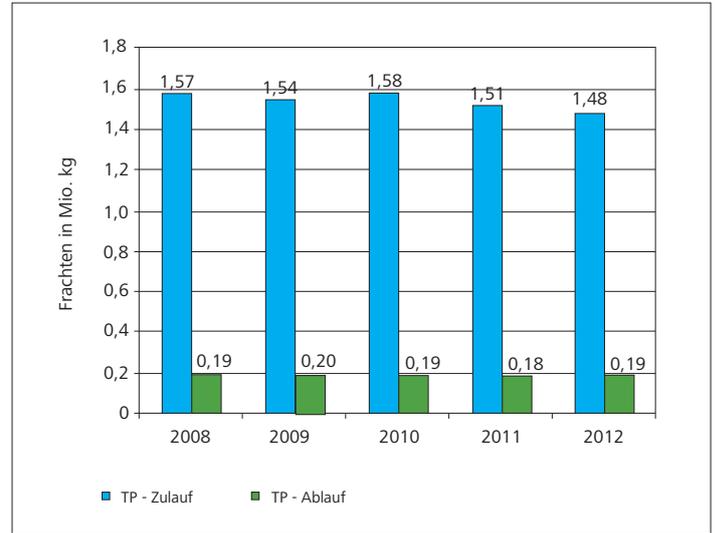


Bild 11.5: Mittlere Jahresfrachten Gesamtphosphor im Zu- und Ablauf der Ruhrverbandskläranlagen von 2008 bis 2012

Fig. 11.5: Average annual loads of total phosphorus in the inlet and outlet of the Ruhrverband's sewage treatment plants from 2008 to 2012

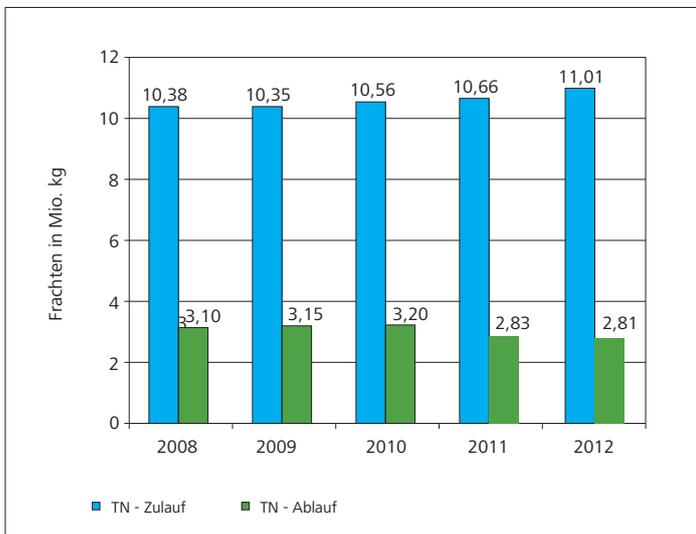


Bild 11.4: Mittlere Jahresfrachten Gesamtstickstoff im Zu- und Ablauf der Ruhrverbandskläranlagen von 2008 bis 2012

Fig. 11.4: Average annual loads of total nitrogen in the inlet and outlet of the Ruhrverband's sewage treatment plants from 2008 to 2012

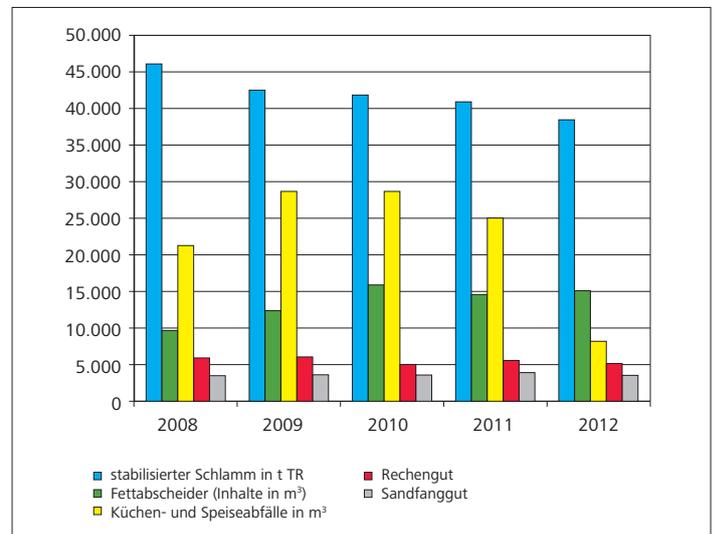


Bild 11.6: Reststoffmengen und angelieferte Co-Substrate der Jahre 2008 bis 2012

Fig. 11.6: Residue volumes and supplied co-substrates from 2008 to 2012

werden. Gegenüber dem Vorjahr ist der Schlammanfall an stabilisiertem Schlamm um 6 % zurückgegangen, sodass im Jahr 2012 insgesamt 38.261 t Trockenmasse in Verbrennungsanlagen entsorgt werden mussten.

Bild 11.6 zeigt die angefallenen Reststoffmengen der Jahre 2008 bis 2012 an stabilisiertem Schlamm, Rechen- und Sandfanggut. Daneben sind die angelieferten Mengen an Küchen- und Speiseabfällen sowie die Fettabscheiderinhalte für die Co-Vergärung dargestellt, durch die ein höherer Gasanfall für die Eigenenergieer-

zeugung ermöglicht wird. Wegen der Selbstverwertung bei den Küchen- und Speiseabfällen durch die Abfallentsorger ergab sich ein Rückgang bei der Annahme dieser Stoffe um 68 %. Das Sandfanggut wird zu 68 % durch Wäscher von organischen Stoffen befreit und steht für die Verwertung z.B. im Straßenbau zur Verfügung. Insgesamt wird Sandfanggut zu 66 % wiederverwertet und der restliche Anteil auf Deponien verbracht. Pressen bzw. Waschpressen sorgen beim Rechengut für eine deutliche Massenreduktion. Die entsorgten Massen im Jahr 2012, die zu 100 % verbrannt wurden, sind im Detail Tabelle 11.4 zu entnehmen.

Tabelle 11.4: Reststoffmengen der Ruhrverbandskläranlagen im Jahr 2012
 Table 11.4: Residue volumes of the Ruhrverband's sewage treatment plants in 2012

Angefallener stabilisierter Klärschlamm	38.261 t TR
Rechengutmenge	5.064 t
Sandfanggutmenge	3.429 t
Angelieferte Küchen- und Speiseabfälle	7.963 m ³
Angelieferte Fettabscheiderinhalte	14.977 m ³

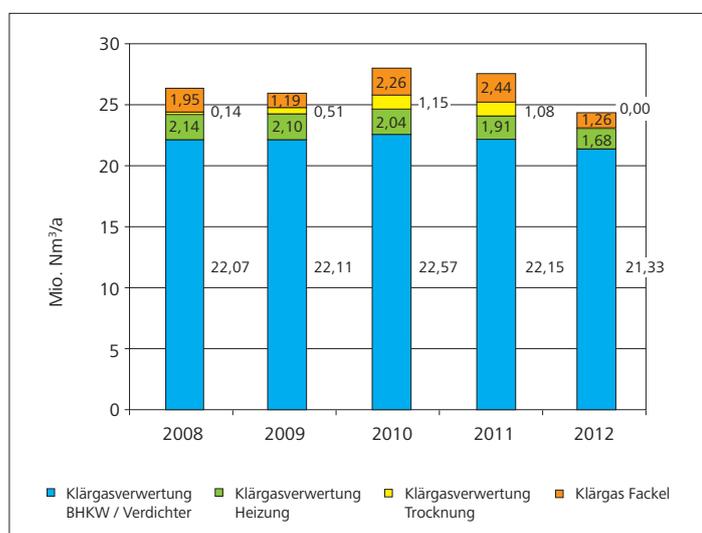


Bild 11.7: Klärgasverwertung auf den Ruhrverbandskläranlagen von 2008 bis 2012

Fig. 11.7: Sewage gas utilisation at the Ruhrverband's sewage treatment plants from 2008 to 2012

Ein erheblicher Bestandteil der Betriebskosten sind die Energiekosten. Die zumeist elektrisch betriebenen Verdichter für die Sauerstoffversorgung der Mikroorganismen in den Belebungsbecken haben daran den größten Anteil. So sind Maßnahmen zur effizienteren Energienutzung in Kombination mit alternativer Energieerzeugung geeignet, die Energiekosten positiv zu beeinflussen. Beim Ruhrverband werden systematisch die Kläranlagen einer Energieanalyse unterzogen, um evtl. noch nicht gehobene Einsparpotenziale auszuloten und den Energieeinsatz zu optimieren.

Um den Energiebezug zu senken, werden auf 27 Kläranlagen Blockheizkraftwerke (BHKW) eingesetzt. Die durch das entstehende Faulgas angetriebenen Motoren erzeugen Strom und Wärme, die nahezu vollständig auf der Kläranlage genutzt werden. Der nicht auf der Anlage zu verwertende Strom wird entweder ins öffentliche Stromnetz eingespeist oder über eigene Kabelwege anderen Ruhrverbandsanlagen zugeführt. Um den Faulgasanfall zu erhöhen, betreibt der Ruhrverband auf 9 Anlagen eine Co-Vergärung. Dabei werden die zu entsorgenden Küchen- und Speiseabfälle sowie die Inhalte von Fettabscheidern zusammen mit den angefallenen Klärschlämmen behandelt. Durch den Rückgang der CSB-Zulaufbelastung und der Abnahme bei den Küchen- und Speiseabfällen sinkt die Reststoffmenge an stabilisiertem Schlamm in 2012 um rd. 6 %. Dadurch sinkt auch der Gasertrag, der in

2012 mit 24,3 Mio. Norm-m³/a um 12 % unter dem Vorjahrs-wert liegt. Die zeitliche Entwicklung der Gasverwertung beim Ruhrverband ist Bild 11.7 zu entnehmen. Im Jahr 2012 betrug die betrieblich unvermeidbaren Fackelverluste rd. 5 % des Gasanfalls, dessen Vorjahreswert noch bei 9 % lag.

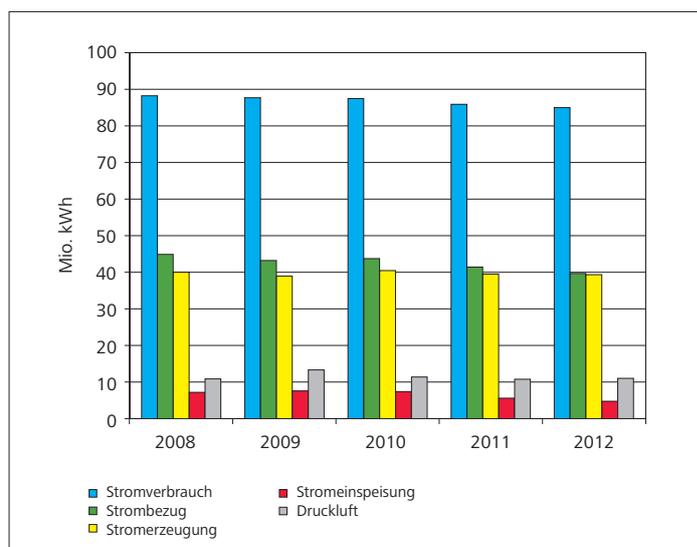


Bild 11.8: Energieeinsatz auf den Ruhrverbandskläranlagen von 2008 bis 2012

Fig. 11.8: Energy volume and usage at the Ruhrverband's sewage treatment plants from 2008 to 2012

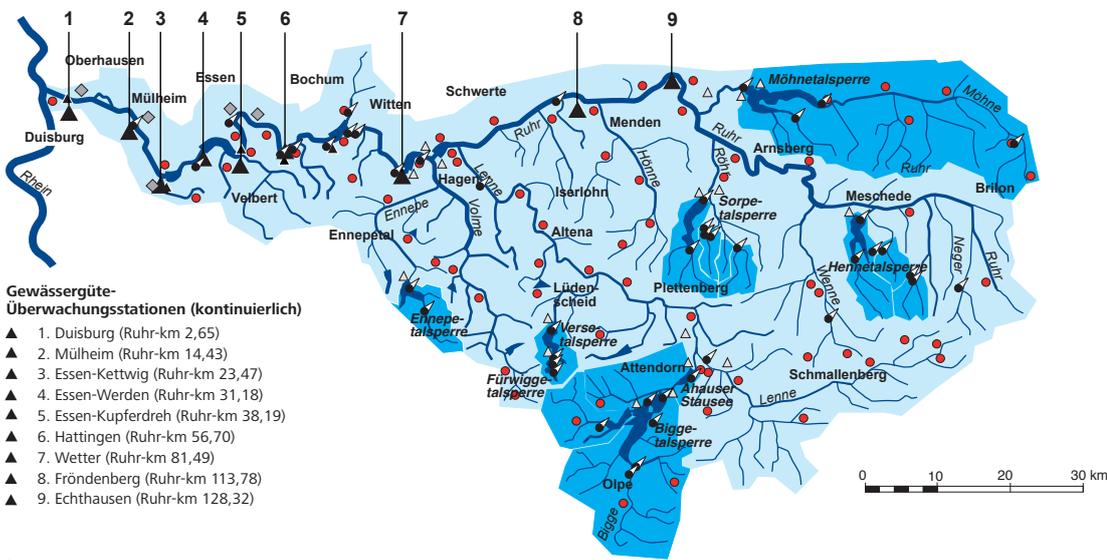
In der Summe aller Maßnahmen konnte in den letzten 5 Jahren der Gesamtstromverbrauch der Kläranlagen um 4 % gesenkt werden auf rd. 85 Mio. kWh/a. Einen relativ konstanten Anteil liefern die BHKW mit rd. 39 Mio. kWh/a, wodurch der Strombezug seit dem Jahr 2008 um 12 % gesenkt werden konnte. Die zeitliche Entwicklung bei Verbrauch, Bezug und Erzeugung von Strom beim Ruhrverband zeigt Bild 11.8. Zusätzlich enthält diese Darstellung den Energieeinsatz bei den durch Faulgas direkt angetriebenen Verdichtern für Druckluft. Die Zahlenwerte zum Energieeinsatz im Jahr 2012 enthält Tabelle 11.5.

Tabelle 11.5: Energieanfall und -verwertung auf den Ruhrverbandskläranlagen im Jahr 2012

Table 11.5: Energy volume and usage at the Ruhrverband's sewage treatment plants in 2012

Klärgasanfall	24,3 Mio. m ³
Klärgasverwertung	23,0 Mio. m ³
Strombezug Kläranlagen	39,5 Mio. kWh
Stromerzeugung	39,2 Mio. kWh
Stromeinspeisung	4,4 Mio. kWh
Verdichtete Luft und Freistrom	10,5 Mio. kWh
Gesamtstromverbrauch Kläranlagen	84,9 Mio. kWh

Der Ruhrverband in Zahlen



Gewässergüte-Überwachungsstationen (kontinuierlich)

- ▲ 1. Duisburg (Ruhr-km 2,65)
- ▲ 2. Mülheim (Ruhr-km 14,43)
- ▲ 3. Essen-Kettwig (Ruhr-km 23,47)
- ▲ 4. Essen-Werden (Ruhr-km 31,18)
- ▲ 5. Essen-Kupferdreh (Ruhr-km 38,19)
- ▲ 6. Hattingen (Ruhr-km 56,70)
- ▲ 7. Wetter (Ruhr-km 81,49)
- ▲ 8. Fröndenberg (Ruhr-km 113,78)
- ▲ 9. Echthausen (Ruhr-km 128,32)

- ▲ 8 Talsperren
- ▲ Einzugsgebiete der Talsperren

- ▲ 5 Stauseen
- 68 Kläranlagen mit insgesamt 556 Niederschlagswasserbehandlungsanlagen
- ◆ 5 Rückpumpwerke
- ◆ 47 Gewässerpegel (RV anteilig)
- ▲ 17 Wasserkraftwerke
- ▲ 9 Gewässergüte-Überwachungsstationen
- ▲ 117 Pumpwerke

Charakterisierung des Ruhrinzugsgebiets nach EG-WRRL

Fläche:	4.485 km ²
Höhenverhältnisse:	20 bis 800 m ü. NN
Anzahl der Planungseinheiten:	9
Gesamtlänge der Fließgewässer:	-7.000 km
Anzahl Gewässer im Einzugsgebiet	> 10 km ² : 122
Anzahl Grundwasserkörper	30
185 natürliche und 80 als erheblich verändert ausgewiesene Wasserkörper	

BETRIEBSANLAGEN

Bereich Wassergütwirtschaft

Kläranlagen	68
Niederschlagswasserbehandlungsanlagen	556
Stauseen	5
Pumpwerke	117
Wasserkraftwerke	3

Bereich Wassermengenwirtschaft

Talsperren	8
Gesamtstauraum (in Millionen m ³)	462,9
Rückpumpwerke	5
Wasserkraftwerke	14

MITGLIEDER

Mitglieder insgesamt	532
----------------------	-----

BESCHÄFTIGTE

MitarbeiterInnen in Vollzeitäquivalenten	958
--	-----

FINANZEN JAHRESABSCHLUSS 2011

Anlagevermögen zu AHK	2.930,5 Millionen Euro
Umsatz	290,5 Millionen Euro
davon Verbandsbeiträge	266,8 Millionen Euro
Eigenkapitalquote	32,4 Prozent
Investitionen	19,1 Millionen Euro

LEISTUNGEN DER WASSERGÜTEWIRTSCHAFT

Abwasserentsorgung eines Gebietes mit 2,06 Millionen Einwohnern *
Anschlussgrad rd. 98,7 Prozent *
Gesamtkapazität der 69 Kläranlagen 3,265 Millionen Einwohnerwerte
Gesamtabwasservolumen
(einschließlich Niederschlagswasser) 367 Millionen m³/Jahr

Ablaufwerte des gereinigten Abwassers (mengengewichtete Mittelwerte)

Biochemischer Sauerstoffbedarf (ATH-BSB₅) 3,3 mg/l
Chemischer Sauerstoffbedarf (CSB) 20,1 mg/l
Ammonium-Stickstoff (NH₄-N) 1,1 mg/l
Stickstoff (N_{anorganisch}) 7,1 mg/l
Stickstoff (N_{gesamt}) 8,2 mg/l
Phosphor (P_{gesamt}) 0,54 mg/l

Klärschlammbehandlung
entsorgte Trockenmasse von 38.268 t_{TR}/Jahr

* 30. 6. 2012

LEISTUNGEN DER WASSERMENGENWIRTSCHAFT

Sicherung der Wasserversorgung
eines Gebiets mit 4,6 Millionen Einwohnern
bei einer Entnahme für die Versorgung
innerhalb des Ruhreinzugsgebiets von 323 Millionen m³ Wasser
bei einer Entnahme für die Versorgung
außerhalb des Ruhreinzugsgebiets
(einschließlich aller Wasserverluste) von 212 Millionen m³ Wasser
Schutz vor Hochwasser und Wassermangel
(bezogen auf die Ruhrmündung)
durch Verringerung des Maximalabflusses von 602 auf 468 m³/s
durch Erhöhung des Minimalabflusses von 0,0 auf 18,6 m³/s

SONSTIGE LEISTUNGEN

Qualitätsüberwachung und Beratung

Probenahmen mit insgesamt 240.000 Bestimmungen

Stromerzeugung

LLK-Biggegruppe 30,2 Millionen kWh
LLK-Nordgruppe 29,2 Millionen kWh
Ruhrverbands-Stauseen 75,7 Millionen kWh
Blockheizkraftwerke auf Kläranlagen 39,2 Millionen kWh
Stromerzeugung insgesamt 174,3 Millionen kWh

Forstwirtschaft und Fischerei

Aufforstungsfläche 16,5 Hektar
Fischereierlaubnisscheine 5.132 Stück

Stand: 31. Dezember 2012

Die Arbeitsgemeinschaft
der Wasserwerke an der Ruhr e. V. (AWWR) im Jahr 2012



Seit November 2012 in Betrieb: die Ultrafiltration im Wasserwerk Fröndenberg-Menden.





Dr. Christoph Donner

Die Mitgliedsunternehmen der Arbeitsgemeinschaft der Wasserwerke an der Ruhr e.V. (AWWR) nutzen das Oberflächen- und künstlich angereichertes Grundwasser der Ruhr als Rohwasser, um daraus qualitativ hochwertiges Trinkwasser für mehr als 4,6 Millionen Menschen zu gewinnen. Der Ruhrgütebericht, der transparent die qualitative, quantitative und ökologische Situation in Zahlen, Daten, Fakten sowie Hintergrundinformationen wiedergibt, zeigt den aktuellen Stand der Ruhrwasserqualität. Betrachtet man die Themen-Inhalte bis zum heutigen 40. Ruhrgütebericht, so ist deutlich eine Veränderung zu erkennen.

Die Mengendiskussion steht nicht im Vordergrund, hat aber trotzdem Relevanz. So werden zum Beispiel bei Projekten in Bezug auf Klimawandel und Klimaanpassungsstrategien Zukunftskonzepte erarbeitet. Unter den definierten Bewertungskriterien können die aktuell eingeleiteten Maßnahmen für die Gewinnung, Aufbereitung und Verteilung grundsätzlich als ausreichend angesehen werden. Jedoch bedarf es bei geänderten Rahmenbedingungen oder neuen Erkenntnissen aus der Klimaforschung für die drei genannten Prozesse jeweils einer erneuten Überprüfung.

Der Hauptfokus der AWWR-Aktivitäten liegt aktuell auf der Betrachtung der stofflichen Belastung der Ruhr – hier besonders das Monitoring organischer Spurenstoffe. Standardisierte Untersuchungsprogramme werden kontinuierlich weiterentwickelt. Treiber für stoffliche Veränderungen ist der gesellschaftliche Wandel, der sich als Summenwirkung in der Umwelt und damit auch in der Ruhr wiederfindet. Als Beispiel für stoffliche Triebkräfte kann die Veränderung der Arzneimittelmengen und -wirkstoffe aufgrund des demografischen Wandels, die Weiterentwicklung von technischen Produktoptimierungen durch Nanopartikel oder auch der Einsatz von Seltenen Erden in Konsumgütern (Katalysatoren) aufgeführt werden. Auch die Gewinnung von Erdgas aus unkonventionellen Lagerstätten durch Fracking stellt für die Trinkwasserver-

sorgung an der Ruhr ein aktuell nicht einzugrenzendes Risiko dar. Deswegen setzt sich die AWWR aktiv dafür ein, hierauf im Ruhreinzugsgebiet bis zur Klärung der Risikopositionen zu verzichten. Für ein Fracking-Verbot in Wasserschutzgebieten gibt es bereits eine breite Zustimmung. Auf Basis der bisher erstellten Gutachten sind viele Fragen offen, die in den nächsten Jahren noch behandelt und wissenschaftlich geklärt werden müssen. Solange sollte eine Erdgasförderung mittels Fracking-Methode unzulässig sein.

Die Verfeinerung der analytischen Untersuchungsmethoden gewährt uns einen immer tieferen Einblick in die stoffliche Zusammensetzung des Wassers. Trinkwasser wird auch künftig Stoffspuren aufweisen. Entscheidend ist, welche Konzentration von Einzelstoffen und Stoffgemischen für einen lebenslangen menschlichen Genuss unbedenklich sind. Dieses zu bewerten, geschieht auf Basis von humantoxikologischen Kriterien. In 2012 stand auch der Schutz des sensiblen aquatischen Ökosystems sehr intensiv in der Diskussion. Hierzu werden ökotoxikologische Kriterien als Bewertungsmaßstab herangezogen. In der Überarbeitung der EU-Richtlinie „Umweltqualitätsnormen“ (UQN; 2008/105/EG) werden Normen definiert, die dazu dienen, den guten ökologischen Zustand der Fließgewässer zu erhalten oder zu erreichen. Zugleich soll eine sichere Aufbereitung von Trinkwasser mit einfachen, naturnahen Verfahren ermöglicht werden. Die festgesetzten Konzentrationen sollen grundsätzlich nicht überschritten werden (Maximalwert) und damit einem vorausschauenden Ressourcenschutz entsprechen. Die Auswahl relevanter anorganischer und organischer Stoffe spiegelt die intensive Befassung mit den Befunden in Gewässern und deren Auswirkungen auf die aquatische Lebewelt wider. Die teilweise erhebliche Diskrepanz zwischen den Anforderungen an die Qualität von Gewässern (UQN) und den Anforderungen an die Qualität von Rohwasser zur Trinkwasseraufbereitung ist allerdings gegenüber der Öffentlichkeit schwer zu vermitteln. Die Herleitung der Normen und deren Zielrichtung bedarf unbedingt einer verständlichen Erläuterung für die Bevölkerung. Es muss klargestellt werden, dass sie weitgehend dazu dienen, die Lebewelt in den Gewässern zu erhalten und zu verbessern.

Das Ziel der Einführung „Prioritärer Stoffe“ mit entsprechenden Umweltqualitätsnormen ist die Beurteilung und der Nachweis der Verbesserung des chemischen Zustandes der Gewässer. Sind ein oder mehrere Qualitätsnormen überschritten, so ist der gute chemische Zustand und damit auch der gute Zustand des Oberflächengewässers nicht erreicht. Hier müssen dann die Ursachen der Qualitätsnormüberschreitung ermittelt und Maßnahmen zur Reduzierung des Eintrags des (r) betreffenden Stoffe(s) vorgenommen werden. Es ist aus Sicht der AWWR zu begrüßen, wenn Umweltqualitätsnormen so angelegt sind, dass sie darauf hinwirken, die Gewässerqualität zu verbessern. Eine besondere Herausforderung stellt sich in der „analytischen Anreizregulierung“, die umweltpolitisch angestrebt wird, da die hierfür erforderlichen analytischen Kontrollinstrumente für bestimmte Stoffe erst noch weiterentwickelt werden müssen. Einzelne Bestimmungsgrenzen (Nachweisgrenze) liegen heute noch deutlich über den Zielwerten, so dass dieses Radarsystem erst mittelfristig zur Erfassung dient. Dieses muss auch der Öffentlichkeit vermittelt werden.

Analyse-Methoden wie die Non-Target-Analytik werden uns innerhalb der nächsten drei bis fünf Jahre helfen, auffällige Stoffe weitergehend zu identifizieren. Diese Methode ist geeignet, das Stoffspektrum in der Ruhr besser zu erkennen, zu vergleichen und auftretende Veränderungen darzustellen. Es ermöglicht auch, unbekannte Spurenstoffe und Transformationsprodukte zu identifizieren und zu quantifizieren. Der Einsatz wird aktuell unter anderem in dem Forschungsprojekt Risikomanagement von neuen Schadstoffen und Krankheitserregern im Wasserkreislauf (RiSKWa) des Bundesministerium für Bildung und Forschung weiter untersucht. Je mehr Transparenz wir über die Stoffquellen und Stoffveränderung erhalten, desto besser. Jedoch müssen auch die Überwachungs- und Einleitungsgenehmigungen auf diese Methode verpflichtet werden. Das Verursacherprinzip muss weiter in den Fokus genommen werden. Fragen der Bewertung der Zustandsstörung durch Stoffeinträge und deren Kostenerstattung sollten zu einem neuen Ansatz der Ressourcennutzung führen.

In zahlreichen Wasserwerken an der Ruhr wird die Aufbereitung in den kommenden Jahren erweitert - ein wichtiger Beitrag zur Vorsorge. Stoffe, die nicht in dem analytischen Radarsystem erfasst werden, sollen damit zurückgehalten werden. Mit mehr als 300 Millionen Euro Gesamtinvestitionen bis 2018 ergibt sich so ein Bauzeitenplan für die Maßnahmen, der von der AWWR Schritt für Schritt auf ihrer Homepage in einem Fortschrittsbericht transparent dargestellt wird (<http://www.awwr.de/aufbereitung.html>). Im diesjährigen Ruhrgütebericht werden exemplarisch zwei Beispiele dargestellt: die Erweiterung der Wasseraufbereitung im Wasserwerk Langel/ Arnsberg und die Kooperation der Stadtwerke Menden und Fröndenberg beim Bau einer gemeinsamen Aufbereitung. Die Rahmenbedingungen für die Wasserversorgung an der Ruhr unterliegen kontinuierlich einem Veränderungsprozess. Um den aktuellen Stand der Technik für die Prozesse Gewinnung, Aufbereitung und Verteilung darauf zielgerichtet anzupassen, engagieren sich die Wasserversorger an der Ruhr in nationalen und internationalen Forschungs- und Entwicklungsprojekten. Ein Beitrag befasst sich mit diesem Thema. Auch hier gilt es, Leistungen und Ergebnisse bei Forschung und Entwicklung transparent darzustellen und der Öffentlichkeit zu vermitteln.

Neue technologische Ansätze, wie zum Beispiel die Nanotechnologie, bieten Chancen und Risiken für die Wasserwirtschaft. Es muss noch bewertet werden, wie effizient, ökologisch und ökonomisch die Nutzung der Nanotechnologie in der traditionellen Wasser- und Abwasserwirtschaft zu prozess-, material- und messtechnischen Lösungen oder Herausforderungen führt. Das Potenzial der Nanotechnologie zur Entfernung von Schadstoffen oder die Elimination von Mikroorganismen wird weiter erforscht. Gesellschaftlich werden diese Technologien schon heute eingesetzt. Funktionskleidung („Silbersocke“) steht nur exemplarisch für eine neue stoffliche Veränderung, die sich auch auf die Ruhr auswirkt. Das Vorkommen von Silber und Titan wurde daher untersucht.

Um gezielt Veränderungen im Stoffspektrum der Ruhr festzustellen, führt die AWWR jedes Jahr zusätzlich zu den Untersuchungen der Wasserversorgungsunternehmen ein abgestimmtes Messprogramm durch. Die Erkenntnisse geben Aufschluss über Handlungsnotwendigkeiten oder Entwicklungstrends. Für 2012 zeigte sich, dass die Muster der Analysebefunde in den verschiedenen Monitoringabschnitten zwischen 2008 und 2012 sich sowohl hinsichtlich der stofflichen Auftretenshäufigkeit als auch hinsichtlich der gefundenen Konzentrationshöhen einander ähnlich sind.

Eine freiwillige Vereinigung wie die AWWR lebt davon, dass sich Vertreter der Mitgliedsunternehmen in der Gremienarbeit engagieren. Auch das Engagement der Mitarbeiter ist wichtig. So möchte ich mich an dieser Stelle ganz herzlich bei allen Ausschussmitgliedern und aktiven Mitgliedern der AWWR bedanken. Die erbrachten Leistungen gehen über das unternehmerische Engagement hinaus und werden oft in der Freizeit erbracht. Das fachliche Ergebnis dieser Leistungen wird durch die Berichte der Ausschüsse traditionell im Ruhrgütebericht dargestellt.

Die Erfahrung aus dem PFT-Skandal, aber auch die Erkenntnis der Notwendigkeit einer Optimierung der öffentlichen Kommunikation zum „Stoff des Monats“ hat dazu geführt, dass die Mitglieder der AWWR mit dem Umweltministerium, den Bezirksregierungen, dem LANUV, den Gesundheitsämtern im Versorgungsgebiet sowie dem Ruhrverband einen verbesserten Informationsaustausch zwischen allen Beteiligten anstreben, um den Informationsstand über die Gewässerqualität für alle auf einem gleich hohen Niveau zu halten. Transparent und ohne politische Ausrichtung zur Sicherung der Trinkwassergewinnung für die Menschen an der Ruhr, die uns vertrauen. Die Ruhrwasserqualität wird immer geprägt sein durch den anthropogenen Fußabdruck. Kontinuierlicher Erkenntnisgewinn über relevante Stoffeinträge, deren Reduktion an der (Verursachungs-)Quelle und die Anpassung des Standes der Technik stellen auch zukünftig die Grundlage für das Handeln der Arbeitsgemeinschaft der Wasserwerke an der Ruhr e.V. dar.

Dr. Christoph Donner
RWW Rheinisch-Westfälische
Wasserwerksgesellschaft mbH
Vorsitzender des Präsidiums der Arbeitsgemeinschaft
der Wasserwerke an der Ruhr e.V.

13 AWWR-Ausschusstätigkeit

Ausschuss Wassergüte

Obmann: Dr. Henning Schünke, Energie- und Wasserversorgung Hamm GmbH, Hamm

Im Jahr 2012 traf sich der Fachausschuss Wassergüte der AWWR zu seiner 89. und 90. Sitzung. Der Ausschuss setzt sich aus Fachleuten aus den Wasserversorgungsunternehmen und Untersuchungslaboren (Hygiene-Institut des Ruhrgebiets Gelsenkirchen, Westfälische Wasser- und Umweltanalytik GmbH), sowie Forschungsinstituten für Wasser (Institut für Wasserforschung GmbH Dortmund) und dem Ruhrverband zusammen. Ebenfalls im Ausschuss vertreten ist seit 2010 die Kooperation zwischen Landwirtschaft und Wasserwirtschaft an der Ruhr durch den Vorsitzenden der Kooperation, Herrn Rodeck.

Mit dem Ende des Jahres 2012 schied Herr Peter Lipka als Vertreter des Ruhrverbandes mit seinem Eintritt in den Ruhestand aus dem Ausschuss aus. Für sein Engagement im Ausschuss und seine langjährige aktive, kollegiale und zuverlässige Arbeit in den Gremien der AWWR dankt der Ausschuss Herrn Lipka sehr und wünscht ihm für seinen Ruhestand Gesundheit und alles Gute.

Der Ausschuss befasste sich im Jahr 2012 mit einer Vielzahl fortlaufender Aufgaben und den aktuellen Themen der Wasserwirtschaft an der Ruhr.

Die fortlaufenden Tätigkeiten beinhalten:

- Beobachtung der chemisch-hygienischen Ruhrwasserqualitäten
- Beurteilung und Ursachenforschung zu aktuellen Beeinträchtigungen der Ruhrwasserqualität anhand eigener Informationen und derer des Ruhrverbands
- Erfassung und Auswertung der Ergebnisse der Ruhrwasseruntersuchungen der Ruhrlängsuntersuchung und der zeitdichten Untersuchung durch die Mitgliedsunternehmen
- Bewertung der Ergebnisse der gemeinsamen Ruhrlängsuntersuchungen und der zeitdichten freiwilligen Untersuchungen der Mitgliedsunternehmen im Rahmen des Ruhrgüteberichts
- Initiierung, fachliche Konzeptionierung, Begleitung, Auswertung und Präsentation von Sondermessprogrammen zu chemischen Qualitätsmerkmalen:
 - aktuelle Untersuchungsprogramme 2012: organische Spurenstoffe und Sulfonylharnstoff-Herbizide
- Initiierung neuer Analyseparameter, Qualitätssicherung und -verbesserung von Analyseverfahren in den AWWR-Laboratorien durch Vergleichsuntersuchungen in den Arbeitskreisen:
 - anorganische Spurenanalytik
 - organische Spurenanalytik
 - Mikrobiologie
- Austausch von qualitätsrelevanten Informationen aus der Wasserwerkspraxis

- Fachliche Schnittstelle zum Beirat Landwirtschaft/Wasserwirtschaft
- Aufarbeitung und Beurteilung von Forschungsaktivitäten zum Thema „Reine Ruhr“ und anderen für die Wasserversorgung relevanten Fragestellungen
- Beurteilung von aktuellen Entwicklungen in der nationalen und internationalen Gesetzgebung hinsichtlich ihrer Relevanz für die AWWR-Mitglieder
- Beratung der AWWR-Mitgliederversammlung bei allen qualitätsrelevanten Fragestellungen, ggf. in Zusammenarbeit mit den Ausschüssen Wassergewinnung und aufbereitung und/oder Öffentlichkeitsarbeit
- Unterstützung der AWWR bei Behördenterminen
- Erarbeitung von Fachbeiträgen zur Ruhr- und Trinkwassergüte z.B. für den Ruhrgütebericht

Zu den aktuellen Fragestellungen, die im Ausschuss Wassergüte 2012 bearbeitet wurden, zählten:

- Fachliche Auswertung des Sondermonitorings „organische Spurenstoffe“ und Weiterentwicklung des Monitorings
- Begleitung des Sondermonitorings zur Relevanz von Sulfonylharnstoff-Herbiziden
- Überarbeitung und Festlegung von aktualisierten Qualitätszielen für die Ruhr
- Inhaltliche Unterstützung bei der Verbesserung des Internet-Auftritts der AWWR
- Benennung und Präsentation vorhandener Kompetenzen (fortlaufend)
- Unterstützung beim Ausbau einer verbesserten Kommunikation bei Ausschuss übergreifenden Themen innerhalb der AWWR

Das Spurenstoffmonitoring der AWWR bildete auch im Berichtsjahr 2012 ein Schwerpunktthema der Ausschussarbeit. Das Untersuchungsprogramm wurde Mitte 2008 aufgenommen und wird nach seiner Verlängerung bis Mitte 2014 weitergeführt. Die Ergebnisse aus den Vorjahren wurden mit den Proben aus 2011 und 2012 bestätigt. In den Proben in 2012 von abflussreichen Tagen wurden allerdings die Spannweiten der Konzentrationen bei den nachgewiesenen Stoffen teilweise deutlich erhöht, da durch den Verdünnungseffekt viele Stoffspuren z. T. bis unter die Nachweisgrenze abgesenkt wurden. Die systematische Vorausswahl der untersuchten Spurenstoffe erwies sich als treffend, da von den untersuchten Verbindungen 23 Substanzen nachgewiesen werden konnten.

Das bereits im Jahr 2011 erweiterte Stoffspektrum des Monitorings wurde erneut erweitert und umfasst aktuell 42 Substanzen. Neu aufgenommen wurden in das Substanzspektrum eine teilfluorierte Verbindungen aus der PFC-Gruppe sowie sechs Arzneimittel.

Die Auswertung des AWWR-Monitorings der Ruhr wurde vom Institut für Wasserforschung durch Herrn Skark vorgenommen.

Wie in den Vorjahren werden die Ergebnisse des Monitorings für 2012 im Ruhrgütebericht veröffentlicht.

Neben dem Spurenstoff-Monitoring wurde 2012 ein Monitoring auf Sulfonylharnstoff-Herbizide durchgeführt. Das Monitoring sollte die Relevanz für das Oberflächenwasser dieser auch an der Ruhr eingesetzten Herbizide klären, nachdem das Potential einer Verlagerung dieser Wirkstoffe in das Grundwasser nachgewiesen werden konnte. Die Beprobung wurde über den Jahresgang 2012 mit wechselnder Häufigkeit vorgenommen, die sich an den Einsatzzeiten für diese Herbizide orientierte. Nach ersten Vorab-Berichten im Ausschuss konnte Relevanz für diese Herbizide in der Ruhr nicht nachgewiesen werden.

Ein weiteres Monitoring zum Nachweis von PSM-Metaboliten wurde ausgearbeitet, dass in einem dreistufig abgestuften Programm das Auftreten der Abbauprodukte von Pflanzenschutzmitteln klären soll. Die Untersuchung zielt auf den Nachweis der Abbauprodukte der Pflanzenschutzmittel ab, die im Ruhreinzugsgebiet bereits im Monitoring gemäß Trinkwasserverordnung überwacht werden.

Der Gewässerschutz stellte auch im Jahr 2012 einen weiteren Schwerpunkt der Arbeit im Ausschuss Wassergüte dar. Diskutiert wurde über ein gemeinsames Memorandum der agw (Arbeitsgemeinschaft Wasserwirtschaftsverbände), BWK (Bund der Ingenieure für Wasserwirtschaft, Abfallwirtschaft und Kulturbau), der DWA (Dt. Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall) und dem Städtetag / Städte und Gemeindebund für NRW. Der Ausschuss sieht die Positionen der AWWR bereits durch das Verbände-Memorandum aus dem Jahr 2010 ausreichend widergegeben.

Der Meldeplan der AWWR, der für den Fall von Gewässerbelastungen die gegenseitige Information und Warnung der AWWR Mitglieder gewährleistet, sollte im Jahr 2012 einer Revision unterzogen werden. Diese Überarbeitung wurde notwendig, um die Meldeereignisse des im Jahr 2011 verabschiedeten Warn- und Informationsplan Ruhr (WIP-Ruhr), der die Benachrichtigung zwischen den Behörden und der AWWR regelt, in die Meldekette der AWWR mit aufzunehmen. Auf Grund der unterschiedlichen Bewertungen der Meldeschwellen konnte die Revision des Meldeplanes bisher nicht umgesetzt werden, ohne die bewährte Funktionalität des Meldeplanes Ruhr zu gefährden. Eine weitere Abstimmung scheint für eine Umsetzung im Meldeplan Ruhr zwingend notwendig.

Außerhalb der Schwerpunktarbeit diskutierte der Ausschuss über die Ergebnisse aus den regelmäßigen Kontrollen der Ruhrwassergüte. Zu den Berichten der Ruhrwassermesswerte des Ruhrverbandes wurden die Messwerte aus den Unternehmen für den Ruhrgütebericht aufbereitet und kommentiert. Für die klassischen Inhaltsstoffe waren dabei keine auffälligen Konzentrationen festzustellen. Erneut wurden bei den Komplexbildnern regelmäßig Belastungen oberhalb der AWWR - Zielwerte gemessen. Die Daten wurden aufbereitet und sollen die Grundlage bilden, um eine Verbesserung der Belastungen durch die Reduktion bei den Emissionen zu erzielen.

Als weitere stoffliche Belastung wurde die Situation von Phosphonaten in der Ruhr und deren Ursprung diskutiert, die u.a. aus dem Herbizid Glyphosat stammen können. Das Thema wurde von der Seite der Behörden aufgegriffen und in einem Fachbericht (LANUV-Fachbericht 46) bearbeitet und zwischenzeitlich veröffentlicht (Februar 2013).

Über den Meldeplan der AWWR wurden als besondere Vorkommnisse im Berichtsjahr nur kleinere Ereignisse mit geringen Auswirkungen auf die Wasserqualität gemeldet. Es wurden keine Auswirkungen für die Wassergewinnung festgestellt. Dies spricht für die gute Funktionalität der gegenwärtigen Meldekette zur Information unter den AWWR-Werken, den beteiligten Wasserverbänden und den Behörden.

Die Arbeitskreise des Ausschusses führten ihre Aktivitäten fort, um die Analytik in den Laboren abzusichern und weiterzuentwickeln. In den drei Arbeitskreisen wurden Vergleichsanalysen vorgenommen und damit die Qualität der Untersuchungen der Labore abgesichert.

Arbeitskreis Allgemeine und anorganische Analytik

Obmann: Dr. Georg Böer, Westfälische Wasser- und Umweltanalytik GmbH, Schwerte

Dem Arbeitskreis gehörten 2012 9 Mitglieder an (s. Mitgliederliste Ausschüsse und Arbeitskreise). Dabei hat sich Teilnehmerkreis verringert, denn die Wassergewinnung Essen ist durch die Schließung des Labors ausgeschieden. Seitens des RWW und des Ruhrverbandes wird nur noch ein Vertreter teilnehmen.

- *Erfahrungsaustausch*
Entsprechend dem Wunsch der Teilnehmer nach einer Intensivierung des Erfahrungsaustausches wurde der entsprechende TOP nach vorne gerückt. Im Informationsaustausch wurden verschiedene Themen angesprochen, z.B. die Erfahrungen mit der geringen Matrix- und Störungsanfälligkeit der ICP-MS, dem stark zurückgegangenen Geräteangebot bei der AAS und der Relevanz der Analytik von Perchlorat (Folgeprodukt bei der Desinfektion mit Chlorelektrolyseverfahren).
- *Vergleichsanalysen*
Bei der Besprechung der Vergleichsanalysen VA 87 – 91 fand der Arbeitskreis die Übereinstimmungen bei Aluminium, Eisen und Mangan besser als erwartet, was der Einschätzung bei der Vorjahresbesprechung entspricht. Dies ist bemerkenswert, denn der Arbeitskreis hatte ursprünglich eine wesentliche Verschlechterung erwartet, nachdem das Wasser im Entnahmebecken seit der VA 83 von einem Bodenfiltrat zurück auf geflocktes Ruhrwasser umgestellt worden ist.

Bei den anderen Parametern waren die Übereinstimmungen in den meisten Fällen gut. Beim „gelösten Phosphat“ war der Eindruck verglichen mit dem Vorjahr besser (bei der VA 87 allerdings Aufteilung in zwei Wertegruppen). Speziell zu Phosphat wurde über die Auswertung der bisherigen Schwankungsbreiten gespro-

chen. Mit der seit einiger Zeit stattfindenden Dotierung ist eigentlich erst eine realistischere Schätzung der Schwankungsbreiten möglich geworden. Die bisher angesetzte Schwankungsbreite von 5 % ist zu knapp bemessen und wird auf 20 % hochgesetzt.

- *Durchführung von Vergleichsuntersuchungen „Sensorik“*
Das Thema wurde vom Ausschuss Wassergüte an den Arbeitskreis herangetragen, denn die Bestimmung von Geruchsschwellenwerten im Trinkwasser wird von den beteiligten Laboren offenbar ganz unterschiedlich durchgeführt. Die Unterschiede in den Prüfverfahren sollen im Rahmen einer Bestandsaufnahme besprochen werden. Hierzu wird ein Fragenkatalog erstellt.

Arbeitskreis Organische Spurenanalytik

Obfrau: Petra Bröcking, Hygiene-Institut des Ruhrgebiets, Gelsenkirchen

Der Arbeitskreis mit seinen sieben Mitgliedern (s. Mitgliederliste Ausschüsse und Arbeitskreise) hat im Jahr 2012 insgesamt zweimal getagt.

Wie in den vergangenen Jahren bilden die Themen zur Fortentwicklung der Analytik organischer Spurenstoffe den Schwerpunkt. In Bezug auf den Einsatz der LC-MS (Flüssigchromatographie gekoppelt mit einem Massenspektrometer) fand im Jahr 2012 ein intensiver Erfahrungsaustausch zu den Möglichkeiten, Grenzen und Problemen dieser Technik statt.

Die Ergebnisse der regelmäßig durchgeführten Vergleichsuntersuchungen zu den Parametern Pflanzenschutzmittel, Polyzyklische Aromatische Kohlenwasserstoffe, Leichtflüchtige Halogenkohlenwasserstoffe, Komplexbildner und Vinylchlorid zeigten sehr gute Übereinstimmungen.

Die aktuellen Diskussionen über Spurenstoffe sowie die Erweiterung des Analysenspektrums in den beteiligten Laboratorien führten dazu, dass der Umfang der Vergleichsuntersuchungen intensiv diskutiert wurde. Ein Ergebnis dieser Diskussion war, dass eine Vergleichsuntersuchung zur Bestimmung der PFC in 2012 neu aufgenommen wurde. Zudem wurde beschlossen, in 2013 eine Vergleichsuntersuchung für die Röntgenkontrastmittel und Benzotriazole durchzuführen. Um das Programm für die Vergleichsuntersuchungen nicht zu sehr auszuweiten, wurde zudem beschlossen, zukünftig auf eine der zwei Vergleichsuntersuchung für die Polyzyklischen Aromatischen Kohlenwasserstoffe pro Jahr zu verzichten.

Der intensive Erfahrungs- und Informationsaustausch wird auch zukünftig ein wichtiger Teil der Arbeitskreissitzungen sein.

Arbeitskreis Mikrobiologie

Obfrau: Dr. Gudrun Preuß, Institut für Wasserforschung GmbH, Schwerte

Die aktuellen Aktivitäten des AWWR-Arbeitskreises Mikrobiologie umfassen neben dem Informationsaustausch über die Umsetzung neuer Regelwerke die regelmäßige Durchführung von Vergleichsuntersuchungen, um ein vergleichbares Vorgehen bei mikrobiologischen Wasseruntersuchungen an der Ruhr zu erreichen und den jeweils aktuellen Stand der Technik umzusetzen.

Ein Schwerpunkt lag zuletzt auf dem Nachweis von *E. coli* und coliformen Bakterien, der ab Januar 2013 bei den Ruhrgüteuntersuchungen mit dem Colilert®-Verfahren erfolgen soll. Im Rahmen regelmäßig durchgeführter Vergleichsuntersuchungen wurden das bisher für die Ruhrgüteuntersuchungen eingesetzte Verfahren auf Endo-Agar und das neu eingeführte Colilert®-Verfahren gezielt verglichen. Aufgrund der Ergebnisse wurde ein einheitliches Vorgehen der Labore an der Ruhr bei der Durchführung dieses Untersuchungsverfahrens abgestimmt.

Die bisherigen Ergebnisse zeigten bei allen teilnehmenden Laboren erwartungsgemäß leicht höhere Coliformenbefunde mit dem Colilert®-Verfahren. Die beiden verglichenen Verfahren beruhen auf unterschiedlichen Nachweisreaktionen für coliforme Bakterien, so dass in vielen Einzelstudien von einem sensitiveren Nachweis dieser Indikatorbakterien mit dem Colilert®-Verfahren ausgegangen wird. Die Unterschiede zwischen beiden Verfahren liegen jedoch innerhalb einer Zehnerpotenz, so dass derzeit keine Auswirkungen auf den Zielwert (15.000 / 100 ml) zu erwarten sind. Weitere Vergleichsuntersuchungen zur Verbesserung der Datenlage sind innerhalb des Arbeitskreises geplant.

Ausschuss Wassergewinnung und -aufbereitung

Obmann Andreas Lütz, Wassergewinnung Essen GmbH, Essen

Der Ausschuss Wassergewinnung und -aufbereitung traf sich im Jahr 2012 zwei Mal: am 20. März im Wasserwerk Überrauch der WGE und am 04. Oktober im Wasserwerk Langel des Wasserbeschaffungsverbandes Arnberg. Der Ausschuss blieb in seiner personellen Zusammensetzung unverändert.

Die weitreichenden technischen Veränderungen in den Wasserwerken der AWWR haben dazu geführt, dass Themen der klassischen Wassergewinnung mehr und mehr den Anforderungen modernerer Verfahren gewichen sind. Dies schlägt sich verstärkt in den Schwerpunkten nieder, die im Ausschuss bearbeitet werden und führte dazu, über den Namen des Ausschusses neu nachzudenken. Der Beschluss, der aus diesen Überlegungen resultiert, ist die Erweiterung des Ausschussesnamens um den Zusatz der Wasseraufbereitung und somit zum neuen Namen Wassergewinnung und -aufbereitung.

Berichte aus den Mitgliedsunternehmen

Zwei neue Wasserwerke wurden im Jahr 2012 in Betrieb genommen. Das Wasserwerk Langel des Wasserbeschaffungsverbandes Arnsberg konnte in der Herbstsitzung von den Ausschussmitgliedern besichtigt werden und umfasst die Aufbereitungsstufen Flockung, Ultrafiltration, Aktivkohlefiltration und eine abschließende UV-Desinfektion. Gegen Ende 2012 ging das gemeinsame Wasserwerk Fröndenberg Menden der Stadtwerke Menden und Fröndenberg in Betrieb, wobei zunächst nur das Rohrnetz der SW Menden von hier versorgt wird; der Anschluss an das Versorgungsnetz der Stadt Fröndenberg ist für 2013 geplant. Im Wasserwerk sind die Aufbereitungstechniken Ultrafiltration, Aktivkohlefiltration und UV-Desinfektion installiert. Das Wasserwerk Stiepel der WMR wird im Laufe der Jahre 2013/2014 außer Betrieb genommen und im Anschluss die dort installierten Wasserkraftturbinen vollständig erneuert. Im Wasserwerk Witten der Verbundwasserwerk Witten GmbH wurden im Rahmen einer Masterarbeit Versuche zur Minimierung des Anteils von Uferfiltrat in der Wassergewinnung gefahren. Ein Sachstandsbericht über die Bauarbeiten am Verbundwasserwerk der Wassergewinnung Essen und die Besichtigung der Baustelle der neuen Aufbereitungsanlage bereicherte die Frühjahrssitzung. Aus dem Wasserwerk Hengstey konnte über positive Erfahrungen in der Neophytenbekämpfung durch Schafbeweidung berichtet werden. Die dortige Methode berücksichtigt die Belange der Wasserschutzzonen und ist theoretisch somit als erfolgreiches Modell auch in anderen Wasserwerken umsetzbar.

Einsatz von UV Anlagen in den Werken der AWWR

Da für viele Mitgliedsunternehmen ein Übergang von der klassischen Chlor- oder Chlordioxiddesinfektion hin zur UV-Desinfektion stattgefunden hat, bzw. geplant ist, konnte in der Frühjahrssitzung ein strukturierter Erfahrungsaustausch über die Auslegungsdaten der neuen Anlagen, Redundanzkonzepte, Erfahrungen mit den verschiedenen Herstellern sowie die Darstellung in Prozessleitsystemen und deren Überwachung organisiert werden.

AWWR Meldeplan, WIP Ruhr

Die Bearbeitung und Anpassung des AWWR Meldeplans stellte sich schwieriger heraus als zunächst gedacht. Problempunkte sind die in der Anlage 2 des WIP genannten Schwellwerte für Warnungen und Informationen sowie eine Verschärfung der Annahmehedingung von Meldungen beim Meldekopf der AWWR. Die interne Konsensbildung konnte aber abgeschlossen werden. Als Routinepunkt der Ausschusssitzungen blieb die Nachbearbeitung von Meldungen auch im Berichtsjahr 2012 erhalten.

Des Weiteren beschäftigte sich der Ausschuss mit der Fragestellung, ob und in welchem technischen Bereich eine engere Zusammenarbeit der AWWR Mitgliedsunternehmen möglich und sinnvoll ist, und mit den aktuellen Informationen des Ruhrverbands zu Wassermengen und -gütewirtschaft sowie zum Fracking.

Ausschuss Öffentlichkeitsarbeit

Obfrau: Ulrike Hütter, Wasserwerke Westfalen GmbH, Schwerte

Der Ausschuss Öffentlichkeitsarbeit kam auch in 2012 turnusgemäß wieder zu drei Arbeitssitzungen zusammen (Februar, Mai, Oktober). Ulrich Peterwitz, AWWR-Geschäftsführer, nahm nach Möglichkeit an den Sitzungen teil, um die Ausschussmitglieder über die Gremienarbeit zu informieren und die enge Abstimmung zum Ausschuss zu gewährleisten. Im 2012 gab es keine Wechsel im Ausschuss Öffentlichkeitsarbeit.

Im vergangenen Jahr gab es keine kritischen Themen oder Situationen, die eine verstärkte AWWR-Öffentlichkeitsarbeit erforderlich machten. Anlässlich der 20-jährigen Kooperation zwischen Land- und Wasserwirtschaft wurde der Artikel „20 Jahre Ruhr-Wasserschutz“ im Landwirtschaftlichen Wochenblatt 22/2012 platziert. Im November hat sich dann die AWWR nochmals aktiv der Presse gegenüber zu Wort gemeldet und über die Zusammensetzung des Präsidiums und den Wechsel des AWWR-Vorsitzes informiert.

Gemeinsam mit dem Ruhrverband hat die AWWR eine Pressemitteilung anlässlich der Pressekonferenz des Ruhrgüteberichts versendet. Die Veranstaltung fand – bedingt durch mehrere parallel stattfindende Pressekonferenzen (u.a. Abschlusskonferenz des Landesbetriebs Straßen.NRW anlässlich der Beendigung der dreimonatigen Sperrung der Autobahn A40) - ein vergleichsweise geringeres positives Echo in den Medien als in den Vorjahren. Kleine Artikel erschienen in der WAZ, NRZ, WR und WP sowie Radiomeldungen auf WDR 2, Radio Essen und Radio MK; in den WDR-Lokalzeiten Südwestfalen und Ruhr wurden kurze Nachrichten gesendet. Als Themen wurden zur Sitzung vorbereitet: Mikroverunreinigungen in der Ruhr, Investitionen der Wasserwerke (exemplarisch Arnsberg), Warn- und Informationsplan Ruhr/AWWR Meldeplan, 20 Jahre Kooperation Landwirtschaft/ Wasserwirtschaft und Fracking. Zur Position der AWWR hinsichtlich Mikroverunreinigungen gab es nach der Pressekonferenz noch ein Interview (WDR Hörfunk) mit dem AWWR-Vorsitzenden Dr. Christoph Donner.

Neben den kontinuierlich laufenden Aufgaben und Tätigkeiten erstellte der Ausschuss einen allgemeinen AWWR-Infolyer und einen Medikamentenflier, die den Mitgliedsunternehmen für ihre individuelle Öffentlichkeitsarbeit zur Verfügung gestellt wurden.

Im vergangenen Jahr ist auch ein AWWR-Infostand beschafft worden, der bei Veranstaltungen der Mitgliedsunternehmen, beispielsweise bei Tagen der offenen Tür etc., genutzt werden kann. Hierdurch kann sich die AWWR an verschiedenen Stationen entlang der Ruhr präsentieren und die Öffentlichkeit über die Organisation und ihre Tätigkeiten informieren. Die AWWR wird dadurch bei den Bürgerinnen und Bürgern bekannt und verdeutlicht die Zusammenarbeit/Vernetzung der Wasserversorger an der Ruhr.

14 Orientierende Untersuchungen über Titan und Silber in der Ruhr bei Schwerte

Ninette Zullei-Seibert, Uwe Willme und Michael Hoffmann,
Westfälische Wasser- und Umweltanalytik GmbH, Schwerte

Das Thema Nanopartikel beschäftigt Wissenschaftler, Behörden, Politiker und Verbraucher seit mehr als zehn Jahren. Auch für das Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz NRW (LANUV) wurde der Stand des Wissens zu „Umweltrisiken durch technische Nanomaterialien“ bereits im Jahr 2009 zusammengetragen [14.1]. Neben Nanomaterialien auf Kohlenstoffbasis wie Fullerene, Carbon Nanotubes oder Carbon Black werden auch zahlreiche Metalle (Zero-valente Metalle wie Silber, Eisen, Gold) und Metalloide der Elemente Titan, Zink, Cer, Chrom, Molybdän oder Wismut sowie Quantum Dots (Halbleitermaterialien wie InGaAs oder CdSe) bereits in allen Lebensbereichen eingesetzt. Sie finden Anwendung als Schmiermittel, zur Materialverstärkung, in Katalysatoren, Sonnenschutzmitteln, Kosmetika (u.a. Seifen, Shampoos, Zahnpasta), Farben/Lacken, Oberflächenbeschichtungen (Gebäudeschutz), Zusatzstoffen für Textilien, Verpackungen und Nahrungsmitteln [14.2].

Die Erfahrung zeigt, dass Herstellung und Nutzung von Stoffen und Produkten dann mit einem Eintrag in die Gewässer verbunden sind, wenn die Stoffeigenschaften dies begünstigen. Wird ein Eintrag festgestellt, muss er bewertet und gegebenenfalls minimiert werden. Der entsprechende Kenntnisstand zu Nanomaterialien wurde auf der Tagung „Nanotechnologie und Wasserwirtschaft“ der DWA-Landesgruppe NRW im November 2011 zusammengetragen [14.3]. Technische Nanopartikel bilden untereinander und mit natürlichen Nanopartikeln neue Aggregate. Für die Trinkwassergewinnung stellen sich besonders größere Partikel als vorteilhaft dar, da sie durch natürliche oder technische Filtrationsprozesse abgeschieden werden können und nicht in das Trinkwasser gelangen.

Die Analytik von Nanopartikeln im Wasser ist der Wissenschaft vorbehalten. Momentan sind allerdings auch die eingesetzten aufwändigen Geräte-Kombinationen an Grenzen gestoßen, die neue Herausforderungen bedeuten. Gängige analytische Methoden, wie die Bestimmung der Trübung oder die Partikeldetektion mit praxisüblichen Messgeräten, erlauben keinen gezielten Nachweis von Nanopartikeln oder gar eine Abgrenzung zwischen anthropogen eingesetzten Nanomaterialien und natürlichen Nanopartikeln. Die Frage war, bieten herkömmliche Labormethoden trotz aller Einschränkungen einen Ansatz, um Einträge von technischen Nanomaterialien in die Gewässer erkennen zu können? Ist eine Abgrenzung vom geogenen Hintergrund möglich?

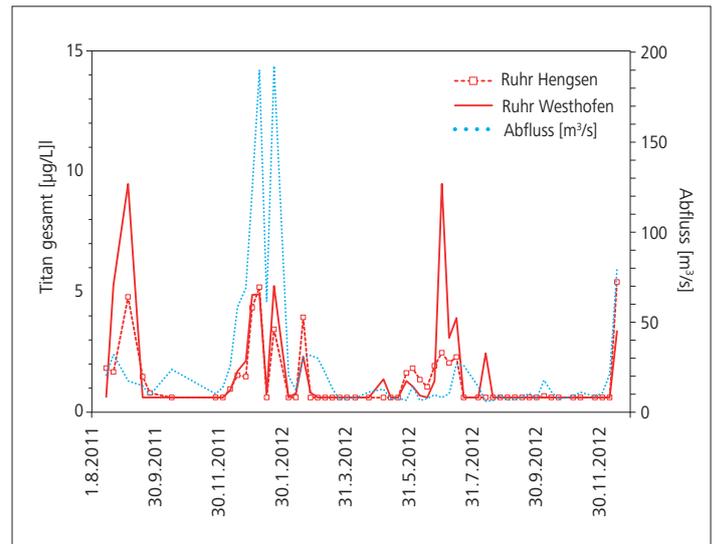


Bild 14.1: Konzentration von Titan in der Ruhr bei Hengsen und Westhofen im Vergleich zur Wasserführung
Fig. 14.1: Concentration of titanium in the Ruhr at Hengsen and Westhofen compared to the water flow

Den Fragen sollte anhand von orientierenden Untersuchungen der Elemente Titan und Silber in der Ruhr nachgegangen werden. Für Metalle oder Metalloide bietet sich der Nachweis der Zielelemente mittels ICP/MS an. Als analytisch relevant wurde für Titan die Masse 47, für Silber die Masse 107 ausgewählt. Die Bestimmungsgrenzen lagen bei 0,6 µg/L für Titan und 0,3 µg/L für Silber. Eine Abgrenzung zwischen dem Gesamtgehalt der Elemente in einer Wasserprobe und dem gelösten Anteil erfolgte mit dem üblichen Filtrationsschritt bei 45 µm. Im Zeitraum von August 2011 bis Dezember 2012 wurde das Oberflächenwasser der Ruhr an den Probenahmestellen Hengsen und Westhofen im Raum Schwerte auf beide Elemente untersucht. Zwischen den Messpunkten liegt die Kläranlage Schwerte.

Silber wurde in keiner der untersuchten Ruhrwasserproben nachgewiesen. Die gemessenen Konzentrationen lagen in allen Proben unter der analytischen Bestimmungsgrenze. Diese Ergebnisse werden auch durch die regelmäßigen Untersuchungen des LANUV bestätigt, dessen Datensätze für das Jahr 2012 lediglich an der Messstelle Mülheim Befunde von 0,043 µg/L Silber (08.08.2012) und 0,022 µg/L (19.12.2012) aufweisen [14.4].

Titan wurde dagegen in 40 % der unfiltrierten Proben über der Bestimmungsgrenze detektiert. Da ein gelöster Anteil nicht nachweisbar war, muss davon ausgegangen werden, dass Titan überwiegend partikulär gebunden im Oberflächenwasser vorliegt.

Bild 14.1 zeigt die Konzentrationsverläufe der Gesamtgehalte an den Ruhrmessstellen Hengsen und Westhofen im Vergleich zu den Abflusswerten am Pegel Villigst. Es werden zwei Effekte deutlich. An beiden Messstellen treten bei erhöhter Wasserführung höhere Konzentrationen an Titan auf. In der unterstromigen Probenahme-stelle Westhofen werden bei niedrigem Spitzenwerte in den Sommermonaten der Jahre 2011 und 2012 nachgewiesen, die deutlich über den in Hengsen gemessenen Werten liegen. Der Abgleich mit den Trübungsdaten in Westhofen legt die Vermutung nahe, dass bei höherer Wasserführung weniger an Schwebstoffen gebundenes Titan mitgeführt wird als bei niedrigen Wasserabflüssen (Bild 14.2).

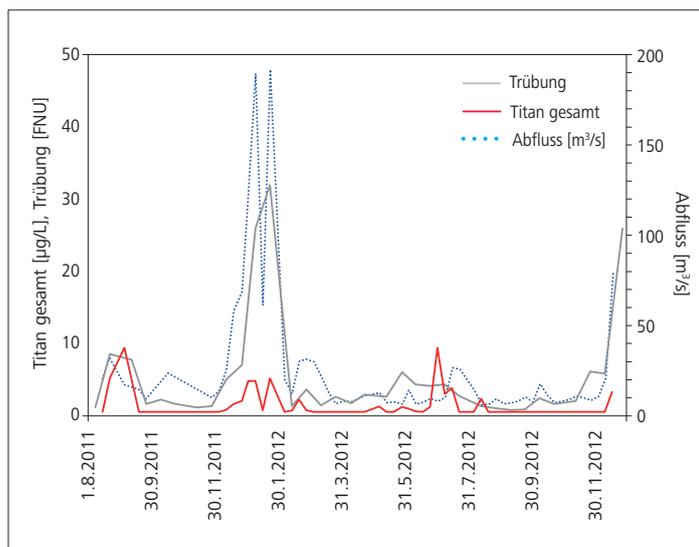


Bild 14.2: Ganglinien der Konzentration von Titan und Trübung in der Ruhr bei Westhofen im Vergleich zur Wasserführung
 Fig. 14.2: Hydrographs of titanium concentration and turbidity in the Ruhr at Westhofen compared to the water flow

Im Betrachtungszeitraum ergibt die Korrelation zwischen Abfluss und Trübung eine Punktwolke im Quadranten 10 FNU Trübung und 40 m³/s Abfluss am Pegel Villigst, die auf einen geogenen Hintergrund schließen lässt. Aus dem Zusammenhang zwischen der Gesamtkonzentration an Titan und der Trübung folgen zwei Cluster, die den Bereich Titan-Konzentration bis 6 µg/L in der unfiltrierten Probe und 10 FNU für die Trübung sowie ab 6 µg/L Titan und bis zu 40 FNU Trübung umfassen. Daraus ist für den Untersuchungszeitraum abzuleiten (Bild 14.3):

- Titankonzentrationen bis zu 6 µg/L können bei einem geringen Abfluss der Ruhr bis zu 40 m³/s einem „partikelgebundenen“ geogenen Hintergrund zugeordnet werden.
- Bei einem Abflussgeschehen über 40 m³/s lagen die erfassten Konzentrationen an Titan nicht über 6 µg/L. Die abgeschätzten Titan-Frachten zeigen einen linearen Anstieg mit der Wasserführung, der auf Einträge schließen lässt, die mit Regenereignissen einhergehen. Dies könnten z.B. Abspülungen von Häusern mit titanhaltigen Anstrichen sein.
- Ein Cluster, das mit 9,5 µg/L Titan und < 40 m³/s Wasserführung signifikant über den sonstigen Titan-Konzentrationen liegt, ist ausschließlich den Sommermonaten und der Messstelle Westhofen zuzuordnen. Dies lässt darauf schließen, dass es sich um Einträge aus haushaltsnahen Quellen (verstärkte Nutzung von Sonnenschutzmitteln?) handelt, die über die gereinigten Abwässer sichtbar werden.

Die orientierenden Untersuchungen geben trotz ihrer analytischen Einschränkungen Hinweise auf Eintragspfade von anthropogenen Nanomaterialien, die das Element Titan enthalten.

Titan und Silber sind in der Trinkwasserverordnung nicht mit Grenzwerten belegt, da ihr Vorkommen nicht erwartet und eine humantoxikologische Relevanz nach derzeitigen Erkenntnissen für diesen Aufnahmepfad nicht besorgt wird. Für das Schutzgut „aquatische Lebensgemeinschaften“ wurden dagegen Vorschläge für Qualitätsnormen entwickelt.

Für Silber liegt die Zielvorgabe bei 0,03 µg/L und damit nahe an der analytischen Bestimmungsgrenze. Für die Ruhr und das daraus gewonnene Trinkwasser besitzt diese Anforderung keine Relevanz. Die Zielvorgabe für Biota wurde für Titan mit 15 µg/L abgeleitet [14.5]. Im Untersuchungszeitraum lagen alle Ergebnisse im Bereich Schwerte unter dieser Schwelle. Auch bei den Messungen des

[14.1] Schulte-Ebert, U.; Preuß, G.; Skark, C.; Kuhlmann, B.; Breuninger, U.; Remmler, F.: *Umweltrisiken durch technische Nanomaterialien. Literaturstudie Institut für Wasserforschung GmbH im Auftrag des Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz Nordrhein-Westfalen, 2009*, <http://www2.lanuv.nrw.de/gefahrstoffe/literaturstudie.htm>
 [14.2] Kuhlbusch, T.; Nickel, C.: *Emission von Nanopartikeln aus ausgewählten Produkten in ihrem Lebenszyklus. Umweltforschungsplan des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit, Oktober 2010*
 [14.3] <http://www.dwa-nrw.de/nrw-nanotechnologie.html>
 [14.4] <http://www.lanuv.nrw.de/aktuelles/umwdat.htm>
 [14.5] Nendza, M.: *Entwicklungen von Umweltqualitätsnormen zum Schutz aquatischer Biota in Oberflächengewässern. Umweltbundesamt, UFO-PLAN 202 24 276, 2003*

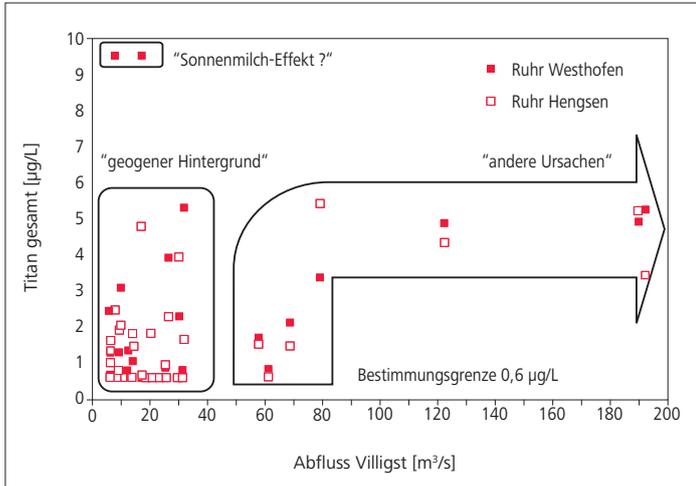


Bild 14.3: Korrelation von Titan-Konzentration und Wasserführung (Ruhr Hengsen und Ruhr Westhofen)

Fig. 14.3: Correlation between titanium and water flow (Ruhr at Hengsen and Ruhr at Westhofen)

LANUV wird die Zielvorgabe mit einer Ausnahme eingehalten. So wurden im Dezember 2012 an den Messstellen Fröndenberg und Mülheim über 50 µg/L nachgewiesen. Auch dies kann als Hinweis auf nicht geogene Quellen gelten.

Der Eintrag von technischen Nanomaterialien, die Titandioxid enthalten, kann an der Ruhr über Kläranlagenzuläufe oder Regenwasserüberläufe erfolgen. Sonnencremes, Farben, Lacke oder andere Beschichtungen sind eine mögliche Quellen, die Auswirkung auf die Biozönose in der Ruhr aber nicht auf das Trinkwasser haben können. Titanhaltige Partikel werden durch natürliche und technische Aufbereitungsverfahren dem Trinkwasser fern gehalten. Silber wurde in keinem Fall über der analytischen Bestimmungsgrenze ermittelt.

Für die Wasserversorgung an der Ruhr ist dies ein beruhigendes Ergebnis. Es zeigt, das Trinkwasser ist nicht betroffen aber die Umwelt muss vor vermeidbaren Einträgen von titanhaltigen Nanomaterialien geschützt werden.

15 Monitoring von organischen Spurenstoffen in der Ruhr

Christian Skark, Institut für Wasserforschung GmbH, Schwerte

Im Jahr 2012 wurde das Monitoring der AWWR auf organische Spurenstoffe im Oberflächenwasser der Ruhr mit vier weiteren Probenahmen fortgeführt. Das Untersuchungsspektrum wurde auf 42 Substanzen erweitert, die als Humanpharmaka (HP), Röntgenkontrastmittel (RKM), perfluorierte Verbindungen (PFC) und Organophosphor-Flammschutzmittel (FSM) im Einzugsgebiet der Ruhr verbraucht werden oder anderweitig ins Oberflächenwasser gelangen. In dieser Auswertung werden alle 18 bisherigen Probenahmen einbezogen und schreiben den Bericht 2008 – 2011 (14 Probenahmen [15.1]) fort.

Probenahmeorte und Untersuchungsmethoden

Gemäß dem Monitoringkonzept werden alle drei Monate an neun Probenahmestellen längs der Ruhr Stichproben entnommen. Die Probenahmestellen an der Ruhr entsprechen den Rohwasserentnahmestellen der beteiligten Wassergewinnungsanlagen (WGA, Tabelle 15.1).

Die einzelnen Probenahmestellen repräsentieren unterschiedliche Anteile des ca. 4.500 km² großen Einzugsgebiets der Ruhr (zwischen 400 km² in Meschede und 4.400 km² in Mülheim). Insbesondere zwischen Schwerte (WGA Westhofen) und Hagen (WGA Hengstey) nimmt das oberstromige Einzugsgebiet und der Abfluss durch den Zufluss der Lenne stark zu. Einen grafischen Überblick zur räumlichen Verteilung der Probenahmestellen gibt Bild 15.1.

Das derzeit untersuchte Stoffspektrum von 42 Substanzen sowie die Bestimmungsgrenzen (BG) für eine sichere Quantifizierung in den Wasserproben gibt Tabelle 15.2 wieder. Nachdem das Untersuchungsspektrum im Jahr 2011 um die Verbindungen Perfluorheptansulfonat und Tetrahydroperfluorooctansulfonat erweitert wurde, kamen im Jahr 2012 zusätzlich folgende Verbindungen dazu: Hydroperfluorheptanoat, Clofibrinsäure, Phenazon, Propyphenazon, Codein, Diazepam und Primidon.



Bild 15.1: Ruhreinzugsgebiet mit Probenahmestellen und den zugehörigen Abflussmessstellen

Fig. 15.1: Catchment of the River Ruhr with sampling points and gauging stations

Tabelle 15.1: Lage der Probenahmestellen für Oberflächenwasser der Ruhr MQ – durchschnittlicher Abfluss, Gewässerstationierung [15.2]
 Table 15.1: Sampling sites for the surface water in the river Ruhr

Ort	Probenahmestelle	Fluss-km Probenahme	Abflusspegel	Fluss-km Abfluss	Einzugsgebiet [km ²]	MQ lang-jährig [m ³ /s]	MQ (7/2008-12/2012) [m ³ /s]
Meschede	Mengesohl	183,7	Meschede 1	179,4	426	9,1	8,0
Arnsberg	Langel	163,8	Oeventrop	159,5	760	14,9	13,6
Wickede	Echthausen	128,3	Bachum	133,8	1.530	27,1	23,7
Menden	Warmen	121,2	Fröndenberg	109,3	1.914	–	–
Schwerte	Westhofen	95,2	Villigst	100,2	2.013	28,8	27,4
Hagen	Hengstey	88,8	Wetter	79,8	3.908	67,6	59,0
Bochum	Stiepel	62,7	Hattingen	56,0	4.118	70,6	62,6
Essen	Spiek	44,1	Werden	29,0	4.337	79,5	64,5
Mülheim	Styrum-Ost	11,3	Mülheim	13,2	4.420	76,3	68,5

Die Analytik der Wasserproben wird bei der Westfälischen Wasser- und Umweltanalytik GmbH, Gelsenkirchen und Schwerte, nach einer stoffspezifischen Anreicherung (Festphasenextraktion, Ionenaustauscher) mittels LC-MS/MS oder GC-NPD durchgeführt.

Ergebnisse

Es wurden bislang 18 Beprobungen an den neun Probenahmestellen durchgeführt. Aufgrund des Hochwassers im Januar 2012 konnte in Essen keine Probe genommen werden, so dass insgesamt 161 Proben für den Zeitraum von 2008 bis 2012 betrachtet werden. In Tabelle 15.2 werden für die verschiedenen Untersuchungsparameter die Anteile der Positivbefunde über den jeweiligen Bestimmungsgrenzen an der Gesamtzahl der jeweiligen Untersuchungen angegeben.

Bei 15 der 42 Substanzen werden in keiner oder nur bis zu 10 % der Untersuchungen Positivbefunde festgestellt. Hierzu gehören sechs PFC, zwei Antibiotika, fünf weitere Pharmaka, ein FSM sowie ein RKM. Zusätzlich werden für den Betablocker Atenolol und das Schmerzmittel Ibuprofen in weniger als 40 Untersuchungen ein Gehalt über der Bestimmungsgrenze gefunden. Im Gegensatz zu den Vorjahren werden lediglich 4 Substanzen in mindestens 145 der 161 Untersuchungen über der BG detektiert (> 90 %). Darunter fallen zwei FSM sowie die Arzneimittel Diclofenac und Metoprolol. Hier wirken sich die vergleichsweise hohen Abflüsse bei den Probenahmen im Januar und Juli 2012 aus, so dass für zwei weitere FSM, PFOA und die Arzneimittel Carbamazepin, Sotalol und Sulfamethoxazol die Befundhäufigkeit unter 90 % gefallen ist.

Bei den Substanzen, die erst im 2. Halbjahr 2011 oder danach in die Untersuchung aufgenommen wurden zeigen sich nur für Tetrahydroperfluorooctansulfonat (H₄PFOS) und Primidon öfter Positivbefunde.

Konzentrationsbetrachtungen

In Tabelle 15.3 wird ein Überblick zu Konzentrationsgrößen ausgewählter Substanzen gegeben. Dabei werden 25 Stoffe angegeben, bei denen in mehr als 10 % der Analysen seit 2008 (n = 161) Befunde über der Bestimmungsgrenze (BG) festgestellt wurden. Zusätzlich sind Ergebnisse für Stoffe mit einer geringeren Analysenhäufigkeit, H₄PFOS (n = 53) und Primidon (n = 35), wieder gegeben. Bei der Berechnung der statistischen Kennwerte gehen Gehalte unter der Bestimmungsgrenze (BG) mit der Hälfte der BG ein. Sollte das Ergebnis jedoch unter der entsprechenden BG liegen, erscheint dies in den Tabellen vermerkt.

Nur für den Betablocker Metoprolol sowie drei RKM liegen bereits die Medianwerte über 0,1 µg/L. Maximale Konzentrationen über 0,5 µg/L treten in der Regel nur für Röntgenkontrastmittel auf.

Dieser Überblick beschreibender Konzentrationsgrößen ist in Bild 15.2 für Stoffe mit einem Anteil an Positivbefunden über 20 % (24 Substanzen, ohne die Stoffe mit geringerer Analysenhäufigkeit) grafisch dargestellt.

Bezogen auf die Probenahmeorte stellt Tabelle 15.4 die Medianwerte von 23 Stoffen mit mehr als 20 % Positivbefunden (ebenfalls ohne Stoffe mit geringerer Analysenhäufigkeit) dar. Die Anzahl der Parameter, die Mediankonzentrationen über 0,1 µg/L zeigen, nimmt ruhrabwärts zu. In Wickede sind dies nur zwei RKM (Amidotrizoessäure, Iopamidol), während in Fröndenberg TCPP und der Beta-Blocker Metoprolol dazu kommen. Weiter ruhrabwärts treten mit zwei weiteren Pharmaka und drei weiteren RKM insgesamt neun Verbindungen mit Medianwerten über 0,1 µg/L auf.

[15.1] Skark, C.: Monitoring von organischen Spurenstoffen in der Ruhr.- in: Ruhrverband & AWWR (Hg.): Ruhrgütebericht 2011.- Schwerte, Essen, 154-162 (2012)

[15.2] LANUV (Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz Nordrhein-Westfalen): Gewässerstationierungskarte GSK3B.- Auflage 31.07.2006, 3. Auflage, (2006) <http://www.lanuv.nrw.de/wasser/gstat.htm>, Stand 01.07.08.

Tabelle 15.2: Untersuchte Stoffe im AWWR-Monitoring „Organische Spurenstoffe in der Ruhr“
 Table 15.2: Analysed substances in the scope of the AWWR-Monitoring "Trace organics in the river Ruhr"

Lfd. Nr.	Substanz	Kurzzeichen	Stoffgruppe	CAS-RN	Anteil Positivbefunde [%]	BG [µg/L]
1	Tributylphosphat	TBP	FSM	126-73-8	57	0,010
2	Trisphenylphosphat	TPP	FSM	115-86-6	7	0,010
3	Tris-(2-Chlorethyl)-phosphat	TCEP	FSM	115-96-8	92	0,010
4	Tris-(2-Chlorpropyl)-phosphat	TCPP	FSM	13674-84-5	97	0,010
5	Tris-(butoxyethyl)-phosphat	TBEP	FSM	78-51-3	84	0,010
6	Tris-(dichlorpropyl)-phosphat	TDCP	FSM	13674-87-8	89	0,010
7	Perfluoroctanoat	g-PFOA	PFC	335-67-1	86	0,010
8	Perfluorooctansulfonat	g-PFOS	PFC	1763-23-1	64	0,010
9	Perfluorbutanoat	PFBA	PFC	375-22-4	50	0,010
10	Perfluorpentanoat	PFPA	PFC	2706-30-3	37	0,010
11	Perfluorhexanoat	PFHxA	PFC	307-24-4	40	0,010
12	Perfluorheptanoat	PFHpA	PFC	375-85-9	2	0,010
13	Perfluorononanoat	PFNA	PFC	375-95-1	0	0,010
14	Perfluordecanoat	PFDA	PFC	335-76-2	0	0,010
15	Perfluorbutansulfonat	g-PFBS	PFC	29420-49-3	45	0,010
16	Perfluorhexansulfonat	g-PFHxS	PFC	432-50-7	1	0,010
17	Perfluorheptansulfonat	PFHpS	PFC	1763-23-1	0	0,010
18	H-Perfluorheptanoat	HPFHA	PFC	–	0	0,010
19	H ₄ -Perfluorooctansulfonat	H4PFOS	PFC	–	23	0,010
20	Atenolol		HP	29122-68-7	17	0,025
21	Bezafibrat		HP	41859-67-0	54	0,025
22	Carbamazepin		HP	298-46-4	86	0,025
23	Diclofenac		HP	15307-86-5	90	0,025
24	Ibuprofen		HP	15687-27-1	22	0,025
25	Metoprolol		HP	51384-51-1	95	0,025
26	Sotalol		HP	3930-20-9	84	0,025
27	Sulfamethizol		HP/VP-AB	144-82-1	0	0,025
28	Sulfamethoxazol		HP-AB	723-46-6	86	0,025
29	Sulfapyridin		HP-AB	144-83-2	55	0,025
30	Trimetoprim		HP/VP-AB	738-70-5	7	0,025
31	Clofibrinsäure		HP	882-09-7	0	0,025
32	Phenazon		HP	60-80-0	3	0,025
33	Propyphenazon		HP	479-92-5	0	0,025
34	Codein		HP	76-57-3	0	0,025
35	Diazepam		HP	439-14-5	0	0,025
36	Primidon		HP	125-33-7	37	0,025
37	Amidotrizoesäure		RKM	117-96-4	86	0,050
38	Iohexol		RKM	66108-95-0	43	0,050
39	Iomeprol		RKM	78649-41-9	70	0,050
40	Iopamidol		RKM	60166-93-0	80	0,050
41	Iopromid		RKM	73334-07-3	58	0,050
42	Ioxithalaminsäure		RKM	28179-44-4	5	0,050

AB – Antibiotika, BG – Bestimmungsgrenze, CAS-RN – Chemical Abstract Service Registrierungsnummer, FSM - Flammschutzmittel, HP – Humanpharmaka, PFC – Perfluorierte Verbindungen, RKM – Röntgenkontrastmittel, VP – Veterinärpharmaka
 Grün – Anteil der Untersuchungen über der BG < 10 %, hellgelb – Anteil der Untersuchungen mit Positivbefund > 90 %, Anzahl aller Untersuchungen n = 161 (außer PFHpS und H₄PFOS n = 53; HPFHA, Clofibrinsäure, Phenazon, Propyphenazon, Codein, Diazepam und Primidon n = 35)

AB – antibiotics, BG – limit of quantification, CAS-RN – Chemical Abstract Service registry number, FSM – flame retardants, HP – human pharmaceuticals, KB – complex building substances, PFC – perfluorinated carbonic acids, RKM – X-ray contrast media, VP – veterinary pharmaceuticals
 Green: substances with less than 10 % results above BG, pale yellow – ratio of results > BG exceeds 90 % of all samples, number of samples n = 161 (except PFHpS and H₄PFOS) n = 53; HPFHA, Clofibrinsäure, Phenazon, Propyphenazon, Codein, Diazepam and Primidon n = 35)

Bei den perfluorierten Verbindungen werden an keiner Probenahmestelle Mediangehalte über 0,05 µg/L gefunden. Während für Sulfonate (PFBS und PFOS) oberhalb von Schwerte ein Mediangehalt unter der Bestimmungsgrenze ermittelt wird, können Perfluorbutanoat (PFBA), Perfluorhexanoat (PFHxA) und Perfluorpentanoat (PFPA) unterhalb der Lennemündung bzw. ab Schwerte im Mittel nur unter der Bestimmungsgrenze detektiert werden (Tabelle 15.4).

In den vier Untersuchungen des Jahres 2012 wird als maximale Summenkonzentration aller 13 analysierten PFC ein Wert von 0,067 µg/L gefunden. Zu den PFC-Summenkonzentrationen tragen im Jahr 2012 die Verbindungen PFOA und PFOS im Mittel zu ca. 40 % bei. Die maximale Summe der PFOA- und PFOS-Gehalte beträgt im Jahr 2012 0,029 µg/L. Die perfluorierte Verbindung mit den meisten Positivbefunden, PFOA, nimmt in der Konzentration im Verlauf des Monitorings seit 2008 ab (Bild 15.3). Der Rückgang

Tabelle 15.3: Ergebnisübersicht aller Analysen für Stoffe mit Anteilen von Positivbefunden über 10 %
Table 15.3: Overview of analytical results for substances with a ratio of results above BG greater than 10 %

Lfd. Nr.	Substanz	Q25	arithm. Mittelwert	Median	Q75	Q90	Maximum
		[µg/L]					
1	TBP	< BG	0,026	0,011	0,022	0,053	0,552
2	TCEP	0,021	0,054	0,035	0,064	0,103	0,415
3	TCPP	0,050	0,124	0,097	0,187	0,251	0,458
4	TBEP	0,023	0,059	0,054	0,081	0,116	0,258
5	TDCPP	0,013	0,024	0,023	0,030	0,042	0,157
6	g-PFOA	0,013	0,022	0,019	0,028	0,041	0,093
7	g-PFOS	< BG	0,018	0,012	0,024	0,040	0,091
8	PFBA	< BG	0,012	0,010	0,016	0,022	0,059
9	PFPA	< BG	< BG	< BG	0,011	0,014	0,046
10	PFHxA	< BG	< BG	< BG	0,012	0,016	0,040
11	g-PFBS	< BG	0,018	< BG	0,020	0,042	0,250
12	H4PFOS	< BG	< BG	< BG	< BG	0,014	0,032
13	Atenolol	< BG	< BG	< BG	< BG	0,028	0,041
14	Bezafibrat	< BG	0,034	0,030	0,049	0,067	0,089
15	Carbamazepin	0,034	0,070	0,066	0,096	0,131	0,190
16	Diclofenac	0,039	0,071	0,063	0,099	0,130	0,180
17	Ibuprofen	< BG	< BG	< BG	< BG	0,032	0,080
18	Metoprolol	0,069	0,123	0,110	0,170	0,230	0,340
19	Sotalol	0,036	0,059	0,059	0,080	0,096	0,150
20	Sulfamethoxazol	0,035	0,059	0,060	0,081	0,100	0,140
21	Sulfapyridin	< BG	0,029	0,028	0,040	0,052	0,110
22	Primidon	< BG	< BG	< BG	0,028	0,035	0,051
23	Amidotrizoensäure	0,087	0,285	0,280	0,433	0,581	0,780
24	Iohexol	< BG	0,122	< BG	0,123	0,371	1,400
25	Iomeprol	< BG	0,308	0,160	0,473	0,950	1,700
26	Iopamidol	0,058	0,426	0,370	0,640	0,922	2,000
27	Iopromid	< BG	0,088	0,067	0,130	0,190	0,350

Q – Perzentil, sonstige Abkürzungen vgl. Tabelle 15.2

n = 161; H₄PFOS n = 53; Primidon n = 35. Hellgelb: 0,09 µg/L < Konzentration < 0,1 µg/L, gelb: 0,1 µg/L < Konzentration < 0,5 µg/L, orange: 0,5 µg/L < Konzentration
Werte < BG werden für die Berechnung mit 0,5 • BG angesetzt

Q – percentile, other abbreviations cf. Table 15.2

pale yellow: 0,09 µg/L < concentration < 0,1 µg/L, yellow: 0,1 µg/L < concentration < 0,5 µg/L, orange: 0,5 µg/L < concentration
Calculation considered values < BG with 0,5 • BG

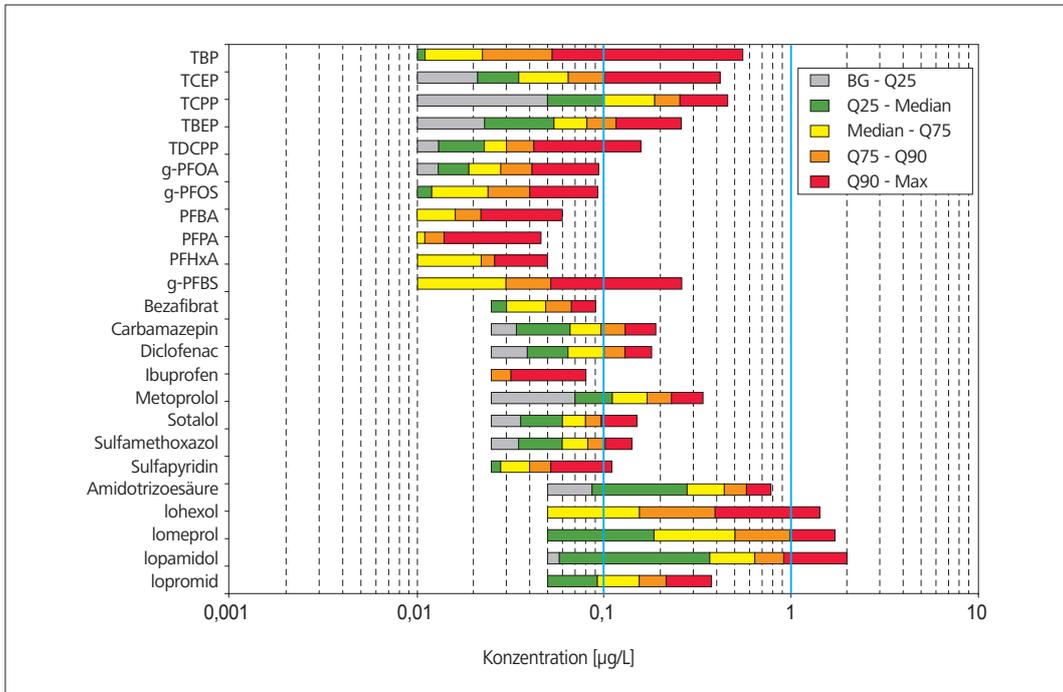


Bild 15.2: Analysen-Ergebnisse für ausgewählte Stoffe (Anteil Positivbefunde > 20 %)
 Fig. 15.2: Analytical results for substances with a ratio of results above BG > 20 %

fällt im Bereich der oberen und mittleren Ruhr deutlicher aus als an der unteren Ruhr, wo generell Mediankonzentrationen unter 0,02 µg/L beobachtet werden. Für den Betrachtungszeitraum 2011/2012 werden in Hagen, Bochum und Mülheim nur Medianwerte unter der Bestimmungsgrenze ermittelt.

Für fünf Pharmaka werden an allen Probenahmestellen Mediangehalte über der Bestimmungsgrenze ermittelt. Mediangehalte über 0,1 µg/L treten jedoch außer für Metoprolol selten auf. Bei den RKM sind Amidotrizoesäure und lopamidol bereits ab Wickede mit Mediankonzentrationen über 0,1 µg/L zu finden. Oberhalb von Wickede liegen mittlere RKM-Konzentrationen fast immer unter der Bestimmungsgrenze.

Für eine Reihe von Flammschutzmitteln (z. B. TCEP, TBEP), weitere PFC (z. B. PFBS, PFOA), Pharmaka (z. B. Metoprolol) und Röntgenkontrastmittel (z. B. lopamidol) wirkt der Lennezuffluss konzentrationsmindernd. Bis auf die PFC steigen die mittleren Konzentrationen im weiteren Ruhrverlauf jedoch wieder an, was neue, zusätzliche Einträge belegen.

Die 90-Perzentilwerte (Q90) ergeben für 14 der 23 Substanzen an allen Probenahmestellen Konzentrationen über der Bestimmungsgrenze. An jeder Probenahmestelle werden für einzelne Stoffe Q90-Werte über 0,1 µg/L ermittelt, wobei deren Anzahl ab Wickede deutlich ansteigt. In Mülheim überschreiten die Q90-Werte für insgesamt zwölf Stoffe den Werte von 0,1 µg/L (TCPP, TBEP, Carbamazepin, Diclofenac, Metoprolol, Sotalol, Sulfamethoxazol, Amidotrizoesäure, Iohexol, lomeprol, lopamidol, lopromid). Im Ruhrverlauf wird erstmalig bei Wickede für das RKM lopamidol ein Q90-Wert über 1 µg/L ermittelt.

In den Jahren 2007 bis 2011 wurden viele der in diesem Monitoring-Programm auffälligen Substanzen mit ähnlichen Konzentrationen bei Untersuchungen der AWWR-Mitgliedsunternehmen, des Ruhrverbands sowie des Landesamts für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz NRW in der Ruhr gefunden [15.3-15.9].

Diese Konzentrationsangaben beziehen sich auf Oberflächenwasser, das noch nicht zu Trinkwasser aufbereitet ist. Dennoch werden zur Bewertung der Konzentrationen im Oberflächenwasser sowohl allgemeine Vorsorgewerte für Trinkwasser (0,1 µg/L, VW) als auch gesundheitsbasierte Orientierungswerte (GOW, oberer Vorsorgewert für einen lebenslangen unbedenklichen Trinkwassergenuss, Warnwert) sowie die toxikologisch begründete Leitwerte

- [15.3] Zullei-Seibert, N.; Schöpel, M.; Strücker, G.: Stoffspuren in der Ruhr – Ergebnisse aus den Wasserversorgungsunternehmen zu Arzneimitteln und Flammschutzmitteln.- in: Ruhrverband & AWWR (Hg.): Ruhrgütebericht 2007.- Gevelsberg, Essen, 148-159 (2008). [15.4] Ruhrverband: Organische Spurenstoffe in der Ruhr.- in: Ruhrverband & AWWR (Hg.): Ruhrgütebericht 2007.- Gevelsberg, Essen, 66-75 (2008).
- [15.5] Ruhrverband: Organische Spurenstoffe in der Ruhr.- in: Ruhrverband & AWWR (Hg.): Ruhrgütebericht 2009.- Schwerte, Essen, 73-86 (2010).
- [15.6] Ruhrverband: Die PFT-Situation im Jahr 2009.- in: Ruhrverband & AWWR (Hg.): Ruhrgütebericht 2009.- Schwerte, Essen, 91-98 (2010).
- [15.7] Ruhrverband: Organische Mikroverunreinigungen in der Ruhr.- in: Ruhrverband & AWWR (Hg.): Ruhrgütebericht 2010.- Schwerte, Essen, 72-85 (2011).
- [15.8] LANUV (Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz Nordrhein-Westfalen, 2011): Verbreitung von PFT in der Umwelt.- LANUV-Fachbericht 34, Recklinghausen, 115 S..
- [15.9] Ruhrverband: Organische Mikroverunreinigungen in der Ruhr.- in: Ruhrverband & AWWR (Hg.): Ruhrgütebericht 2011.- Schwerte, Essen, 78-91 (2012).

(LW, lebenslanger unbedenklicher Trinkwassergenuss, Besorgniswert) herangezogen [15.10-15.12]. Eine Zusammenstellung der entsprechenden Werte für die betrachteten Substanzen gibt Tabelle 15.5. Eine Verknüpfung für Stoffgruppen oder Summenparameter erfolgt in Anlehnung an TRGS 402 [15.13] über einen Bewertungsindex (BI). Hierfür werden die gefundenen Konzentrationen durch die jeweiligen GOW, LW oder VW geteilt. Die erhaltenen Bewertungsquotienten werden aufsummiert. Eine Bewertungssumme unter 1 bedeutet eine unbedenkliche Nutzungsmöglichkeit der Wasserressource.

Für die Untersuchungen des AWWR-Monitorings sind in Tabelle 15.5 ebenfalls die maximalen Bewertungsindizes (BI-Max) zusammen-

- [15.10] Dieter, H.H.: Grenzwerte, Leitwerte, Orientierungswerte, Maßnahmenwerte - Definitionen und Festlegungen mit Beispielen aus dem UBA- Umweltbundesamt, Dessau-Roßlau, Stand: 16.12.2011; http://www.umweltbundesamt.de/wasser/themen/trinkwassertoxikologie/grenzwerte_leitwerte.pdf (2011)
- [15.11] LANUV (Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz Nordrhein-Westfalen): Bewertungsmaßstäbe für PFT-Konzentration in NRW.- siehe auch: <http://www.lanuv.nrw.de/pft/pft-bewertung.htm>, Stand: 09.03.11 (2009)
- [15.12] NRW: Antwort der Landesregierung auf die Kleine Anfrage 3728 vom 11. Januar 2010 des Abgeordneten Johannes Remmel Bündnis 90 / Die Grünen.- Düsseldorf, Landtags-Drucksache 14/10662 (2010).
- [15.13] TRGS (technische Regeln für Gefahrstoffe): TRGS 402 – Ermitteln und Beurteilen der Gefährdungen bei Tätigkeiten mit Gefahrstoffen: Inhalative Exposition.- GMBI. 2010 (12), 231-253 (2010).

Tabelle 15.4: Ergebnisübersicht der Mediangehalte [$\mu\text{g/L}$] in den einzelnen Probenahmestellen ($k = 18$, Essen $k = 17$)
Table 15.4: Median concentrations [$\mu\text{g/L}$] in every sampling point ($k = 18$)

Median Konzentration [$\mu\text{g/L}$] 07/2008 – 10/2012										
Lfd. Nr.	Stoff	Probenahmestelle								
		Meschede	Arnsberg	Wickede	Fröndenberg	Schwerte	Hagen	Bochum	Essen	Mülheim
1	TBP	<BG	<BG	0,016	0,016	0,011	0,008	0,011	0,013	0,011
2	TCEP	0,020	0,031	0,030	0,020	0,048	0,032	0,081	0,051	0,032
3	TCPP	0,029	0,027	0,070	0,190	0,122	0,108	0,164	0,176	0,210
4	TBEP	0,009	0,008	0,051	0,059	0,069	0,054	0,071	0,085	0,070
5	TD CPP	0,027	0,019	0,020	0,019	0,023	0,014	0,027	0,026	0,027
6	g-PFOA	0,038	0,022	0,028	0,027	0,021	0,013	0,014	0,013	0,014
7	g-PFOS	<BG	<BG	<BG	<BG	0,019	0,021	0,025	0,019	0,023
8	PFBA	0,010	<BG	0,018	0,017	0,014	<BG	<BG	<BG	<BG
9	PFPA	0,010	<BG	0,010	0,010	<BG	<BG	<BG	<BG	<BG
10	PFHxA	<BG	<BG	0,012	0,011	0,010	<BG	<BG	<BG	<BG
11	g-PFBS	<BG	<BG	<BG	<BG	0,020	0,022	0,020	0,017	0,017
12	Bezafibrat	<BG	<BG	0,0203	0,0203	0,044	0,039	0,052	0,056	0,049
13	Carbamazepin	0,036	0,029	0,060	0,056	0,078	0,074	0,095	0,100	0,125
14	Diclofenac	0,094	0,028	0,057	0,061	0,102	0,057	0,083	0,078	0,081
15	Metoprolol	0,071	0,039	0,096	0,104	0,140	0,100	0,165	0,200	0,200
16	Sotalol	0,055	0,030	0,053	0,053	0,065	0,051	0,074	0,080	0,080
17	Sulfamethoxazol	0,052	0,031	0,050	0,049	0,072	0,058	0,083	0,087	0,103
18	Sulfapyridin	<BG	<BG	<BG	<BG	0,047	0,028	0,041	0,039	0,030
19	Amidotrizoesäure	<BG	0,052	0,285	0,225	0,345	0,330	0,480	0,470	0,520
20	Iohexol	<BG	<BG	<BG	<BG	<BG	0,070	0,165	0,130	0,415
21	Iomeprol	<BG	<BG	0,069	0,079	0,190	0,240	0,570	0,590	0,535
22	Iopamidol	<BG	<BG	0,510	0,520	0,550	0,330	0,380	0,420	0,600
23	Iopromid	<BG	<BG	<BG	0,056	0,060	0,135	0,125	0,150	0,145

Abkürzungen vgl. Tabelle 15.2

grün: Konzentration < BG, hellgelb: $0,09 \mu\text{g/L} < \text{Konzentration} < 0,1 \mu\text{g/L}$, gelb: $0,1 \mu\text{g/L} < \text{Konzentration} < 0,5 \mu\text{g/L}$, orange: $0,5 \mu\text{g/L} < \text{Konzentration} < 1 \mu\text{g/L}$, rot: $\text{Konzentration} > 1 \mu\text{g/L}$
Werte < BG werden für die Berechnung mit $0,5 \cdot \text{BG}$ angesetzt

abbreviations cf. Table 15.2

green: concentration < BG, pale yellow: $0,09 \mu\text{g/L} < \text{concentration} < 0,1 \mu\text{g/L}$, yellow: $0,1 \mu\text{g/L} < \text{concentration} < 0,5 \mu\text{g/L}$, orange: $0,5 \mu\text{g/L} < \text{concentration} < 1 \mu\text{g/L}$, red: $\text{concentration} > 1 \mu\text{g/L}$
Calculation considered values < BG with $0,5 \cdot \text{BG}$

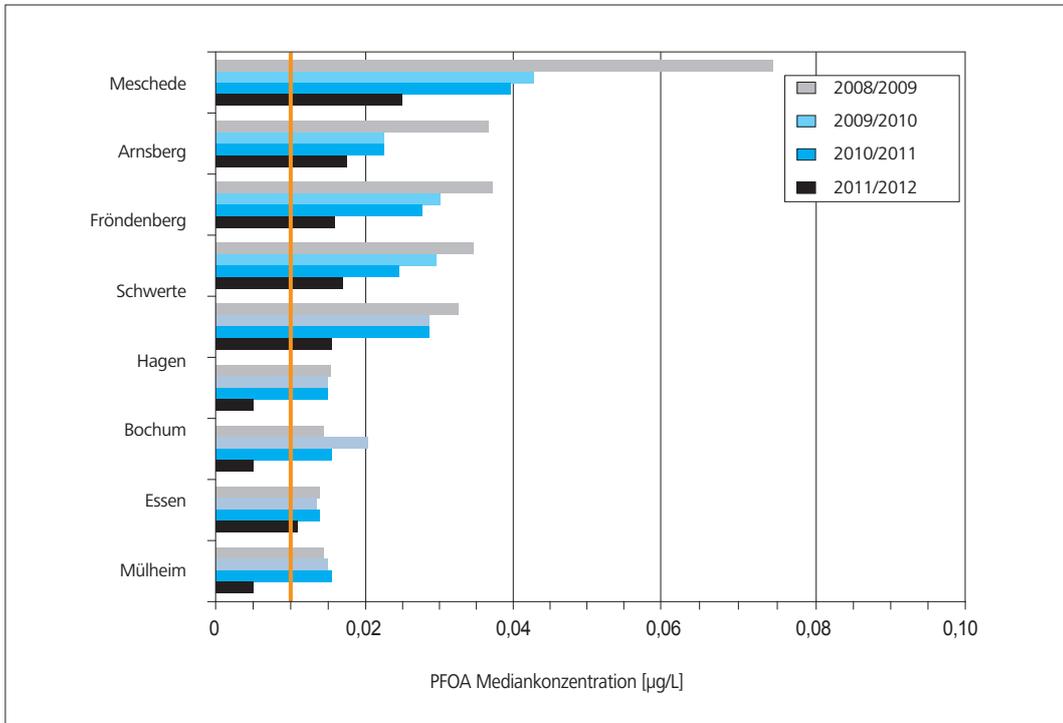


Bild 15.3: Jährliche Mediankonzentrationen von PFOA an den Untersuchungsstellen
 Fig. 15.3: Annual median concentration of PFOA at the sampling sites

mengestellt, die sich aus dem Vergleich der im Oberflächenwasser gefundenen Konzentrationen und den GOW bzw. LW einerseits oder den VW andererseits ergeben. Die BI hinsichtlich der GOW bzw. LW liegen in der Regel deutlich unter 1. Diese maximalen BI beruhen nicht auf Untersuchungsergebnisse im Jahr 2012, sondern treten bei früheren Analysen auf. Folgende Parameter schöpfen die GOW bzw. LW zu mehr als 10 % aus: Summe von Perfluorooctanoat (PFOA) und Perfluorooctansulfonat (PFOS) sowie TCPP, Diclofenac und Carbamazepin. Lediglich einzelne RKM (Iopamidol, Iomeprol, Iohexol) überschreiten den GOW von 1 µg/L. Ein Vergleich der im Oberflächenwasser festgestellten Konzentrationen mit dem allgemeinen Vorsorgewert von 0,1 µg/L für Trinkwasser ergibt für folgende Stoffe Werte über 1: TCPP, Summe PFOA und PFOS, PFBS, Carbamazepin, Diclofenac und mehrere RKM. Zusätzlich zu den vorher genannten sind dies Amidotrizoesäure und Iopromid.

Abflussbetrachtung

Für die Betrachtung des Ruhrabflusses an den Probenahmestellen werden Abflusspegel einbezogen, die in der Nähe der Probenahmestellen liegen. Im Mittel liegen die Abflusspegel 3,4 km unterhalb der Probenahmestellen (Tabelle 15.1). Die mittleren Abflüsse im gesamten Probenahmezeitraum zwischen Juli 2008 und Dezember 2012 fallen niedriger aus als die langjährigen Mittelwerte.

Die Tagesabflüsse an den Probenahmeterminen betragen zumeist zwischen 22 und 162 % des langjährigen mittleren Abflusses (MQ) an den berücksichtigten Pegeln. Die Probenahmen im Januar 2011 und im Januar 2012 erfolgten jedoch bei Hochwasser, so

dass die Abflüsse am Probenahmetag bis zu 6,7*MQ(langjährig) darstellten. Zumeist liegen die Abflüsse an den Probenahmetagen jedoch in der Größenordnung von ca. 0,5 *MQ(langjährig).

Für die RKM Amidotrizoesäure und Iopamidol können häufig gute Korrelationen zwischen Abfluss und Konzentration festgestellt werden. An jeweils 5 Probenahmeorten – unterschiedlich für die beiden Parameter – kann mehr als 60 % der Varianz der Konzentration mit Änderungen des Abflusses erklärt werden. Aber auch für die Stoffe Carbamazepin und Metoprolol können an einigen wenigen Orten ähnlich gute Korrelationen zwischen Abfluss und Konzentration ermittelt werden. Für PFC werden hingegen erwartungsgemäß keine guten Korrelationen zwischen Konzentration und Abfluss gefunden, da Anteile dieser Verbindungen diffus eingetragen werden.

Frachtbetrachtung

Tagesfrachten für die einzelnen Parameter nehmen mit Ausnahme der Stoffe, die unterhalb der Lennemündung nicht häufig mit Gehalten über den Bestimmungsgrenzen gefunden werden (z.B. PFBA), in der Regel von den oberstromigen Probenahmestellen zu den unterstromigen deutlich zu. Konzentrationsabnahmen, wie sie für einzelne Parameter nach dem Zufluss der Lennemündung festzustellen sind, werden in der Regel durch die stärkere Zunahme des Abflusses kompensiert (Tabelle 15.6). Bei der Berechnung der Tagesfrachten werden Konzentrations-Befunde < BG nicht berücksichtigt.

Tabelle 15.5: Zusammenstellung von Vorsorgewerten (VW), gesundheitlichen Orientierungswerten (GOW), Leitwerten (LW) und Bewertungsindex (BI)

Table 15.5: Precautionary values (VW), health oriented values (GOW), guidance values (LW) and assessment index (BI)

Stoff	VW [µg/L]	GOW [µg/L]	LW [µg/L]	BI [-]	BI – Max VW	BI – Max GOW ^[1]
TCPP	≤ 0,1	1	20	1	4,58	0,46
PFOA	≤ 0,1	–	0,3		1,2	0,400
PFOS		–			0,59	0,008
PFBA	≤ 0,1	–	7		2,5	0,08
PFBS	≤ 0,1	3	n.v.		0,46	0,015
PFPA	≤ 0,1	3	n.v.		n.b.	n.b.
PFPS	≤ 0,1	1	n.v.		0,4	0,040
PFHxA ^[2]	≤ 0,1	0,3	n.v.		0,15	0,05
PFHxS ^[2]	≤ 0,1	0,3	n.v.		0,19	0,063
PFHpA ^[2]	≤ 0,1	0,3	n.v.		0	0
PFHpS ^[3]	≤ 0,1	0,3	n.v.		1,9	0,63
Carbamazepin	≤ 0,1	–	1,75		1,8	0,103
Diclofenac	≤ 0,1	–	1,75		> 1	> 1
RKM ^[4]	≤ 0,1	1	n.v.			

Abkürzungen vgl. Tabelle 15.2.

Quellen [15.10-15.14]

$BI = \sum_k (C_i / [GOW_i \text{ bzw. } LW_i])_k$, $BI (VW) = C_i / 0,1$

BI-Max Maximaler Bewertungsindex bei (n = 161)

VW allgemeiner Vorsorgewert

GOW gesundheitlich orientierter Vorsorgewert für lebenslangen, unbedenklichen Trinkwassergenuss

LW toxikologisch begründeter Wert für lebenslangen, unbedenklichen Trinkwassergenuss

n. v. nicht vorhanden, n.b. – nicht bestimmt

[1] für \sum PFOA, PFOS – LW, [2] keine Positivbefunde 2012 [3] keine Befunde > BG, [4] je Einzelstoff,

Grau BI – Max > 1

abbreviations cf. Table 15.2

VW precautionary value

GOW precautionary value for life-time, harmless drinking water consumption

LW toxicologically based guidance value for life-time, harmless drinking water consumption

n. v. not available, n.b. – not analyzed

[1] for \sum PFOA, PFOS – LW, [2] no results 2012 [3] no results > LOQ, [4] each single substance

Im Mittel liegen die Tagesfrachten einzelner Verbindungen in den oberstromigen Messstellen - Meschede und Arnsberg - unter 50 g/d. Ab Wickede ruhrabwärts nehmen die Untersuchungsparameter zu, bei denen die mittlere Tagesfracht je Einzelstoff 100 g/d übersteigt. In Mülheim sind dies dann 15 von 23 relevanten Stoffen.

Mittlere Frachten über 1 kg/d werden für verschiedene RKM in Hagen und unterhalb gefunden. In Mülheim sind dies vier von fünf relevanten RKM (Tabelle 15.6). Mittlere Tagesfrachten für einzelne PFC liegen unter 100 g/d. Die Fracht-Summe aller relevanter PFC unterschreitet in den einzelnen Probenahmestellen 200 g/d. Aus den jährlichen vier Probenahmen und den ermittelten Tagesfrachten kann der Transport während des gesamten Jahres geschätzt werden. Bei den PFC werden niedrige Jahresfrachten teilweise deutlich unter 20 kg/a je Einzelsubstanz ermittelt. Für die FSM steigt die Jahresfracht von einigen Kilogramm in Meschede auf etwa 400 kg in Mülheim. Bei den relevanten Pharmaka ist ebenfalls eine Zunahme von einigen Kilogramm in Meschede auf ca. 200 kg/a in Mülheim zu verzeichnen. Für Metoprolol erreicht die Jahresfracht in Mülheim einen Wert von ca. 400 kg/a. Einzelne RKM (Amidotrizoensäure, Iopamidol) werden mit 700 bis 900 kg/a in der Ruhr bei Mülheim abgeschätzt.

Fazit

Mit den Untersuchungen im Jahr 2012 wurden im Monitoring auf organische Spurenstoffe das Oberflächenwasser der Ruhr 18 Mal an acht Probenahmestellen beprobt und untersucht (in Essen 17 Mal). Das Untersuchungsspektrum wurde 2012 auf 42 Substanzen erweitert und phosphororganische Flammenschutzmittel, perfluorierte Kohlenstoffverbindungen, ausgewählte Humanpharmaka sowie Röntgenkontrastmittel erfasst.

Soweit gesundheitliche Orientierungswerte für einzelne Stoffe als Vorsorgewerte für den menschlichen Trinkwassergenuss formuliert wurden, werden diese zumeist bereits im nicht aufbereiteten Oberflächenwasser eingehalten. Lediglich bei Röntgenkontrastmitteln werden diese Vorsorgewerte im Oberflächenwasser mehrfach überschritten.

Insgesamt 15 Verbindungen aus allen Stoffgruppen wurden bisher entweder gar nicht oder nur vereinzelt im Oberflächenwasser gefunden. Mittlere Konzentrationen übersteigen außer für RKM nur für Metoprolol den Wert von 0,1 µg/L. Die Muster der Befunde in den verschiedenen Monitoringabschnitten zwischen 2008 und 2012 sind sowohl hinsichtlich der Auftretenshäufigkeit als auch hinsichtlich der gefundenen Konzentrationshöhen einander ähnlich.

Für eine Reihe von Flammenschutzmitteln (z. B. TCEP, TBEP), einige PFC (z. B. PFBS, PFOA), Pharmaka (z. B. Metoprolol) und Röntgenkontrastmittel (z. B. Iopamidol) wirkt der Lennezufluss konzentrationsmindernd. Bis auf die PFC steigen die mittleren Konzentrationen im weiteren Ruhrverlauf jedoch wieder an, was neue, zusätzliche Einträge belegt.

[15.14] UBA (Umweltbundesamt): Öffentliche Trinkwasserversorgung – Bewertung organischer Mikroverunreinigungen.- Schreiben vom 14.03.2008 an das Ministerium für Umwelt und Naturschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz NRW (2008).

Die mittleren Tagesfrachten der Einzelsubstanzen liegen in Meschede und Arnsberg noch unter 50 g/d. Ab Wickede werden ruhrabwärts zunehmend für mehrere Stoffe mittlere Tagesfrachten über 100 g/d ermittelt. Mittlere Frachten über 1 kg/d werden nur für RKM unterhalb der Lennemündung beobachtet.

In der Regel liegen die Abflüsse an den Probenahmetagen ca. bei der Hälfte der langjährigen mittleren Abflüsse. Aber insbesondere

im Januar 2012 erfolgte die Probenahme während eines Hochwassers. Die in dieser Probenahme niedrigen Konzentrationen der untersuchten Stoffe deutet auf den Stoffeintrag über Kläranlagenabläufe. Vor allem für einzelne RKM lässt sich ein signifikanter Zusammenhang zwischen Abfluss- und Konzentrationshöhe an mehreren Probenahmestellen ermitteln.

Tabelle 15.6: Ergebnisübersicht der Mediane von Tagesfrachten [g/d]
Table 15.6: Median of daily loads [g/d]

Median Tagesfracht [g/d] 07/08 – 10/12									
Lfd. Nr.	Stoff	Probenahmestelle							
		Meschede	Arnsberg	Wickede	Schwerte	Hagen	Bochum	Essen	Mülheim
1	TBP			28	12	15	41	41	32
2	TCEP	9	18	42	66	111	308	204	166
3	TCPP	12	19	95	154	399	511	536	682
4	TBEP	2	3	77	114	236	290	351	310
5	TDCPP	10	11	26	28	58	84	92	119
6	g-PFOA	16	17	37	33	33	49	41	36
7	g-PFOS	1			29	66	73	68	82
8	PFBA	4		23	20				
9	PFPA	3		11					
10	PFHxA			14	10				
11	g-PFBS				26	54	59	57	56
12	Bezafibrat			15	44	85	157	159	189
13	Carbamazepin	15	16	70	85	210	297	338	395
14	Diclofenac	32	22	80	108	199	283	288	277
15	Metoprolol	27	26	145	175	328	583	638	755
16	Sotalol	20	15	66	73	132	241	264	267
17	Sulfamethoxazol	19	16	59	76	148	246	251	314
18	Sulfapyridin				49	68	113	103	89
19	Amidotrizoessäure		30	310	389	1043	1457	1492	1925
20	Iohexol					185	484	580	1840
21	Iomeprol			75	215	759	2122	2623	2907
22	Iopamidol			690	507	1057	1481	1402	2125
23	Iopromid				61	423	401	554	569

Abkürzungen vgl. Tabelle 15.2

Für die Frachtermittlung werden Konzentrationen unter der BG nicht berücksichtigt.

hellgelb: 100 < Tagesfracht < 500, dunkelgelb: 500 < Tagesfracht < 1.000, orange: 1.000 < Tagesfracht; grün: Median Tagesfracht = 0

abbreviations cf. Table 15.2

Load calculation do not consider concentrations below BG.

pale yellow: 100 < daily load < 500, yellow: 500 < daily load < 1.000, orange: 1.000 < daily load; green: median daily load = 0

16 Erweiterung der Wasseraufbereitung im Wasserwerk Langel des Wasserbeschaffungsverbandes Arnsberg

Thomas Kroll, Stadtwerke Arnsberg GmbH, Arnsberg

Allgemeines

Der Wasserbeschaffungsverband Arnsberg wurde 1967 gegründet, um für seine Mitglieder Trinkwasser zu beschaffen und bereitzustellen. Dazu werden von ihm Wasservorkommen erschlossen und ausgebaut, Versorgungsnetze bis zu den Anschlüssen an die Mitgliedereigenen Verteilnetze errichtet und vorhandene verbandseigene Wasserwerksanlagen betrieben und unterhalten. Verbandsmitglieder sind heute nur noch der Hochsauerlandkreis und die Stadt Arnsberg.

Der Wasserbeschaffungsverband Arnsberg betreibt die Wassergewinnungs- und Aufbereitungsanlage Langel, einen Trinkwasserspeicher mit 4.000 m³ Fassungsvermögen und ein Leitungsnetz von ca. 12,5 km Länge. Die Stadtwerke Arnsberg beziehen zur Versorgung von rund 28.500 Einwohner im östlichen Stadtgebiet vom Wasserbeschaffungsverband jährlich circa 1,45 Mio. m³ Trinkwasser.

Wassergewinnungs- und -aufbereitungsanlage Langel

Nach umfangreichen hydrogeologischen Untersuchungen hat der Wasserbeschaffungsverband Arnsberg Ende der 1960-iger Jahre entschieden, die Wassergewinnungs- und Aufbereitungsanlage Langel an der Ruhr in Meschede-Freienohl zu bauen. Die Anlage ging 1971 in Betrieb.

Auf Grund des angestiegenen Wasserbedarfs wurde die Wassergewinnung 1976 und 1992 erweitert. Der gegenwärtige Zustand der Wassergewinnungsanlage entspricht noch dem Ausbaustand von 1992.

Aufbereitungstechnische Ausgangssituation

Die Entnahme des Rohwassers aus der Ruhr erfolgt über ein Entnahmebauwerk das etwa 2,2 km flussaufwärts vom Werk liegt. Das Rohwasser fließt durch eine Freigefälleleitung DN 700 zur Wassergewinnungsanlage.

Zur künstlichen Grundwasseranreicherung wird das Rohwasser in sechs Langsandsandfilterbecken geleitet. Vier Becken haben Abmessungen von jeweils 70 m x 10 m und zwei Becken von jeweils 120 m x 8 m. Die gesamte Filterfläche der sechs Becken beträgt 4.720 m². In den Becken ist eine etwa 60 cm starke Filterquarzsandschicht.

Uferfiltrat, künstlich angereichertes und natürliches Grundwasser werden durch 32 Heberbrunnen, die in zwei Brunnengruppen un-

terteilt sind, gefasst. Die Brunnen der beiden Brunnengruppen sind durch Heberleitungen verbunden und enden in einem Sammelbrunnen. Von dem Sammelbrunnen aus wird das Wasser zur Entsäuerung ins Werk gefördert. Die Entsäuerung erfolgt in drei mit dolomitischem Filtermaterial gefüllten Fallverdüsungsfiltern.

Nach Abschluss der Aufbereitung wird das Wasser mit Chlorgas desinfiziert. Auf Grund von mikrobiologischen Problemen wurde im Mai 2008 als zusätzliche Sicherheitsstufe eine UV-Anlage in Betrieb genommen.

Das neue aufbereitungstechnische Konzept

Der PFT-Skandal 2006 und die Starkregen- und Hochwasserereignisse 2007 haben gezeigt, dass die Anfang der 1970-Jahre geplante und gebaute Wassergewinnungs- und Aufbereitungsanlage bei extremen Belastungen des Oberflächenwassers nicht mehr den heutigen Anforderungen entspricht und aus Gründen des vorbeugenden Gesundheitsschutzes die Wasseraufbereitung erweitert werden muss.

Um eine dauerhaft sichere Trinkwasseraufbereitung mit „Sicherheitsbarrieren für verschiedenste Störstoffe“ zu gewährleisten, beauftragte der Wasserbeschaffungsverband Arnsberg Anfang 2008 ein Ingenieurbüro mit der Planung zur Erweiterung der Aufbereitung im Wasserwerk Langel. Begleitet wurden die Planungen unter anderem vom Hygiene-Institut des Ruhrgebiets, Gelsenkirchen und vom Rheinisch-Westfälischen Institut für Wasser, Beratungs- und Entwicklungsgesellschaft mbH in Mülheim.

Die vorhandene Wassergewinnung sollte im Werk Langel bestehen bleiben und durch moderne Aufbereitungstechnik ergänzt werden (Bild 16.1).

Nach einer zweijährigen Planungsphase wurde im Oktober 2010 mit den Bauarbeiten im Wasserwerk Langel begonnen. Die Inbetriebnahme der neuen Aufbereitungsanlage erfolgte im September 2012 (Bild 16.2).

Das Werk ist nach der Erweiterung der Wasseraufbereitung jederzeit in der Lage 600 m³/h bzw. 12.000 m³/d Trinkwasser aufzubereiten. Bei einem Ausfall des Wasserwerkes Möhnebogen der Stadtwerke Arnsberg kann der Versorgungsbereich vom Werk Langel mit versorgt werden.

Die erweiterte Wasseraufbereitung umfasst folgende neu errichtete Anlagenteile:

Sammelbrunnen:

Über dem vorhandenen Sammelbrunnen wurde ein Gebäude errichtet und die gesamte Maschinen- und Anlagentechnik im Sammelbrunnen erneuert. Die vier Tauchmotorpumpen (Feedpumpen) im Sammelbrunnen sind jeweils über eine Rohrleitung mit einer Ultrafiltrations-Straße verbunden. Der Betrieb der Tauchmotorpumpen sowie die Anpassung der Fördermenge im Sammelbrunnen erfolgt frequenzgeregelt. Dadurch kann jede

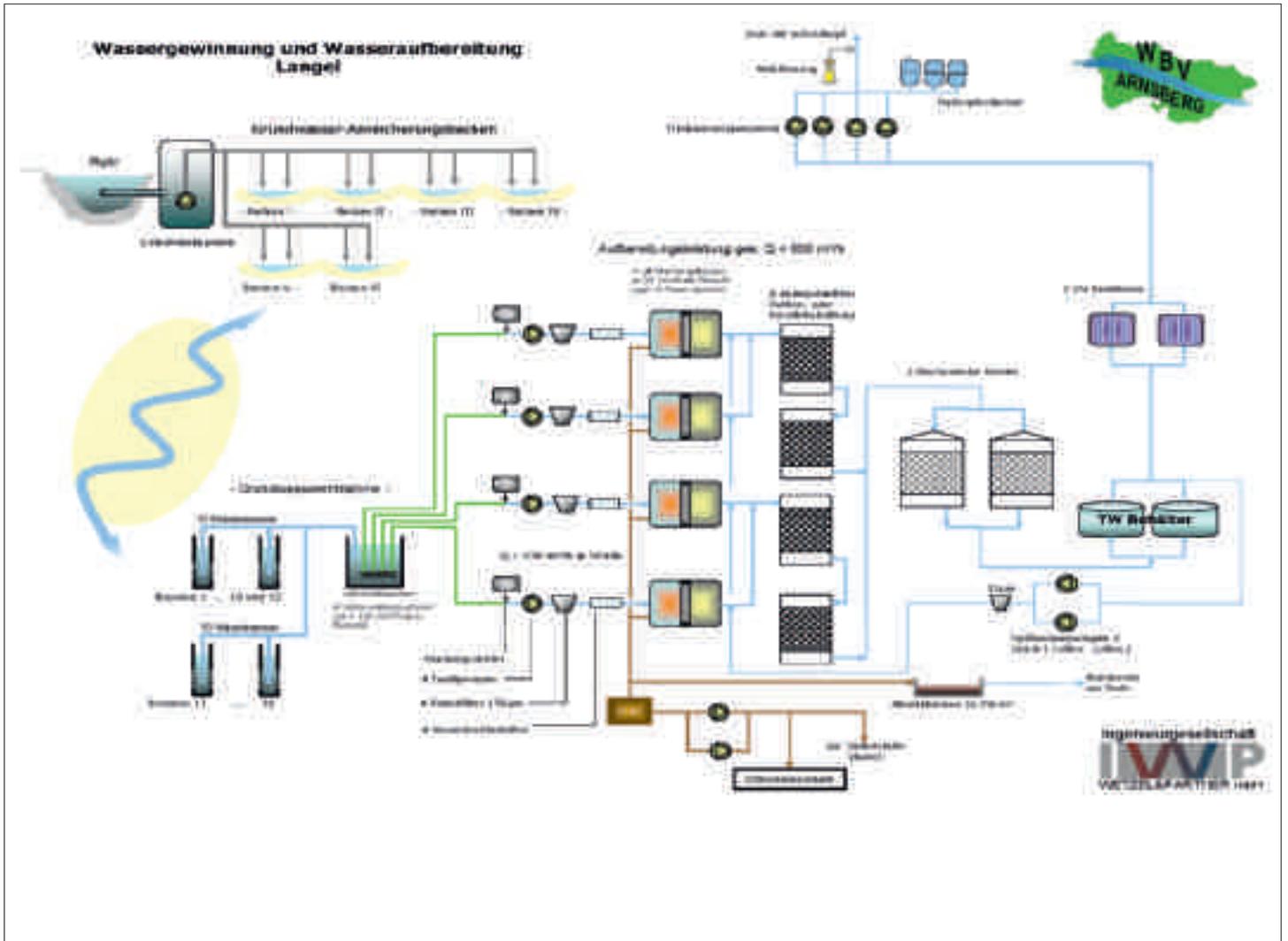


Bild 16.1: Aufbereitungsschema
 Fig. 16.1: Treatment scheme

Straße mit Durchflussmengen von 60 – 150 m³/h gefahren werden (Bild 16.3).

Dosierung von Flockungsmittel:

Die Flockungsmitteldosierung spielt für die Wasserqualität, hinsichtlich der Unterstützung einer Partikelelimination, eine untergeordnete Rolle. Das Hauptinteresse ist vielmehr die Elimination von organischen Belastungen, die sowohl die Betriebsweise (Spülzyklen) und Standzeit der Ultrafiltrationsmembranen als auch die Beladung der Aktivkohlefilter beeinflusst. Ziel ist die Bildung von Mikrofloccen, die auf der Membranoberfläche einen Filterkuchen (Sekundärmembran) bilden, der sich mit der Wasserspülung herauspülen lässt.

Man geht davon aus, dass bei einer Dosierung von 2 mg Al/l eine DOC-Reduzierung von ca. 25 % und eine SAK 254-Reduzierung

von ca. 80 % erzielt werden kann. Die Dosierung des Flockungsmittels erfolgt unmittelbar hinter den Tauchmotorpumpen (Feedpumpen), im Sammelbrunnen. Für die Dosierung des Flockungsmittels werden insgesamt vier Membran-Dosierpumpen eingesetzt (je eine für jede Ultrafiltrations-Straße). In den Druckleitungen sind jeweils Dosierstellen für Flockungsmittel sowie eine kontinuierliche Durchflussmessung installiert. Die Dosierung erfolgt trübungsabhängig und mengenproportional.

Die Reaktion des Flockungsmittels mit dem Rohwasser zur Bildung von Mikrofloccen benötigt eine Reaktionszeit von ca. 60 bis 90 Sekunden. Durch eine ausreichend lange Fließstrecke von ca. 112 m vom Sammelbrunnen zur Ultrafiltrationsanlage wird die Reaktionszeit sichergestellt.



Bild 16.2: Gebäude der neuen Aufbereitungsanlage
Fig. 16.2: Building of the new treatment plant

Vorfilter:

Zum Schutz der Membranen vor abrasiven Partikeln ist vor jeder Ultrafiltrations-Straße ein manuell rückspülbarer Feinfilter mit einer Trenngrenze von $150\ \mu\text{m}$ installiert. Die gebildeten Mikroflocken können den Feinfilter passieren.

Druckmembranfiltration:

Kernstück der neuen Aufbereitungsanlage ist die Ultrafiltrationsmembrananlage, die aus vier Straßen besteht und die je Straße eine Durchsatzleistung von 60 bis $150\ \text{m}^3/\text{h}$ hat. Um den Platzbedarf der Membrananlage möglichst gering zu halten, wurde als Rackkonstruktion das T-Rack der Firma Inge gewählt. Hierdurch konnte die Stellfläche der Membrananlage um ca. 60 % reduziert werden (Bild 16.4).



Bild 16.3: Sammelbrunnen
Fig. 16.3: Collection tank

Die von der Firma Inge eingesetzten Hohlfaser-Druckmembranen sind in vertikal aufgestellten Druckrohren untergebracht und werden im Dead-End-Modus betrieben. Jede Straße besteht aus 30 Modulen und hat sechs Reserve-Plätze. Jedes Modul hat eine aktive Membranfläche von $60\ \text{m}^2$. Die gesamte aktive Membranfläche der vier Straßen beträgt $7.200\ \text{m}^2$. Die Porengröße der Ultrafiltrationsmembrane beträgt ca. $0,02\ \mu\text{m}$. Dadurch ist sie in der Lage feinste Partikel aus dem Wasser zu filtern und dient der Entfernung von partikulären Wasserinhaltsstoffen. Auf Grund der Porengröße der Membran können selbst Viren aus dem Wasser gefiltert werden.



Bild 16.4: Ultrafiltrations-Straße
Fig. 16.4: Ultrafiltration system

Aktivkohleanlage:

Die neue Aktivkohleanlage besteht aus vier Druckbehältern, die parallel oder in zwei Zweiergruppen in Reihe betrieben werden können. Die Behälter haben jeweils einen Durchmesser von vier Metern und eine zyl. Höhe von drei Metern. Im Normalbetrieb ($300\ \text{m}^3/\text{h}$) beträgt die Filtergeschwindigkeit $6\ \text{m}/\text{h}$ und die Kontaktzeit 30 Minuten. Beim Volllastbetrieb ($600\ \text{m}^3/\text{h}$) ergibt sich eine Filtergeschwindigkeit von $12\ \text{m}/\text{h}$ und eine Kontaktzeit von 15 Minuten. Das Aktivkohlevolumen in der Anlage beträgt rund $150\ \text{m}^3$. Die Befüllung der Aktivkohlebehälter erfolgt durch ein fest verrohrtes Verteilsystem mit einer außen an der Gebäudehülle angebrachten Befüllvorrichtung (Bild 16.5).

Mechanische Riesler:

Die mechanische Entsäuerungsanlage besteht aus zwei Rieslerkolonnen mit Füllkörperschüttung und dient der Entfernung von überschüssiger Kohlensäure. Jeder Riesler hat eine Durchsatzleistung von bis zu $300\ \text{m}^3/\text{h}$. Innerhalb des Rieslers befinden sich unterschiedlich große Füllkörper (sog. Pall-Ringe 50 und 15 mm). Zur Versorgung der Riesler mit Luft ist für jede Kolonne ein Drehzahl gesteuertes Gebläse fest zugeordnet. Die Gebläse sind an eine gemeinsame Luftleitung angeschlossen. In dieser Leitung befinden sich ein Luftfilter und zur Überwachung des Luftfilters eine



Bild 16.5: Aktivkohlefilter
Fig. 16.5: Activated carbon filter

Differenzdruckmessung. Die Zugabe der Luft durch die Gebläse erfolgt anhand des im Ablauf installierten pH-Messgerätes. Sollte eine Abweichung vom vorgegebenen Wert erfolgen, so wird die Gebläseleistung entsprechend angepasst. (Bild 16.6)

Reinwasserbehälter:

Der Reinwasserbehälter dient als Vorlage für die Trinkwasserpumpen. Er besteht aus zwei Kammern mit einem Volumen von jeweils 175 m³. Insgesamt stehen 350 m³ Speichervolumen zur Verfügung.

UV-Desinfektion:

Die im Rahmen der Erweiterung der Aufbereitung geplante Installation einer UV-Anlage musste auf Grund von mikrobiologischen Problemen im Mai 2008 vorgezogen werden. Aus technischen Gründen musste die Anlage im Zulauf des Trinkwasserspeichers



Bild 16.6: Riesler
Fig. 16.6: Trickle filter

installiert werden. Sie diente bis zur Inbetriebnahme der neuen Aufbereitungsanlage neben der Chlorgasanlage als zusätzliche Sicherheitsstufe. Nach der Inbetriebnahme der neuen Aufbereitungsanlage und einer mehrwöchigen Testphase wurde die UV-Anlage im Zulauf des Trinkwasserspeichers und die Chlorgasanlage im Wasserwerk außer Betrieb genommen und zurückgebaut. Als Notdesinfektionsanlage ist eine Natrium-Hypochloridanlage installiert.

Die neue UV-Anlage der Firma Trojan vom Typ SWIFTsc D12 besteht aus zwei redundanten Reaktoren mit jeweils 12 Niederdruck-UV-Strahlern. Im Normalbetrieb läuft immer nur ein Reaktor. Nur bei Vollastbetrieb (600 m³/h) sind beide Reaktoren parallel in Betrieb (Bild 16.7).



Bild 16.7: UV-Anlage
Fig. 16.7: UV facility

Kosten

Der Wasserbeschaffungsverband Arnberg investierte 2010 bis 2012 in die Erweiterung der Wasseraufbereitung des Wasserwerkes Langel rund 4,6 Mio. Euro, die sich wie folgt auf die einzelnen Gewerke aufteilen:

– Bauteil	1,8 Mio. €
– Verfahrenstechnik	1,9 Mio €
– Elektrotechnik	0,9 Mio €

Zusammenfassung

Nach Erweiterung der Wasseraufbereitung ist die Anlage auf dem neuesten Stand der Technik. Auch bei außergewöhnlichen Betriebsbedingungen kann durch die hier angewandte Kombination von Verfahrensstufen eine einwandfreie Trinkwasserqualität für die nächsten Jahre sichergestellt werden.

17 Investition in eine gemeinsame Trinkwasser-Aufbereitung – Kooperation der Stadtwerke Menden und Fröndenberg

Matthias Lürbke, Jürgen Drees,
Wasserwerk Fröndenberg-Menden GmbH

Wenn zwei benachbarte Stadtwerke ähnliche Bedürfnisse in der Weiterentwicklung ihrer Wassergewinnung und -aufbereitung ermitteln und die Gewinnungsgebiete in unmittelbarer Nähe liegen, dann sind optimale Bedingungen gegeben, um mit einer Projektkooperation nachhaltiges und zukunftsorientiertes Trinkwasser-Management zu realisieren. Diese Herausforderung haben die Stadtwerke Menden und Fröndenberg gemeinsam angenommen und mit der Inbetriebnahme ihres Wasserwerkes am 16. November 2012 erfolgreich gemeistert. Die Projektkooperation beider Stadtwerke berücksichtigt jedoch weit mehr, als nur den Betrieb einer gemeinsamen Anlage. So wurden im Vorfeld die jeweiligen Interessen und das vorhandene Know-how ermittelt und in einem Gesamtkonzept mit dem Ziel größtmöglicher Synergieeffekte gebündelt:

- Betrachtung der Bedürfnisse beider Kommunen in Hinblick auf die heutigen und zukünftigen Trinkwassermengen
- Abgleich der Rahmenbedingungen zur langfristigen Sicherstellung der Trinkwasserqualität
- Technischer Standard der damaligen Anlagen beider Stadtwerke und deren Modernisierungsbedarf
- Szenarien für eine zentrale Steuerung der Wasserverteilung und -infrastruktur beider Versorger
- Vorhandenes Personal und Knowhow für die Umsetzung einer gemeinsamen Lösung

Zwei kommunale Stadtwerke mit Investitionsbedarf – die Ausgangslage

Die Stadtwerke Menden GmbH versorgen rund 55.000 Einwohner in ihrem Stadtgebiet mit Trinkwasser. Im Jahre 2008 wurde die Wassergewinnung im Wasserwerk Ruhrtal bereits auf 4 Mio. m³/a ausgebaut. Um diese Rohwassermenge gewinnen zu können, mussten ein weiteres Anreicherungsbecken und 4 neue Brunnen errichtet werden. Die damalige Trinkwasseraufbereitung besaß nicht die geforderte Leistungsfähigkeit und genügte auch nicht mehr aktuellen Anforderungen.

Bei den benachbarten Stadtwerken Fröndenberg liefen bereits seit längerem Planungen, die Trinkwasseraufbereitung zu ertüchtigen, da diese ebenfalls modernen Anforderungen nicht mehr genügte. Die Stadtwerke Fröndenberg GmbH versorgen ca. 15.000 Einwohner mit 0,9 Mio. m³/a Trinkwasser. Das Rohwasser entstammt aus drei Tiefbrunnen, die im Einflussbereich der Ruhr liegen. Ein während des Ruhrhochwassers 2007 ausgesprochenes Abkochgebot aufgrund abnormaler Trübungswerte machte zudem mittelfristig eine Ertüchtigung der Aufbereitung notwendig.

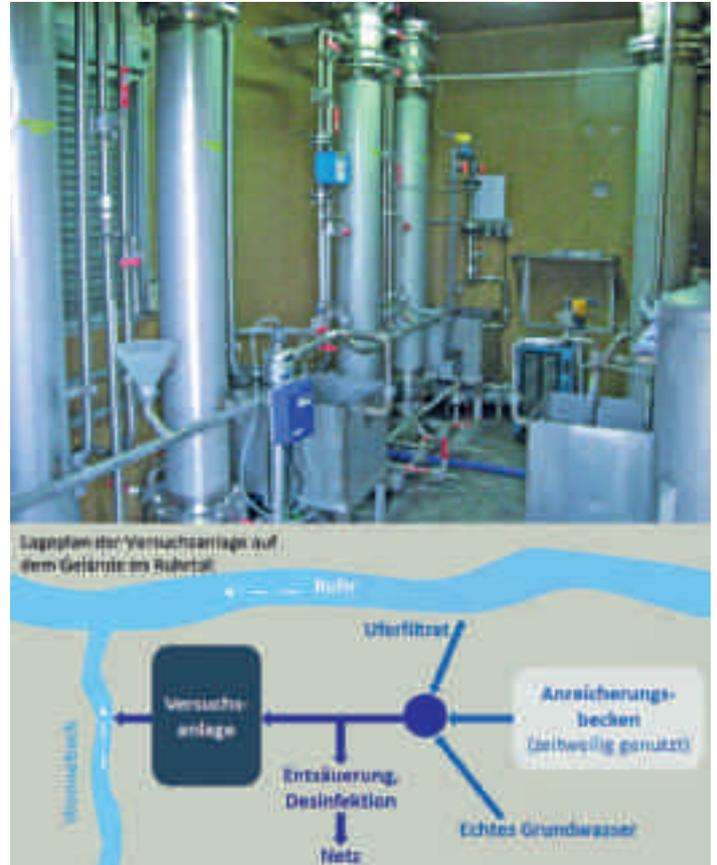


Bild 17.1: Die nötigen Erkenntnisse für das Anlagenkonzept lieferte der einjährige Betrieb einer Versuchsanlage.
Fig. 17.1: The operation of a trial plant for one year provided the necessary results to develop the facility set-up.

Von der Pilotanlage bis zur Gründung einer gemeinsamen Gesellschaft

Die beiden Unternehmen vereinbarten im Jahr 2009, gemeinsam eine Pilotanlage auf dem Gelände der Wassergewinnung Ruhrtal zu installieren, um das geeignete Aufbereitungsverfahren zu ermitteln. Unterstützt wurde diese Pilotierung durch eine Diplomarbeit an der Fachhochschule Aachen, die unter anderem unterschiedliche technische Verfahren, Kostenmodelle und Infrastrukturbedingungen gegenüberstellte und bewertete.

Eine von der RWW Rheinisch-Westfälische Wasserwerksgesellschaft, Mülheim, zur Verfügung gestellte Pilotanlage zur Untersuchung unterschiedlicher Verfahrensstufen wurde über den Zeitraum von einem Jahr betrieben, so dass auch die über die Jahreszeiten auftretenden Rohwasserschwankungen berücksichtigt werden konnten.

Die Anlage bestand aus drei unterschiedlich konfigurierten Verfahrensstraßen. Allen drei Straßen verfügten über ein Mehrschichtfilter und ein Aktivkohle-Festbettadsorber. Zweien dieser Straßen wurde eine Ozonanlage vorgeschaltet, der dritten Verfahrensstra-

ße wurde eine UV-Anlage nachgeschaltet. Im Nachgang wurde die gesamte Pilotanlage um eine Ultrafiltrationsanlage erweitert (Bild 17.1).

Die Datenauswertung der Pilotanlage lieferte eine verlässliche Grundlage für das zukünftige Anlagenkonzept. Eine in Auftrag gegebene Machbarkeitsstudie untersuchte zudem die technischen und wirtschaftlichen Rahmenbedingungen und untermauerte die günstige Prognose für eine gemeinsame Trinkwasseraufbereitungsanlage. Beispielsweise führte das Pilotprojekt zu dem Ergebnis, dass eine Aufbereitungsleistung von 600 m³/h genüge, um die Trinkwassernetze beider Städte und die bestehenden Hochbehälter zu bewirtschaften, obwohl die reine Addition der beiden Netzspitzen 900 m³/h ergeben hätte. Diese positiven Erkenntnisse bildeten eine Grundlage für die notwendigen Gremienbeschlüsse in beiden Städten, welche letztendlich ihre Zustimmung für den Bau und Betrieb einer gemeinsamen Wasseraufbereitung erteilten.

Den Grundstein für die Errichtung der Anlage legten die Beteiligten im Juni 2011. Mit der Vergabe dreier Lose für Bauteil, Verfahrenstechnik und elektrische Ausrüstung begann unmittelbar die Errichtung der Anlage. Um ein dauerhaft verbindendes Element beider Kooperationspartner zu schaffen, beschlossen die Stadtwerke Menden und die Stadtwerke Fröndenberg zudem, eine gemeinsame Gesellschaft zu gründen, die unter dem Namen „Wasserwerk Fröndenberg-Menden GmbH“ firmiert. Die Beteiligung entspricht mit 74,9 % Stadtwerke Menden und 25,1 % Stadtwerke Fröndenberg in etwa der Wasserabgabe an die beiden Gesellschafter (Bild 17.2).

Anlagenkonzept und Bau des Wasserwerkes

Das gewählte Anlagenkonzept berücksichtigt die bereits vorhandenen Langsam-Sandfilter und Untergrundpassagen und erfüllt durch den Verzicht auf chemische Zusätze zudem noch die Erwartung der Bevölkerung an eine ökologisch zeitgemäße Trinkwasseraufbereitung.

Eine hochmoderne Kommunikations- und Steuerungsinfrastruktur vervollständigt das zukunftsorientierte Anlagenkonzept und ermöglicht den vollautomatischen Betrieb des Wasserwerkes mit seinen optimal aufeinander abgestimmten Aufbereitungsstufen. Drei Ultrafiltrationsstraßen, zwei Betondruckfilter für die Aktivkohle, zwei Flachbodenbelüfter zur pH-Wert Anhebung sowie zwei Niederdruck UV-Licht-Reaktoren stellen den reibungslosen Betrieb und die angestrebte Quantität und Qualität des Trinkwassers sicher.

Mit einer Fließgeschwindigkeit von rund 10 cm pro Stunde durchläuft das Rohwasser die Ultrafiltration als erste Aufbereitungsstufe. Nach dem Funktionsprinzip einer druckgetriebenen Kapillarmembran und mit rund 7.200 m² Filterfläche sorgen die Module – in drei Racks (hydraulische Einheiten) zusammengefasst – für eine sichere Partikelentfernung. Dabei befinden sich zwei der drei Racks rollierend im Filtrationsmodus, während das jeweils dritte Rack rückgespült wird.

Im Anschluss entfernen zwei Festbett-Aktivkohlefilter mit jeweils 90 m³ Volumen – wahlweise parallel oder in Reihe betrieben – organische Spurenstoffe. Dabei verfügt die hochporöse Aktivkohle mit einer inneren Oberfläche von 1.000 m² pro Gramm Kohle über eine hohe Adsorptionsfähigkeit.



Bild 17.2: Nach nur 18 Monaten Umsetzungszeit erfolgte die Inbetriebnahme der neuen Wasseraufbereitungsanlage der Wasserwerk Fröndenberg-Menden GmbH.

Fig. 17.2: After an implementation phase of only 18 months, the new water treatment facility of Wasserwerk Fröndenberg-Menden GmbH went into operation.



Bild 17.3: Modernes Trinkwassermanagement: Optimal aufeinander abgestimmte Komponenten wie z.B. Ultrafiltration, UV-Licht-Desinfektion und effiziente Pumpen.

Fig. 17.3: Modern drinking water management: perfectly aligned components such as ultrafiltration, UV disinfection and efficient pumps

Die Wasseraufbereitung ist theoretisch bereits an dieser Stelle abgeschlossen, jedoch enthält das Wasser für das nachfolgende Trinkwassernetz noch übermäßig Kohlensäure und bedarf der Entsäuerung. Der pH-Zielwert von 7,8 wird ohne Einsatz von Chemie und nur mithilfe des physikalischen Verfahrens des Luftaustausches erreicht. Hierfür kommen zwei Flachbodenbelüfter mit je zwei drehzahlgeregelten Verdichtern zum Einsatz.

Abschließend durchläuft das Wasser eine letzte Sicherheitsmaßnahme: Mithilfe der UV-Licht-Desinfektion wird gewährleistet, dass potentiell verbliebene Mikroorganismen sich im Trinkwasser nicht vermehren können. Die Lichtbestrahlung mit einer Wellenlänge von 253,7 nm (Ultraviolettes Lichtspektrum) inaktiviert deren DNS und unterbindet ihre Vermehrungsfähigkeit. Dank der verwendeten Niederdruck-Technik können zudem die Energiekosten gering gehalten werden.

Im Anschluss an die Aufbereitung wird das Wasser in zwei Trinkwasserbehälter geleitet, die – zusätzlich zur Trinkwasserverteilung über die Reinwasserpumpen – auch die Spülwasserpumpen für die Rückspülung der Ultrafiltrationsanlage mit der notwendigen Wassermenge speisen.

Die Trinkwasserförderung in die Infrastruktur der Stadtwerke Menden und Fröndenberg erfolgt im Regelbetrieb über zwei der drei installierten Reinwasserpumpen, die dritte Pumpe dient als Reservepumpe (Bild 17.3).

Gemeinsame Optimierung und Synchronisierung der Infrastruktur

Um größtmögliche Synergieeffekte sowohl innerhalb der gemeinsamen Rohwassergewinnung als auch der Trinkwasserverteilung

in beide Versorgungsgebiete zu erzielen, sind Optimierungen an den Versorgungsleitungen und der peripheren Infrastruktur vorgenommen worden: So erhielten beispielsweise die drei Fröndenberger Brunnen neue Brunnenpumpen. Eine neue Verbindungsleitung für den Transport des Rohwassers aus den Brunnen der Wassergewinnung Fröndenberg zum neuen Wasserwerk wurde gelegt und innerhalb des Gebäudes mit dem Mendener Rohwassersystem zusammengeführt. Hiermit entstand ein hydraulisch verbundenes einheitliches Rohwasser-/Brunnensystem.

Das gewonnene Trinkwasser gelangt über den Netzanschluss seit Oktober 2012 in das Mendener Versorgungsgebiet. Die Belieferung nach Fröndenberg seit Juli 2013. Eine neue Trinkwasserverbindungsleitung ist parallel zur Rohwasserleitung verlegt worden, zudem sorgen jetzt eine neue Regelanlage und eine Druckerhöhungsanlage im Fröndenberger Pumpwerk für die optimale Bewirtschaftung der Hochbehälter. Diese flankierenden Maßnahmen haben letztendlich dafür gesorgt, dass die angestrebte gemeinsame Steuerung des Roh- und Trinkwassers aus dem neuen Wasserwerk heraus realisiert und ein weiterer, maßgeblicher Synergieeffekt durch die Anlagendimensionierung erreicht wird (Bild 17.4).

Im Focus der Öffentlichkeit – das Wasserwerk als Imageträger

Eine offene Bauweise des Wasserwerksgebäudes, Bullaugen und Informationstafeln an den Aufbereitungsstationen sowie ein Besucherraum - ausgestattet mit multimedialer Technik - garantieren den Gästen des Wasserwerkes Fröndenberg-Menden ein besonderes Erlebnis rund um das Thema Trinkwasser.

Mitarbeiter der Wasserwerksgesellschaft führen Besuchergruppen entlang eines Lehrpfades von der Wassergewinnung am Obergraben der Ruhr, entlang der Anreicherungsbecken, Brunnen und



Bild 17.4: Rohwassersammelleitungen der Brunnen zum Wasserwerk
 Fig. 17.4: Raw water collection pipes from the tanks to the waterworks

Pegelmesser auf dem Wasserwerksgelände, hinein in das Wasserwerksgebäude. Dort setzen sie die Führung entsprechend dem Weg der Wasseraufbereitung fort, bis hin zur Übergabe des Trinkwassers in die Infrastruktur der beiden Versorgungsgebiete. Anschauungsmaterial sowie Informationsfilme zum Wasserwerk runden das Erlebnis der Besucher ab.

Das Interesse der Bevölkerung am Thema Trinkwasser ist größer denn je. So folgten rund 3.000 Besucher einer Einladung zum Tag der offenen Tür anlässlich der Eröffnung des Wasserwerkes und im ersten Halbjahr des Jahres 2013 haben bereits 30 Besuchergruppen – regionale Vereine, Organisationen und Schulklassen beider Städte – das Angebot der Führungen genutzt. Als Seminar- und Veranstaltungsort der Stadtwerke Fröndenberg und Menden für Business-meetings hat sich der Standort ebenfalls bereits etabliert.

Modernes Wassermanagement erfordert mehr denn je technische, ökonomische und ökologische Kompetenz. Die Synergieeffekte und Mehrwerte der Projektkooperation der Stadtwerke Fröndenberg und Menden gehen weit über eine Kosten-, Anlagen- und Personaloptimierung hinaus. Denn die Realisierung eines transparenten und erlebbaren Wasserwerkes steigert die Akzeptanz in der Bevölkerung für zukünftige Maßnahmen in der Trinkwassergewinnung, -aufbereitung und -verteilung (Bild 17.5).



Bild 17.5: Das Wasserwerk als Begegnungsort für die Bürger und Partner beider Stadtwerke Fröndenberg und Menden.

Fig. 17.5: The waterworks as a place of encounter for citizens and representatives from the two municipal utilities Fröndenberg and Menden

18 Aktuelle Forschungsansätze für eine nachhaltige und vorsorgende Wasserwirtschaft

Dr. Christoph Donner, Ronald Roepke, Dr. Anne Heyer, Dr. Mathias Schöpel, Guido Lens; RWW Rheinisch-Westfälische Wasserwerksgesellschaft mbH; Ninette Zullei-Seibert; Westfälische Wasser- und Umweltanalytik; Ingo Becker, Helmut Sommer; Wasserwerke Westfalen

Einleitung

Für die Wasserversorgung an der Ruhr hat Forschung und Entwicklung eine lange Tradition und einen hohen Stellenwert. Dies zeigt sich schon daran, dass neben den Universitäten als Forschungsinstitutionen im Ruhreinzugsgebiet, auch zwei Wasserforschungsinstitute von den Wasserversorgungsunternehmen in den 1960er Jahren (IfW Institut für Wasserforschung GmbH/ Schwerte) und den 1980er Jahren (IWW Rheinisch-Westfälisches Institut für Wasserforschung/ Mülheim) gegründet worden sind. Beide Institute ergänzen sich in der Zusammenarbeit mit dem DVGW-Technologiezentrum Wasser (TZW) in Karlsruhe und den anderen DVGW-Instituten. Betrachtet man die universitären Forschungseinrichtungen, so hat traditionell die Universität Duisburg-Essen einen deutlichen wassertechnischen Schwerpunkt. Neben den drei Fakultäten ist dort z.B. das Zentrum für Wasser- und Umweltforschung (ZWU) angesiedelt. Die Universitäten Bochum und Dortmund ergänzen die Forschungsaktivitäten. Seit 2009 (2012) neu hinzugekommen ist mit der HRW Hochschule Ruhr West in Mülheim eine weitere Institution, die sich auch mit wasserwirtschaftlichen Themen auseinandersetzt.

Vorrangiges Ziel der Wasserversorger ist es, Erkenntnisse, die über den allgemein anerkannten Stand der Technik hinausgehen, zu erhalten und damit die Anlagen und/oder den Betrieb noch effizienter auf die regionalen, technischen und ökologischen Anforderungen anzupassen. Die Bandbreite der Forschungs- und Entwicklungsprojekte ist sehr unterschiedlich und umfasst eine Vielzahl von innovativen Projekten wie der Klärung der Anforderungen durch den Klimawandel auf die Wassergewinnung, -aufbereitung und -verteilung bis zur Optimierung von Filtermaterial (Adsorbentmaterialien) zur nachhaltigen Verbesserung der Spurenstoffelimination. Neben der unternehmenseigenen Forschung & Entwicklung (F&E) werden Projekte auch im Verbund mit anderen Partnern durchgeführt, um so gezielt Erkenntnisse aus anderen Fachbereichen oder Ländern zu gewinnen oder um Erkenntnisse aus unterschiedlichen Gebieten zu bündeln und gezielt weiter zu entwickeln. Zum Beispiel in Kooperation mit dem Ruhrverband, dem Landesumweltamt (LANUV) sowie dem Umweltministerium NRW (MKULNV) oder dem Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) werden je nach Förderschwerpunkt und Förderhöhe Förderprogramme des Bundes, der Länder und der EU genutzt.

Forschung- und Entwicklung – Womit beschäftigen sich die Wasserversorger an der Ruhr?

Nachfolgend soll am Beispiel der RWW Rheinisch-Westfälische Wasserwerksgesellschaft mbH (RWW) in Mülheim dargestellt werden, welche Forschungs- und Entwicklungsaktivitäten aktuell erfolgen. RWW hatte sich aufgrund der geographischen Lage am Unterlauf der Ruhr schon in den 1970er Jahren intensiv mit der Erweiterung der künstlichen Grundwasseraufbereitung beschäftigt und das mehrstufige Mülheimer Verfahren entwickelt. Aufbauend auf diesem Stand der Technik gilt es ganz gezielt unternehmensspezifische Schwerpunkte zu setzen. Aktuell werden die in Tabelle

Tabelle 18.1: Auszug aus den aktuellen F&E-Projekten der RWW (Quelle: RWW)

Table 18.1: Selection of current research and development projects of RWW Rheinisch-Westfälische Wasserwerksgesellschaft mbH (source: RWW)

Titel	Erläuterung	Fördermittelgeber
dynaklim	Dynamische Anpassung regionaler Planungs- und Entwicklungsprozesse an die Auswirkungen des Klimawandels am Beispiel der Emscher-Lippe-Region (Nördliches Ruhrgebiet) – einschließlich Untere Ruhr –.	BMBF
ReAktiv	Untersuchung zur Verwendung gebrauchter Trinkwasser-Aktivkohle zur Abwasserreinigung. Ziel des Vorhabens ist die kapazitative Überprüfung der Rest-Beladungskapazitäten der eingesetzten Wasserwerks-Aktivkohlen und deren potentieller Einsatzmöglichkeit als Pulveraktivkohle (z.B. in der Abwasseraufbereitung).	MKULNV; Ressource NRW
RiSKWa Sichere Ruhr	Badegewässer und Trinkwasser für das Ruhrgebiet. Optimierung des betrieblichen Sicherheitsstandards der Trinkwassergewinnung und -aufbereitung aus der Ruhr hinsichtlich der Rückhaltung von Krankheitserregern und Ableitung resultierender kommunikativer Handlungsoptionen zum Flussbaden aus Trinkwassersicht.	BMBF
ENERWA	Energetische Optimierung von Gewinnungs- und Aufbereitungsanlagen, Steuerungskonzepte zur energieeffizienten Wasserverteilung, Auslotung der Grenzen bei der Rückgewinnung und temporären Speicherung von Energie in Trinkwassersperren und in Transport-Speicher-Verteilungssystemen.	BMBF (in Prüfung)
EWave	Methodenentwicklung und der prototypische Einsatz von innovativen Konzepten und Managementstrategien zur energieeffizienten Betriebsführung. Dies umfasst modellbasierte Bewertung, Simulation und mathematische Optimierung, Entwicklung von Methodiken für die Entscheidungsunterstützung bei der Planung sowie von Assistenz-Konzepten für die Betriebsunterstützung der Wasserversorgungssysteme: „design for operational excellence“.	BMBF (in Prüfung)

18.1 aufgeführten F&E-Projekte mit Unterstützung durch Fördermittel bearbeitet:

Zur Veranschaulichung der Bandbreite, mit denen sich ein Wasserversorgungsunternehmen beschäftigt, werden zwei dieser Projekte zu dem Bereich Klimawandel und Eliminierung von mikrobiellen Verunreinigungen in der Trinkwasseraufbereitung detaillierter dargestellt.

Klimawandel – Bedeutung für die Trinkwasserversorgung (dynaklim)

Über die Internationalen Klimakonferenzen wird medial viel berichtet, was bedeutet das aber konkret für die regionale Gewinnung, Aufbereitung und Verteilung von Trinkwasser? Im KLIM-ZUG-Projekt dynaklim des BMBF wird die „Dynamische Anpassung an den Klimawandel“ für die Regionen Emscher, Lippe und der unteren Ruhr untersucht. Im dynaklim-Verbund arbeiten dabei mehr als 50 Netzwerkpartner zusammen: Unternehmen der regionalen Wirtschaft, Wasserverbände, Kommunen, Universitäten und Forschungseinrichtungen sowie regionale und zivilgesellschaftliche Initiativen. Die Region ist von Natur aus wasserreich – doch wie

auch im gesamten Ruhrgebiet müssen sich die Menschen in den nächsten Jahren auf Veränderungen im Wasserhaushalt einstellen. Besonders betroffen sind die Grund- und Oberflächengewässer sowie die Systeme der Wasser- und Abwasserinfrastruktur.

Auch der Ruhrverband hat dazu eigene Studien zum Klimawandel und Versorgungssicherheit sowie Hochwasserschutz durch Tal-sperren erarbeitet (<http://www.ruhrverband.de/wissen/forschung-entwicklung/klimawandel>).

In dem F&E-Projekt dynaklim wird ein Schwerpunkt auf neue Konzepte für eine nachhaltige und anpassungsfähige Bewirtschaftung des Wasserhaushalts gelegt. Eine regionale Umsetzungsstrategie wird in einer Roadmap für das Jahr 2020 formuliert und mit den Entscheidungsträgern in den Kommunen, der Wasserwirtschaft, sowie mit Institutionen der Wirtschaft und gesellschaftlichen Initiativen abgestimmt.

Nach Ermittlung der zu erwartenden Klimawandelauswirkungen wurde das Anpassungspotenzial der Wasserwerke an der Ruhr exemplarisch anhand der von dynaklim untersuchten Ruhrwasserwerke der RWW herausgearbeitet. Die umfassende Analyse hatte

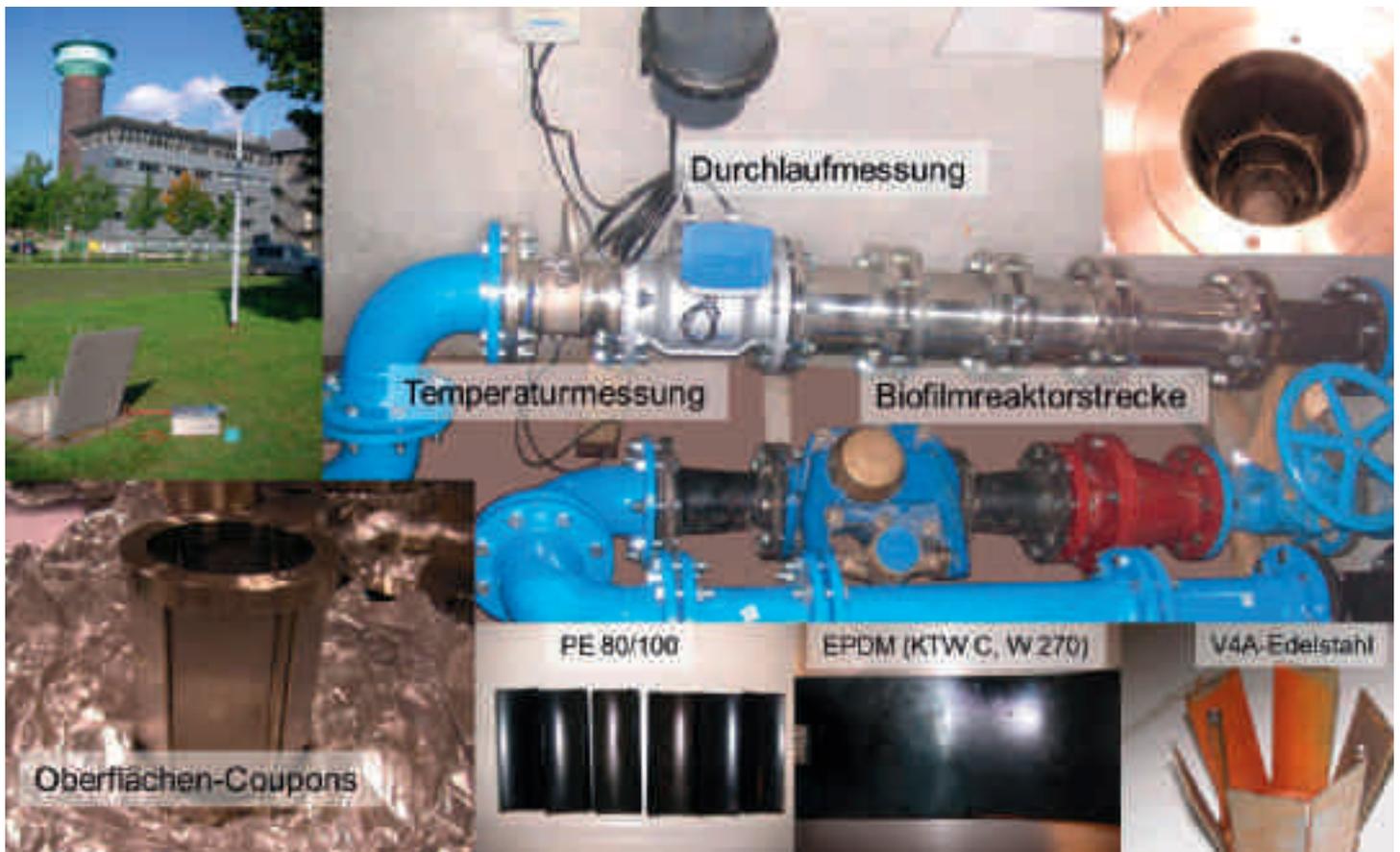


Bild 18.1: Bildcollage des mikrobiologischen Monitorings im Feldversuch (Quelle: IWW). Hauptbild: Leitung mit Biofilmreaktorstrecke, unterer Bildrand: Abbildungen der eingesetzten Materialien: PE; EPDM; VE

Fig.18.1: Photo collage of the microbiological monitoring field trials (source: IWW). Main picture: pipeline with biofilm reactor, lower part of the picture: the materials used: PE, EPDM, V4A stainless steel

das Ziel, Anpassungserfordernisse und -potenziale der bestehenden Wasserwerke zu ermitteln und ggf. erforderliche Anpassungsoptionen zu entwickeln.

Die Methodik der Potenzialanalyse umfasste u. a. die folgenden Arbeitsschritte:

- a) Bandbreite der möglichen Änderungen der Rohwasserqualität und maßgebliche Parameter
- b) Leistungsfähigkeit der vorhandenen Verfahrenstechnik, Grenzen und Modernisierungsbedarf, Optimierungsziele
- c) Pilotuntersuchungen zur Anpassung/Modifikation/Ersatz von einzelnen Stufen
- d) Optimierungsansätze (verallgemeinert auch für andere Anlagen/Standorte übertragbar)
- e) Anlagensicherheit (Hochwasserschutz).

Das System der Grundwasser-Anreicherung und Uferfiltration als eigenständiger Aufbereitungsschritt zeigte sich im Rahmen der Untersuchungen als sehr robust gegenüber Mengen- und Qualitätsschwankungen – ein sicheres Verfahren auch im Klimawandel. In beiden Varianten des Mülheimer Verfahrens sorgt eine mehrtägige Bodenpassage für den mikrobiologischen Abbau von unerwünschten Stoffen und puffert Temperaturerhöhung und Mengenschwankungen ab. Die folgenden Rohwasser-Aufbereitungsschritte zeichnen sich durch unterschiedliche Maßnahmenpläne aus, die qualitativ von der Rohwasserqualität abhängig sind. So steigt z.B. die Rohwassertrübung bei Starkregenereignissen an, was zu kürzeren Filterlaufzeiten mit häufigeren Rückspülungen führt. Für diesen Fall hat sich RWW zum Ziel gesetzt, die Flockung als Parallelverfahren zu optimieren (da es als Aufbereitungsverfahren eine höhere Reaktionszeit zur Anpassung benötigt). Bisher konnte ein positives Fazit für die Wasseraufbereitung gezogen werden, da die Anlagensicherheit unter den bewerteten Szenario-Rahmenbedingungen immer aufrechterhalten werden kann.

Für die Trinkwassernetze kann es aufgrund des Klimawandels, insbesondere in urbanen Ballungsräumen, zu einer stärkeren Erwärmung der oberen Bodenzonen und indirekt dadurch auch zu einer Beeinflussung der Trinkwassertemperatur im Verteilungsnetz kommen. Es ist bekannt, dass dies unter Umständen zu mikrobiellen Aufkeimungen (Erhöhung der Koloniezahlen) führen kann. Im Verteilungsnetz der RWW wurde dazu im Stadtgebiet Oberhausen ein stadtklimatisches und trinkwasserhygienisches Messnetz installiert (Bild 18.1). Parallel wurden in Feldversuchen an Biofilmreaktortrecken im Rohrnetz und im Labor die Werkstoffe Kautschuk (EPDM), Polyethylen (PE) und Edelstahl (VE) auf ihre mikrobiologische Anwuchsverhalten in Wechselwirkung mit steigenden Temperaturen untersucht, um eine hygienische Bewertung der Materialien vornehmen zu können.

Ein Ergebnis des Feldversuches war es, dass die drei Parameter Standort, der Bodentemperatur und Durchflussmenge einen signifikanten Einfluss auf die Trinkwassertemperatur im Netz haben. Der jahreszeitliche Temperaturverlauf im Trinkwassernetz ist schwankend. Die Schwankungen im Trinkwassernetz betragen bis zu 10°C zwischen heißen Innenstadtgebieten und kühlen Waldflä-

chen in ländlichen Bereichen des Versorgungsnetzes. Die mikrobiologischen Parameter (z. B. Koloniezahl, E.coli) des Trinkwassers zeigten der nach Trinkwasserverordnung (TrinkwV, 2012) festgelegten Einflussgrößen keine temperaturabhängige Veränderung. Zusätzlich zeigen die Laborergebnisse, dass ein nährstoffarmes Trinkwasser dafür die beste Sicherheit bietet, wie es in der mehrstufigen Aufbereitung in den Ruhrwasserwerken der RWW praktiziert wird.

Fazit: Ein mehrstufiges Aufbereitungsverfahren, das den Anteil an assimilierbaren organischen Kohlenstoff (AOC) signifikant verringert, stellt auch eine deutliche Verbesserung für die Netzsicherheit dar. Da darüber eine potentielle bakterielle Aufkeimung im Verteilungsnetz reduziert werden kann.

Für RWW hat das Engagement im Projekt dynamik gezeigt, dass die Investition in ein komplexes Aufbereitungssystem eine positive Anpassung an den Klimawandel mit seinen vielfältigen Herausforderungen erlaubt. Eine allgemeine Aussage und Bewertung von Wasserwerken kann jedoch nicht getroffen werden. Vielmehr muss für jeden einzelnen Wasserwerksstandort eine Bewertung erfolgen, die die Vulnerabilität aller Einzelprozesse berücksichtigt. Ein Beispiel hierfür ist der Bau einer Dichtwand für das Wasserwerk Essen-Kettwig. Damit hat RWW eine Klimawandelanpassungsmaßnahme umgesetzt und eine signifikante Erhöhung des nutzbaren Speichervolumens erzielt sowie den Flexibilitätsgrad der Trinkwassermengen für Aufbereitung und Verteilung erhöht. Zusätzlich konnte ein erweiterter Schutz vor Hochwasserereignissen (bis zu einer Abflusskennggröße von 20 (HQ20)) erzielt werden (Details siehe Ruhrgrütebericht 2011; S.163 ff.).

Verbesserung der Sicherheit der Trinkwassergewinnung und -aufbereitung aus der Ruhr hinsichtlich der Rückhaltung von Krankheitserregern („Sichere Ruhr“)

Das Oberflächenwasser der Ruhr als Rohwasser für die Trinkwassergewinnung beinhaltet in variierenden Mengen Spurenstoffe und Krankheitserreger. Darum müssen Risiken für die Wasserqualität erkannt, neu bewertet und in Managementkonzepte eingebunden werden. Im Rahmen des BMBF-Projektes „RISKWa“ werden in einem ganzheitlichen Ansatz, der gesundheitliche, ökologische, wirtschaftliche und soziale Gesichtspunkte umfasst, innovative Technologien und Konzepte zum Risikomanagement von neuen Schadstoffen und Krankheitserregern für den vorsorgenden Gesundheits- und Umweltschutz entwickelt (Bild 18.2).

RWW hat sich an dem Teilprojekt „Sichere Ruhr“ beteiligt. Ziel des Projektes ist der Aufbau eines umfassenden Risikomanagements für die Nutzung der Ruhr als Badegewässer und als sichere Ressource für die Trinkwasserversorgung des Ruhrgebiets. Besonders die Verbesserung der Sicherheit der Trinkwassergewinnung und -aufbereitung aus der Ruhr hinsichtlich der Rückhaltung von Krankheitserregern (unter anderem Viren, Bakterien, Protozoen) stand für die Wasserversorgung im Fokus. Deshalb wurde gezielt mit den verschiedenen Projektpartnern wie z.B. Ruhr-Universität Bochum, Biofilm Center Universität Duisburg-Essen, Universitätsklinikum Bonn, RWTH Aachen, Ruhrverband, IWW etc. zusam-

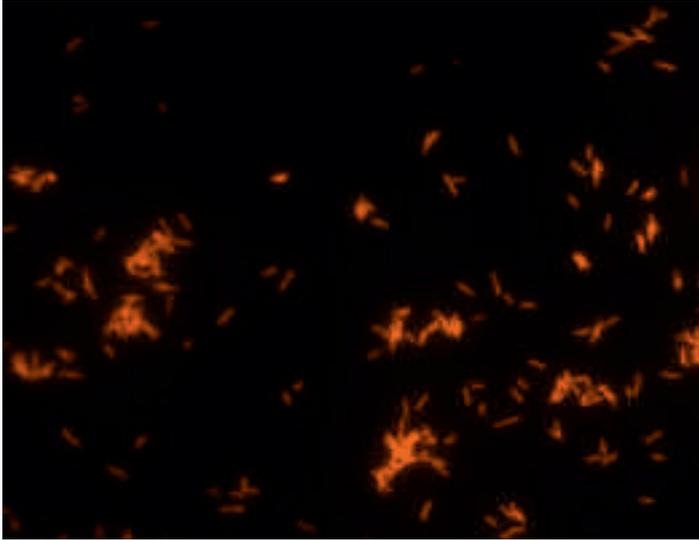


Bild 18.2: *Campylobacter* Spezies (Quelle: Biofilm Centre, Universität Duisburg-Essen)

Fig. 18.2: *Campylobacter* species (source: Biofilm Centre, Universität Duisburg-Essen)

mengearbeitet (Detailinformationen unter: <http://www.sichere-ruhr.de>).

Die Beprobungen der einzelnen Aufbereitungsstufen erfolgten im Dezember 2012 sowie Januar/März 2013 (Bild 18.3, Punkte 1-5). Das Flussbild der Aufbereitung zeigt die Probenahmestellen innerhalb des Wasserwerkes Styrum-Ost. In allen Proben des Ruhrwassers wurden saisonale mikrobielle Verunreinigungen gefunden (Bakterien u. Viren) (Bild 18.3, Probepunkt 1). Für die Fäkalindikatoren *E.coli* und Enterokokken zeigt sich keine signifikante Höchstbelastung des Ruhrwassers.

Bereits nach der Bodenpassage des Mülheimer Verfahrens sind fast alle hygienisch relevanten bakteriellen Belastungen eliminiert (Bild 18.3, Probepunkt 2). Des Weiteren konnten keine Bakterien der Gruppen Pseudomonaden, *Campylobacter* sowie Salmonellen in den Aufbereitungsstufen nachgewiesen werden (Bild 18.3, Probepunkte 3-5).

Für die Aufbereitung kann zusammenfassend gesagt werden, dass die Bodenpassage eine gute Schutzwirkung gegen mikrobielle Verunreinigung bietet.

Verwendung gebrauchter Trinkwasser-Aktivkohle zur Abwasserreinigung (ReAktiv)

Gemeinsam mit den Projektpartnern Ruhrverband, Emschergenossenschaft und Lippeverband sowie dem IWW wird untersucht, ob eine weitere Nutzung von granulierter Trinkwasser-Aktivkohle (Kornkohle) als Pulverkohle in der Abwasseraufbereitung technisch und wirtschaftlich umsetzbar ist. In den laufenden F&E-Vorhaben zur Elimination von Spurenstoffen wird Pulverkohle eingesetzt. Als Beispiel für das Ruhrinzugsgebiet ist die großtechnische Versuchsanlage des Ruhrverbandes in Schwerte zu nennen. An

dieser Anlage soll die Elimination organischer Mikroverunreinigungen in kommunalem Abwasser durch Ozonierung und Aktivkohleadsorption sowie die damit verbundenen Kosten erfasst werden. Aufgrund der von RWW und Emschergenossenschaft und Lippeverband durchgeführten Voruntersuchungen zur adsorptiven Leistungsfähigkeit der gebrauchten Trinkwasser-Aktivkohle konnte eine positive Bilanz gezogen werden. Diese pulverisierte Trinkwasser-Aktivkohle weist ca. 90 % Adsorptionskapazität im Vergleich zu handelsüblicher Pulverkohle auf. Eine Desorption von untersuchten Zielsubstanzen konnte nur geringfügig beobachtet werden. Somit wäre eine Verlängerung des Aktivkohle-Nutzungszyklus durch die Nachnutzung gegeben. Es ist nun im nächsten Projektschritt notwendig zu überprüfen inwieweit dieses unter wirtschaftlichen Rahmenbedingungen erfolgen kann und welche Massenvolumen geliefert bzw. benötigt werden.

Dieses F&E-Vorhaben zeigt sehr deutlich, wie zielgerichtet Abwasser- und Trinkwasseraufbereitung gemeinsam an einer Weiterentwicklung zur Optimierung der Spurenstoffelimination arbeiten. Das zeigt sich auch an dem nachfolgenden Projekt.

Konzeptentwicklung zum Umgang mit Spurenstoffen und Krankheitserregern und möglichen technischen und organisatorischen Maßnahmen zur Risikominderung (PriMaT)

Ebenfalls im Rahmen des BMBF Förderschwerpunktes „RiSKWa“ beschäftigen sich in dem Verbundprojekt „Präventives Risikomanagement in der Trinkwasserversorgung (PRiMaT)“ die Wasserversorger Gelsenwasser und Wasserwerke Westfalen als Praxispartner in Zusammenarbeit mit dem Institut für Wasserforschung (IfW) in Schwerte mit einem risikobasierten Gesamtkonzept zum Umgang mit Spurenstoffen und Krankheitserregern und möglichen technischen und organisatorischen Maßnahmen zur Risikominderung. So werden zum Beispiel in mehreren Maßstäben für den Wasserwerkseinsatz Versuche mit unterschiedlichen Sorptionsmaterialien zum Stoffrückhalt (herkömmliche Stein- und Braunkohlen, Kohlen aus nachwachsenden Rohstoffen, synthetische Adsorbentien) durchgeführt (Bild 18.4). Detailinformationen unter: <http://www.primat.tv>.

Der Rückhalt von organischen Spurenstoffen, allerdings mit Hilfe eines photokatalytischen Abbaus, steht derzeit auch bei einem ebenfalls vom BMBF geförderten Verbundvorhaben (nanoPurification) im Vordergrund. Hier wird von Gelsenwasser in Zusammenarbeit mit dem Institut für Wasserforschung und anderen Partnern ein Aufbereitungsmodul für die Wasseraufbereitung und Abwasserreinigung entwickelt. Es soll als Hybridsystem, mit einer Kombination eines mit Nanomaterialien beschichteten Mikrofilters mit einer integrierten UV-Bestrahlung mittels LED-Komponenten, eingesetzt werden.

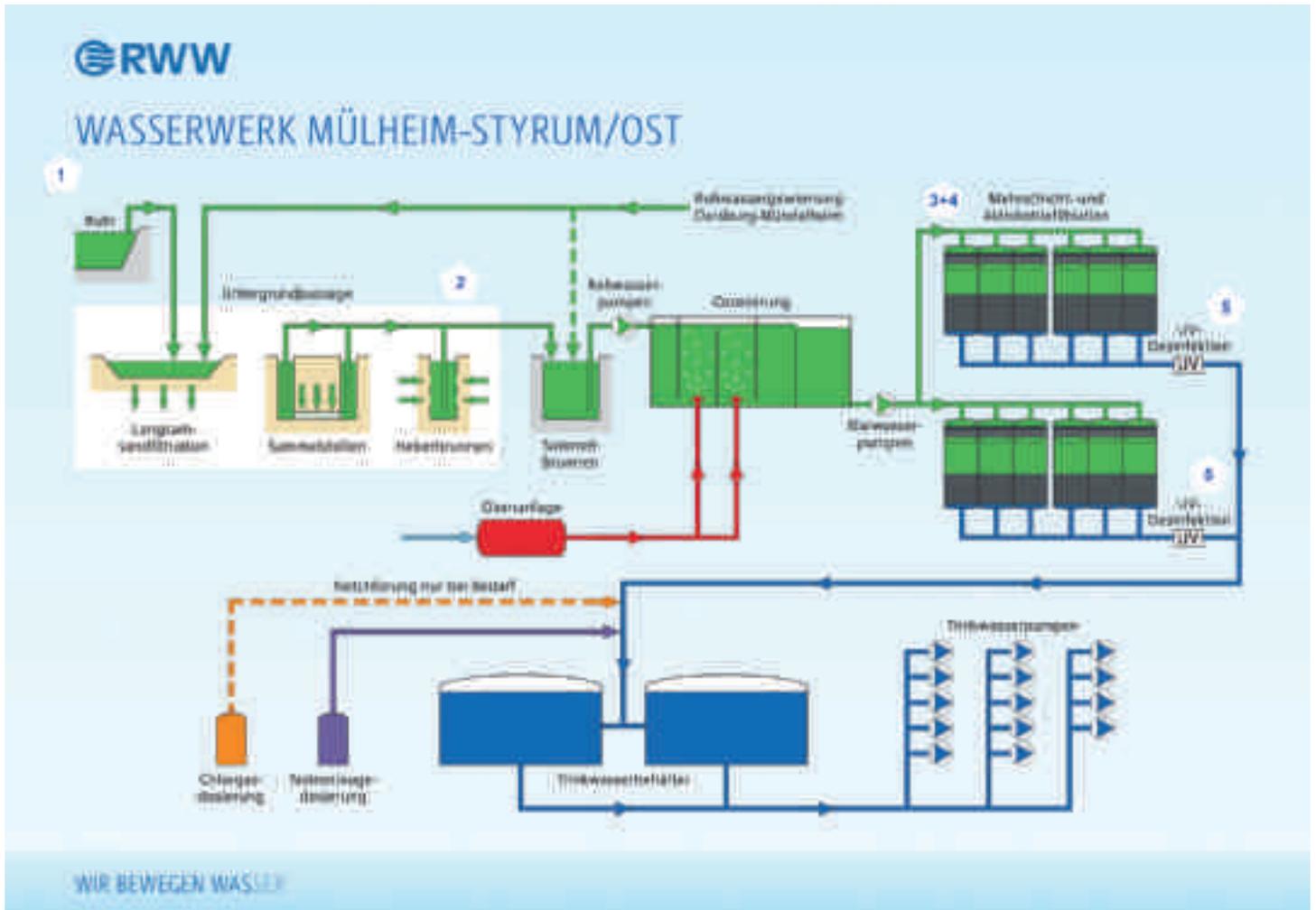


Bild 18.3: Flussbild der Trinkwasseraufbereitung aus Rohwasser der Ruhr nach dem Mülheimer Verfahren. Nummeriert sind die Probenahmestellen für den Teil des F&E-Projektes. Die Beprobung erfolgte für das Wasserwerk Mülheim-Styrum/Ost bei RWV.

Fig. 18.3: Flow chart of drinking water treatment of raw water from the Ruhr according to the Mülheim procedure. The sampling points have been numbered in the part relevant for the research and development project. The sampling was carried out at RWV for the waterworks Mülheim-Styrum/Ost.

Spezifische Detektion von einzelnen Keimen in Rein- und Trinkwasser“ (SEKT)

In einem weiteren vom BMBF geförderten Verbundvorhaben „Spezifische Detektion von einzelnen Keimen in Rein- und Trinkwasser“ (SEKT) steht die mikrobiologische Gefährdungsanalyse im Vordergrund. Die Dortmunder Energie- und Wasserversorgung DEW21 und das Institut für Wasserforschung sind hierbei an der Entwicklung und Erprobung neuer Methoden für mobile und schnelle Wasseruntersuchungen beteiligt. Neben Rohrnetzuntersuchungen könnten mit dem zu entwickelnden Messsystem auch Trinkwasserbrunnen oder Schadensfälle schneller analysiert werden. Hierfür wird auf der Basis molekularbiologischer Methoden ein innovativer Markierungsassay aufgebaut und überprüft, mit dem trinkwasserrelevante Keime wie E. coli spezifisch über ein bildgebendes Verfahren quantifiziert werden können.

Ausgewählte Beispiele für eigenfinanzierte Forschungsvorhaben der Wasserversorgungsunternehmen anhand von Adsorbermaterialien-Optimierung zur Spurenstoffelimination

Neben den vom BMBF geförderten Vorhaben werden bei den genannten Wasserversorgern zusätzlich auch eigenfinanzierte Forschungsvorhaben im Rahmen einer weitergehenden Trinkwasseraufbereitung durchgeführt. Nachfolgend drei Beispiele von Mitgliedsunternehmen der Arbeitsgemeinschaft Wasserwerke an der Ruhr (AWWR):

Wasserwerke Westfalen:

So wurden zum Beispiel über den langjährigen Betrieb einer Pilotanlage im Wasserwerk Echthausen der Wasserwerke Westfalen



Bild 18.4: Halbtechnische Säulenanlage im Wasserwerk Witten der Wasserwerke Westfalen zur Untersuchung verschiedener Sorptionsmaterialien (Quelle: IfW)

Fig. 18.4: Half-scale column equipment of the waterworks Witten belonging to the Westfalen waterworks to investigate different sorption materials (source: IfW)

für mehrere Wasserversorger an der Ruhr Aufbereitungsabfolgen und Standards für weitergehende Aufbereitungsanlagen definiert sowie derzeit im Rahmen halbtechnischer Versuche Adsorptionseigenschaften verschiedener Frischkohlen im Vergleich zu Reaktivaten geprüft.

RWW Rheinisch-Westfälische Wasserwerksgesellschaft:

Zur Optimierung des Aktivkohlemanagements bestehender Aufbereitungsanlagen wurden Untersuchungen zur Auslegung des Verhältnisses Neukohle und Reaktivat durchgeführt. Über den langen Verwendungszeitraum der Aktivkohle bei RWW zeigten sich deutliche Schwächen der häufig reaktivierten Aktivkohle in ihrem Leistungsvermögen (Adsorption). Als Ursache dafür ist der lange Verwendungszeitraum (ca. 30 Jahre) in Verbindung mit dem Verlustersatz (Neukohle) des Abbrandes bei der Reaktivierung (ca. 10 mal) zu sehen. Diese Vorgehensweise führt zwangsläufig zu verminderter Leistungsfähigkeit und somit zu einer verkürzten Laufzeit in Verbindung mit einer verminderten Sicherheit im Wasserwerksbetrieb. Um dies zu verdeutlichen, ist die Betrachtung der Reaktivatsverteilung in der eingesetzten Aktivkohle erforderlich. Zur Verbesserung der Leistungsfähigkeit ist eine Verminderung des durchschnittlichen Aktivkohlealters in Reaktivierungszyklen auf ca. drei Zyklen im Mittel erforderlich. Zur Erreichung dieses Ziels ist die Erhöhung des Neukohleanteils unumgänglich. Diese nachhaltige Senkung des Durchschnittszyklus auf einen Wert von < 3 wird jedoch erst ab einem Frischkohleanteil von mehr als 25 % erreicht. Diese wurde als Technischer Zielstandard bei RWW definiert. Vorteilhaft ist bei dieser Vorgehensweise, dass in allen Aktivkohlefiltern ein höherer Anteil an Frischkohle mit hoher Adsorptionsleistung (zur Elimination von schwer adsorbierbaren Spurenstoffen wie TOSU, PFOA, RKM etc.) zur Verfügung steht.

Für die Weiterentwicklung des Aktivkohlefilterbetriebes setzt RWW eine Versuchsanlage mit dem real verwendeten Rohwasser ein und wertet zusätzlich die Betriebs- und Analysedaten der Bestandsanlagen aus. (Hinweis: Diese wurde unter anderem auch bei der Auslegung der Aktivkohlefilter für das neue Wasserwerk Fröndenberg-Menden eingesetzt. Mehr dazu in Kapitel 17 dieses Ruhrgüteberichts.) Aus den Ergebnissen lassen sich vorhandene Potenziale für eine weitere Verbesserung der Betriebsführung ableiten, zum Beispiel als Ansatz für eine Betriebsverbesserung durch eine spezifische, regelmäßige Filterspülung sowie der Einsatz von alternativem bzw. ergänzendem Filtermaterial (alternativer Adsorber).

Ergänzend zum Einsatz von Aktivkohle wurde ein Adsorbermaterial auf Polymerbasis untersucht. Erste Ergebnisse weisen darauf hin, dass auch hier eine weitere Möglichkeit zur Leistungserhöhung der Filtereffizienz besteht. Ob dieses Material für den Anlagenbetrieb geeignet ist und auch die Wirtschaftlichkeitsanforderungen erfüllt, muss in weiteren Forschungs- und Entwicklungsprojekten überprüft werden (Bild 18.5).

Probenahmedatum	08.10.2012			26.11.2012			12.02.2013		
Bettvolumina	8300			13100			20700		
	Rohwasser	Aktivkohle	Polymerbasis	Rohwasser	Aktivkohle	Polymerbasis	Rohwasser	Aktivkohle	Polymerbasis
Ethylendiaminessigsäure (EDTA) $\mu\text{g/l}$	5,9	4,4	2,4	9,0	8,3	6,5	3,8	3,8	3,3
Nitrilotriessigsäure (NTA) $\mu\text{g/l}$	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2
Diethylentriaminpentaessigsäure (DTPA) $\mu\text{g/l}$	<0,5	<0,5	<0,5	1,8	<0,5	<0,5	2,6	2,3	2,4
Amidotrizoesäure $\mu\text{g/l}$	0,34	0,23	<0,05				0,14	0,17	0,07
Iohexol $\mu\text{g/l}$	<0,05	<0,05	<0,05				<0,05	<0,05	<0,05
Iomeprol $\mu\text{g/l}$	<0,05	<0,05	<0,05				<0,05	<0,05	<0,05
Iopamidol $\mu\text{g/l}$	0,41	0,06	<0,05				0,15	0,13	<0,05
Iopromid $\mu\text{g/l}$	<0,05	<0,05	<0,05				<0,05	<0,05	<0,05
Iothalamicsäure $\mu\text{g/l}$	<0,05	<0,05	<0,05				<0,05	<0,05	<0,05

Bild 18.5: Darstellung der Eliminationsrate für eine bei RWW eingesetzte Korn-Aktivkohle im Vergleich zu einem Adsorbermaterial auf Polymerbasis (Quelle: RWW).

Fig. 18.5: Representation of the elimination rate for granular activated carbon used by RWW compared to an adsorption material on polymer basis (Source: RWW).

Gesamtfazit

Die AWWR hat sich vorgenommen, die Forschungs- und Entwicklungsaktivitäten der Wasserversorger an der Ruhr künftig zusammenfassender darzustellen, um somit die Leistung auch für Dritte transparenter zu machen.

Als Teil eines kontinuierlichen Verbesserungsprozesses engagieren sich die Versorger mit verschiedenen Projektpartnern, um aktiv die Aufbereitung und somit die Versorgungssicherheit zum Wohle der Bevölkerung weiterzuentwickeln und Ressourcenschutz wirtschaftlich und effizient umzusetzen. Auch sollte die Wasserwirtschaft das Potenzial der nordrhein-westfälischen Forschungsinstitute durch eine engere Zusammenarbeit intensivieren. Dieses dient nicht nur Fragestellungen wie z.B. Weiterentwicklung der Aufbereitungstechnologien, sondern stellt auch einen Ansatz zur Rekrutierung und frühzeitige Bindung von qualifiziertem Fachpersonal dar.

19 Organisation der Arbeitsgemeinschaft der Wasserwerke an der Ruhr e.V. (AWWR)

Stand 31. Dezember 2012

Mitglieder und ständige Gäste

Präsidium:

Robert Dietrich, Hochsauerlandwasser GmbH, Meschede
Dr. Christoph Donner, RWW Rheinisch-Westfälische Wasserwerksgesellschaft mbH, Mülheim an der Ruhr (Vorsitzender seit 10.11.2012)
Roland Rütther, Mark-E Aktiengesellschaft, Hagen
Hansjörg Sander, VWW Verbund-Wasserwerk Witten GmbH
Helmut Sommer, Wasserwerke Westfalen GmbH, Schwerte (Vorsitzender bis 9.11.2012)

Mitglieder:

Dr. Claus Bongers, AVU Aktiengesellschaft für Versorgungsunternehmen, Gevelsberg
Dietmar Bückemeyer, Stadtwerke Essen AG
Robert Dietrich, Hochsauerlandwasser GmbH, Meschede
Dr. Christoph Donner, RWW Rheinisch-Westfälische Wasserwerksgesellschaft mbH, Mülheim an der Ruhr
Helmut Heidenbluth, Stadtwerke Menden GmbH (bis 30.6.2012)
Bernd Heitmann, Stadtwerke Fröndenberg GmbH
Dr. Bernhard Hörsgen, Gelsenwasser AG, Gelsenkirchen
Dr. Ralf Karpowski, Dortmunder Energie- und Wasserversorgung GmbH
Thomas Kroll, Wasserbeschaffungsverband Arnsberg
Gregor Langenberg, Wassergewinnung Essen GmbH
Johannes Niggemeier, Stadtwerke Brilon AÖR
Bernd Reichelt, Stadtwerke Menden (seit 1.7.2012)
Roland Rütther, Mark-E AG, Hagen
Hansjörg Sander, VWW Verbund-Wasserwerk Witten GmbH
Dieter Schick, Stadtwerke Hamm GmbH
Helmut Sommer, Wasserwerke Westfalen GmbH, Schwerte
Jürgen Schwarberg, Stadtwerke Sundern
Dietmar Spohn, Stadtwerke Bochum GmbH

Ständige Gäste:

Prof. Dr. Harro Bode, Ruhrverband, Essen
Christine Elhaus, Bezirksregierung Arnsberg
Heidemarie Ohlhoff, Bezirksregierung Düsseldorf
Gerhard Odenkirchen, Ministerium für Klimaschutz, Umwelt, Landwirtschaft, Natur- und Verbraucherschutz NRW, Düsseldorf
Dr. Wolfgang van Rienen, BDEW/DVGW Landesgruppe NRW, Bonn
Dr. Matthias Schmitt, ARW Arbeitsgemeinschaft Rhein-Wasserwerke e.V., Köln
Priv.Do. Dr. Georg Joachim Tuschewitzki, Hygiene-Institut des Ruhrgebiets, Gelsenkirchen
Ninette Zullei-Seibert, Westfälische Wasser- und Umweltanalytik GmbH, Schwerte

Kontakte

Anschrift:

AWWR Arbeitsgemeinschaft der Wasserwerke an der Ruhr e.V.
Zum Kellerbach 52
58239 Schwerte

Geschäftsstelle:

AWWR Arbeitsgemeinschaft der Wasserwerke an der Ruhr e.V.
c/o Gelsenwasser AG
Geschäftsführer: Dipl.-Geol. Ulrich Peterwitz
Willy-Brandt-Allee 26
45891 Gelsenkirchen
Tel.: 0209 708-274
Fax.: 0209 708-708



Ausschuss Wassergüte

Obmann: Dr. Henning Schünke, Energie- und Wasserversorgung Hamm GmbH, Hamm

- Ingo Becker, Wasserwerke Westfalen GmbH, Schwerte
- Dr. Georg Böer, Westfälische Wasser- und Umweltanalytik GmbH, Schwerte
- Petra Bröcking, Hygiene-Institut des Ruhrgebiets, Gelsenkirchen
- Prof. Dr. Ralf Klopp, Ruhrverband, Essen
- Thomas Kroll, Stadtwerke Arnsberg GmbH, Arnsberg
- Peter Lipka, Ruhrverband, Essen (bis Dezember 2012)
- Thomas J. Lottes, VWW Verbund Wasserwerk Witten GmbH, Witten
- Dr. Gudrun Preuß, Institut für Wasserforschung GmbH Dortmund, Schwerte
- Ortwin Rodeck, Gelsenwasser AG, Gelsenkirchen
- Dr. Mathias Schöpel, RWW Rheinisch-Westfälische Wasserwerksgesellschaft mbH, Mülheim
- Dr. Henning Schünke, Energie- und Wasserversorgung Hamm GmbH, Hamm
- Jürgen Schwarberg, Stadtwerke Sundern, Sundern
- Christian Skark, Institut für Wasserforschung GmbH Dortmund, Schwerte
- Gerhard Strücker, Mark-E AG, Hagen
- Dr. Georg Tuschewitzki, Hygiene-Institut des Ruhrgebiets, Gelsenkirchen

Arbeitskreis Allgemeine und anorganische Analytik

Obmann: Dr. Georg Böer, Westfälische Wasser- und Umweltanalytik GmbH, Schwerte

- Hans-Jürgen Ammann, RWW Rheinisch-Westfälische Wasserwerksgesellschaft mbH, Mülheim
- Dr. Georg Böer, Westfälische Wasser- und Umweltanalytik GmbH, Schwerte
- Petra Bröcking, Hygiene-Institut des Ruhrgebiets, Gelsenkirchen
- Kay Jansen, Ruhrverband, Essen
- Guido Lens, RWW Rheinisch-Westfälische Wasserwerksgesellschaft mbH, Mülheim
- Peter Lipka, Ruhrverband, Essen (bis Dezember 2012)
- Thomas J. Lottes, VWW Verbundwasserwerk Witten GmbH, Witten
- Dr. Achim Rübel, IWW Rheinisch-Westfälisches Institut für Wasserforschung Gemeinnützige GmbH, Mülheim
- Bernhard Schomaker (bis März 2011), Wassergewinnung Essen GmbH, Essen
- Monika Raabe, Mark-E AG, Hagen
- Dr. Henning Schünke, Energie- und Wasserversorgung Hamm GmbH, Hamm

Arbeitskreis Organische Spurenanalytik

Obfrau: Petra Bröcking, Hygiene-Institut des Ruhrgebietes, Gelsenkirchen

Petra Bröcking, Hygiene-Institut des Ruhrgebietes, Gelsenkirchen
Heinz-Jürgen Dibowski, Ruhrverband, Essen
Ulrich Gatzemann, Westfälische Wasser- und Umweltanalytik GmbH, Schwerte
Guido Lens, RWW Rheinisch-Westfälische Wasserwerksgesellschaft mbH, Mülheim
Monika Raabe, Mark-E Aktiengesellschaft, ENERVIE Gruppe, Labor
Regina Respondek, LANUV Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz NRW, Recklinghausen, Außenstelle Düsseldorf
Dr. Friedrich Werres, IWW Rheinisch-Westfälisches Institut für Wasserforschung gemeinnützige GmbH, Mülheim

Arbeitskreis Mikrobiologie

Obfrau: Dr. Gudrun Preuß, Institut für Wasserforschung GmbH Dortmund, Schwerte

Willy Bodden, Verbund-Wasserwerk Witten GmbH, Witten
Kim Dieckermann, Westfälische Wasser- und Umweltanalytik GmbH, Gelsenkirchen
Paul Dittert, Westfälische Wasser- und Umweltanalytik GmbH, Gelsenkirchen
Guido Geburtzky, RWW Rheinisch-Westfälische Wasserwerksgesellschaft mbH, Mülheim
Jörg Kriegsmann, Verbundwasserwerk Witten GmbH, Witten
Stefan Kornfeld, Wasser- und Umweltanalytik GmbH, Schwerte
Bernd Lange, IWW Rheinisch-Westfälisches Institut für Wasserforschung Gemeinnützige GmbH, Mülheim
Bettina Langer, Hygiene-Institut des Ruhrgebietes, Gelsenkirchen
Dr. Gudrun Preuß, Institut für Wasserforschung GmbH Dortmund, Schwerte
Monika Raabe, Mark-E AG, Hagen
Dr. Henning Schünke, Energie- und Wasserversorgung Hamm GmbH, Hamm
Dr. Jost Wingender, Universität Duisburg-Essen, Essen
Susanne Zander-Hauck, Ruhrverband, Essen

Ausschuss Wassergewinnung und -aufbereitung

Obmann: Andreas Lütz, Wassergewinnung Essen GmbH, Essen

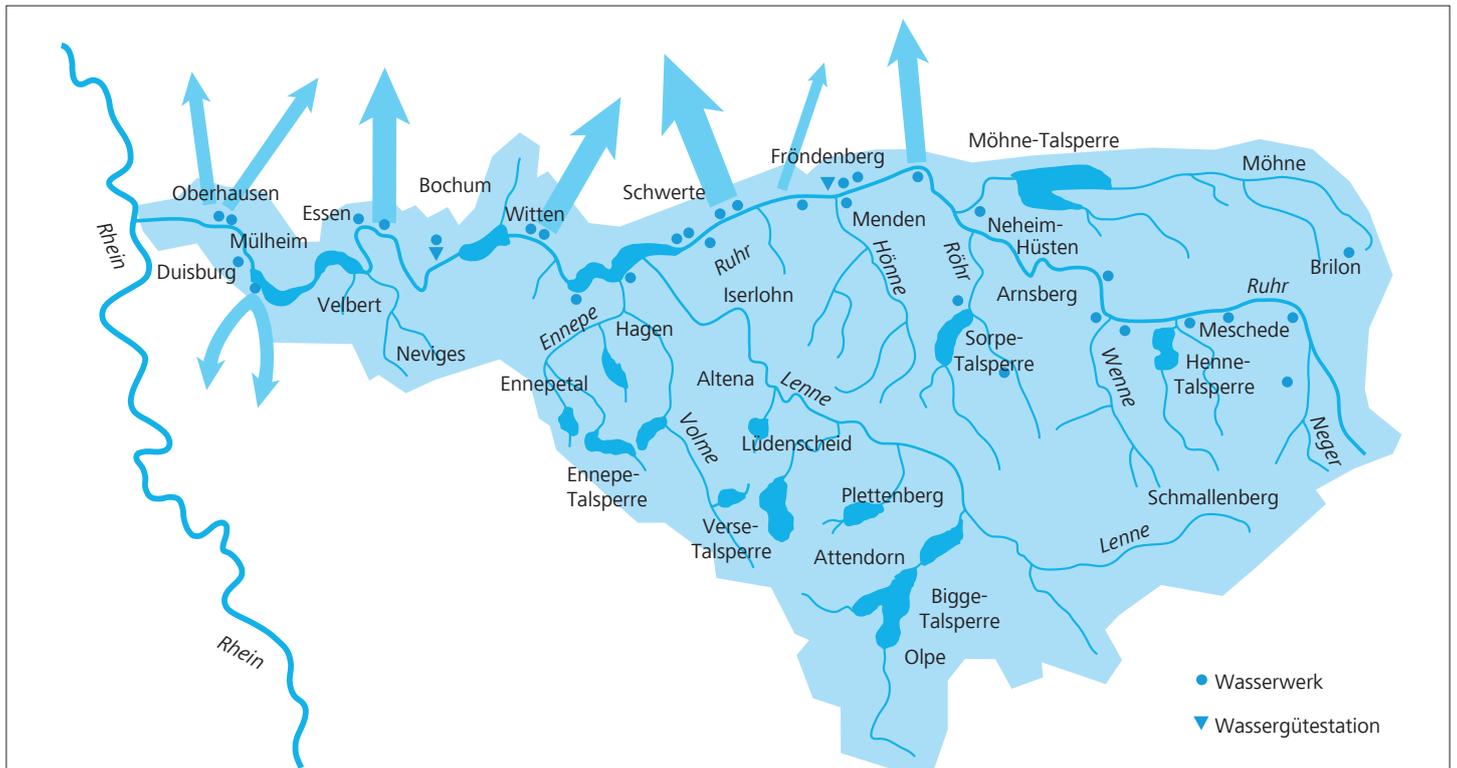
Thomas Bock, Wasserwerke Westfalen GmbH, Schwerte
Thomas Brenne, Mark-E Aktiengesellschaft, Hagen
Robert Dietrich, Hochsauerlandwasser GmbH, Meschede
Klaus Döhmen, AVU Aktiengesellschaft für Versorgungsunternehmen, Gevelsberg
Jürgen Drees, Stadtwerke Fröndenberg GmbH, Fröndenberg
Dr. Peter Evers, Ruhrverband, Essen
Christian Finger, Stadtwerke Brilon, Brilon
Angela Herzberg, RWW Rheinisch-Westfälische Wasserwerksgesellschaft mbH, Mülheim an der Ruhr
Dr. Peter Kappler, Stadtwerke Bochum GmbH, Bochum
Peter Klein, Ruhrverband, Essen
Thomas Kroll, Stadtwerke Arnsberg GmbH, Arnsberg
Matthias Lürbke, Stadtwerke Menden GmbH, Menden
Andreas Lütz, Wassergewinnung Essen GmbH, Essen
Magnus Meckelburg, Gelsenwasser AG, Gelsenkirchen
Dieter Schick, Stadtwerke Hamm GmbH, Hamm
Jürgen Schwarberg, Stadtwerke Sundern, Sundern
Priv. Doz. Dr. Georg-Joachim Tuschewitzki, Hygiene-Institut des Ruhrgebietes, Gelsenkirchen

Ausschuss Öffentlichkeitsarbeit

Obfrau: Ulrike Hütter, Wasserwerke Westfalen GmbH, Schwerte

Jörg Fröhling, Hochsauerlandwasser GmbH, Meschede
Cornelia Helm, Stadtwerke Hamm GmbH, Hamm
Ulrike Hütter, Wasserwerke Westfalen GmbH, Schwerte
Dirk Pomplun, Stadtwerke Essen AG, Essen
Jörg Prostka, AVU Aktiengesellschaft für Versorgungsunternehmen, Gevelsberg
Uwe Reuter, Mark-E-AG, Hagen
Markus Rüdell, Ruhrverband, Essen
Thomas Schönberg, Stadtwerke Bochum GmbH, Bochum
Dr. Martina Sprotte, Dortmunder Energie- und Wasserversorgung GmbH, Dortmund
Ramon Steggink, RWW Rheinisch-Westfälische Wasserwerksgesellschaft mbH, Mülheim an der Ruhr
Felix Wirtz, Gelsenwasser AG, Gelsenkirchen

20 Die AWWR in Zahlen



Mitglieder der AWWR	Anzahl der Wasserwerke	Gesamt-Wasserförderung
AVU Gevelsberg	1	ca. 253 Mio. m ³ /a
Dortmunder Energie- und Wasserversorgung GmbH	siehe WWW	
Gelsenwasser AG (s. auch WWW/WMR)	1	
Hochsauerlandwasser GmbH	6	
Mark-E Aktiengesellschaft	1	
RWW Rheinisch-Westfälische Wasserwerksgesellschaft mbH	4	
Stadtwerke Arnsberg GmbH	1	
Stadtwerke Bochum GmbH	siehe WMR	
Stadtwerke Brilon AöR	1	
Stadtwerke Essen AG	1	
Stadtwerke Fröndenberg GmbH	1	
Stadtwerke Hamm GmbH	1	
Stadtwerke Menden GmbH	1	
Stadtwerke Sundern	2	
WWW Verbund -Wasserwerk Witten GmbH	1	
Wasserbeschaffung Mittlere Ruhr (WMR)	1	
Wasserbeschaffungsverband Arnsberg	1	
Wassergewinnung Essen GmbH (WGE)	s. Stadtwerke Essen/Gelsenwasser AG	
Wasserwerke Westfalen GmbH (WWW)	8	

21 Analysergebnisse des Ausschusses Wassergüte

Einführung

Dr. Volkmar Neitzel, Ruhrverband

Allgemeines

Die nachfolgend dokumentierten und ausgewerteten Analysergebnisse zur Ruhrwasserbeschaffenheit 2012 wurden von den folgenden Unternehmen bereitgestellt:

Mark-E Aktiengesellschaft, Hagen
RWW Rheinisch-Westfälische Wasserwerksgesellschaft mbH,
Mülheim
Ruhrverband, Essen
Stadtwerke Hamm GmbH
Wassergewinnung Mittlere Ruhr GmbH
Wasserwerke Westfalen GmbH

Die Untersuchungen erfolgten in den unternehmenseigenen Laboratorien bzw. durch die Westfälische Wasser- und Umweltanalytik GmbH. Des Weiteren wurden für einige Kenngrößen das Hygiene-Institut in Gelsenkirchen und das IWW Rheinisch-Westfälisches Institut für Wasser GmbH beauftragt. Die einzelnen Institutionen übermittelten die Daten per E-Mail an den Ruhrverband, wo die Auswertung erfolgte.

Gemäß der seit 2006 geänderten Messstrategie wurden die Ruhr und ihre acht wichtigsten Nebenflüsse (diese jeweils im Mündungsbereich) quartalsweise hinsichtlich verschiedener physikalischer, chemischer und biologischer Größen in Form von Längsprofilen untersucht, um örtliche Veränderungen festzustellen. Darüber hinaus erfolgte an zehn vereinbarten Messstellen eine zeitlich dichte Überwachung mit möglichst wöchentlichen Messungen. Die bestimmten Pflanzenschutzmittel werden in den nachfolgenden Ausführungen gesondert betrachtet. Tabelle 21.1 gibt eine Übersicht über die Messstellen und die untersuchenden Laboratorien. Für die Nebenbäche ist in der Spalte Ruhr-km in Klammern die Kilometrierung aufgeführt, bei der der Nebenbach in die Ruhr mündet.

Seit 2006 gelten für die Ruhr überarbeitete Zielwerte, die als 90-Perzentile festgelegt wurden. Eine Ausnahme bilden die coliformen Bakterien, deren Zielwert als geometrisches Jahresmittel definiert ist. In Tabelle 21.2 sind für die 13 vereinbarten Stoffe bzw. Stoffgruppen die Zielwerte mit den in 2012 festgestellten Überschreitungen zusammengestellt. Tabelle 21.6 am Ende der Analysenstatistik enthält alle dokumentierten Messgrößen zur besseren Auffindbarkeit in alphabetischer Reihenfolge.

Ruhrlängsuntersuchungen

Die Auswertung und Dokumentation stützt sich auf rund 3600 Werte zu den Längsuntersuchungen. Der Ruhrverband entnahm und analysierte an 31 Probenahmestellen Wasserproben hinsicht-

lich maximal 41 Kenngrößen (ohne Pflanzenschutzmittel), während das Hygiene-Institut beauftragt wurde, dies an 14 Stellen vorzunehmen und das mit z. T. erheblich eingeschränktem Untersuchungsumfang. Während der vier Längsuntersuchungen konnten am Pegel in Hattingen die in Tabelle 21.3 zusammengestellten Abflüsse bestimmt werden.

Die Analysergebnisse von 41 Messgrößen sind nachfolgend in Form von Ganglinien dargestellt (Bild 21.1 bis 21.7). Es wurden jeweils sechs Kenngrößen zu einem Block zusammengefasst. Die 42. dargestellte Größe in Bild 21.7 ist der mittlere Abfluss am Pegel in Hattingen während der Längsuntersuchungen. Werte unterhalb der Bestimmungsgrenze wurden mit dem Betrag der Bestimmungsgrenze in den Grafiken berücksichtigt und sind durch das Symbol „*“ kenntlich gemacht. Die senkrecht verlaufenden gestrichelten Linien kennzeichnen die Probenahmestellen. Die Abkürzungen RV bzw. HYG stehen für Ruhrverband respektive Hygiene-Institut.

Die Grafiken enthalten nur die Analysergebnisse der Ruhr, da in den Nebenbachmündungen z. T. wesentlich höhere Messwerte vorlagen. In Tabelle 21.4 sind für 41 untersuchte Kenngrößen die Mittelwerte zu acht Nebenflüssen/-bächen der Ruhr aufgeführt. Sie werden durch sechs ausgesuchte Längsprofile ergänzt, deren Form derjenigen der Ruhrlängsuntersuchungen entsprechen (Bild 21.8). Die Grafiken enthalten jeweils den Mittelwert der angegebenen Kenngröße für die Ruhr als Ganglinie und für die Nebenflüsse/-bäche als Punkt.

Zeitlich dichte Ruhrüberwachung

Die zeitlich dichte Überwachung der Ruhr erfolgte an zehn Probenahmestellen hinsichtlich maximal 24 Messgrößen. Aufgrund der unterschiedlichen Kapazitäten oder Monitoringstrategien der beteiligten Laboratorien wurden je nach Kenngröße in der Regel wöchentliche oder monatliche Untersuchungen durchgeführt. In einzelnen Fällen betrug die jährliche Untersuchungshäufigkeit bis zu 133, teilweise konnten bestimmte Kenngrößen nicht bestimmt werden. Der Auswertung lagen insgesamt etwa 8910 Messwerte (ohne Pflanzenschutzmittel) zu der zeitlich dichten Ruhrüberwachung zugrunde.

Die Analysergebnisse wurden zu statistischen Parametern wie Mittel-, Extrem- und Perzentilwerten verdichtet und nachfolgend in einer kombiniert tabellarisch-grafischen Form dokumentiert (Bild 21.9 bis 21.32). Innerhalb der Rechenalgorithmen wurden Werte unterhalb der Bestimmungsgrenze mit 30 % der Bestimmungsgrenze berücksichtigt. Bei den Mittelwerten und Perzentilen, deren errechneter Betrag unterhalb der Bestimmungsgrenze lag, wurde ersatzweise die Bestimmungsgrenze mit einem vorangestellten „<“ angegeben. Die Minimal- und Maximalwerte sind jeweils mit ihrem Messdatum angegeben. Sofern ein Extremwert mehrfach gemessen wurde, ist statt des Datums die Kennung „Mehrere“ gesetzt.

Unterhalb der Tabellen sind die Messwerte der zeitlich dichten Untersuchung in ihrem zeitlichen Verlauf dargestellt. Die Grafiken enthalten die Messwerte von jeweils zwei benachbarten Probenahmestellen als schwarze bzw. blaue Linie unter den entsprechen-

den Spalten. Welche Ganglinie zu welcher Spalte gehört, ist mittels einer farbigen Linie unterhalb der Tabellenspalten kenntlich gemacht. Zur besseren Vergleichbarkeit sind alle Grafiken zu einer Kenngröße gleich skaliert. Als ergänzende Information ist jeweils

Tabelle 21.1: Übersicht über die Messstellen und die untersuchenden Laboratorien
Table 21.1: Overview of measuring points and research laboratories

Ruhr-km	Fluss-km	Längsuntersuchung RV	Längsuntersuchung HYG	Zeitlich dichte Ruhrüberwachung	Messstellenbezeichnung
164,73		X	X		Ruhr, oberhalb Wildshausen
156,74		X			Ruhr, oberhalb Arnsberg, Wolfsschlucht
142,25		X			Ruhr, Neheim-Hüsten oberhalb Zulauf Kläranlage
(141,83)	0,28	X			Röhr, 280 m vor Mündung in die Ruhr
137,66		X	X		Ruhr, oberhalb Zulauf Möhne
(137,35)	0,05	X			Möhne, 50 m vor Mündung in die Ruhr
128,31		X	X	WWU	Ruhr, Echthausen Oberwasser
121,17		X	X	SWH	Ruhr, Wasserwerk Hamm-Warmen
(116,58)	0,18	X	X		Hönne, 180 m vor Mündung in die Ruhr
113,78		X	X		Ruhr, Halingen, Messstelle AWWR
108,39		X		WWU	Ruhr, Hengsen Obergraben
(106,96)	0,08	X			Baarbach, 80 m vor Mündung in die Ruhr (unterh. KA)
105,11		X	X		Ruhr, Geisecke-Wellenbad (Brückenmitte)
95,15		X		WWU	Ruhr, Westhofen, Kraftwerk
(92,72)	2,74	X	X		Lenne, 2740 m vor Mündung in die Ruhr
88,75		X	X	Mark E	Ruhr, Auslauf Hengsteysee
(87,67)	1,24	X	X		Volme, 1240 m vor Mündung in die Ruhr (am Pegel Eckesey)
80,66		X	X		Ruhr, Pegel Wetter
74,45		X			Ruhr, in Höhe Kraftwerk Hohenstein
71,91				WWU	Ruhr, Witten, Wasserwerk Gelsenwasser
69,00		X			Ruhr, Einlauf Stausee Kemnade
(67,35)	1,33	X			Ölbach, unterhalb Teich 3, 1330 m vor Mündung in die Ruhr
62,65		X	X	WWU	Ruhr, Oberwasser Kraftwerk Stiepel WMR
51,28		X			Ruhr, Schwimmbrücke Dumberg
47,42		X	X		Ruhr, Steele-Horst, Pumpwerk Gelsenwasser
42,76		X		RV	Ruhr, Essen-Rellinghausen, Zornige Ameise
38,35		X			Ruhr, Einlauf Baldeneysee
31,18		X			Ruhr, Auslauf Baldeneysee
23,47		X	X	RWW	Ruhr, Auslauf Stausee Kettwig
(23,24)	0,02	X			Rinderbach, 20 m vor Mündung in die Ruhr
14,43		X			Ruhr, Kraftwerk Mülheim-Kahlenberg
11,35				RWW	Ruhr, Wasserwerk Styrum-Ost
5,43		X			Ruhr, Duisburg Aackerfähre

Mark E Mark-E Aktiengesellschaft, Hagen

RV Ruhrverband, Essen

RWW Rheinisch-Westfälische Wasserwerksgesellschaft mbH, Mülheim

SWH Stadtwerke Hamm GmbH, Hamm

WWU Westfälische Wasser und Umweltanalytik GmbH, Gelsenkirchen und Schwerte

Tabelle 21.2: Zielwerte für die Qualität des Ruhrwassers mit Überschreitungen im Jahr 2012
 Table 21.2: Target values for the quality of Ruhr water and exceedings in 2012

Kenngroße		Überschreitungen der Zielwerte 2012	Einheit	Zielwert als 90 Perzentil	Trinkwasser-Grenzwert (Trinkw.-V. v. Mai 2001)
Cadmium	Cd	keine	µg/l	1	5
Nickel	Ni	keine	µg/l	10	20
Ammonium	NH ₄	keine	mg/l	0,6	0,5
Nitrat	NO ₃	keine	mg/l	25	50
Phosphat gesamt gelöst	PO ₄	keine	mg/l	0,5	
Gel. org. geb. Kohlenstoff	DOC	keine	mg/l	5	
Tetrachlorethen		keine	µg/l	1	10 für die Summe aus beiden
Trichlorethen		keine	µg/l	1	
Diethylentriethylpentaessigsäure	DTPA	an fünf Stellen	µg/l	10	
Ethylendinitrioltetraessigsäure	EDTA	an fünf Stellen	µg/l	10	
Nitrioltriessigsäure	NTA	keine	µg/l	10	
PSM ¹⁾		keine	ng/l	50	100
Coliforme Bakterien		keine	100ml ⁻¹	15000 ²⁾	0

¹⁾ Organisch-chemische Stoffe zur Pflanzenbehandlung und Schädlingsbekämpfung.

²⁾ Zielwerte als geometrisches Jahresmittel.

Tabelle 21.3: Mittlere Abflüsse während der Längsuntersuchungen
 Table 21.3: Average flows during examinations along the course of the river

Längsuntersuchung Untersuchungslabor	Untersuchungs- zeitraum	Abfluss am Pegel Hattingen m ³ /s
Winter / Hygiene-Institut (HYG)	12.3.2012	48,5
Frühjahr / Ruhrverband (RV)	16.4.2012 bis 18.4.2012	27,2
Sommer / Hygiene-Institut (HYG)	13.08.12	26,1
Herbst / Ruhrverband (RV)	15.10.2012 bis 17.10.2012	36,1

links der zeitliche Verlauf des Abflusses der Ruhr am Pegel in Hattingen dargestellt. Liegen Zielwertüberschreitungen vor, sind diese bei den 90-Perzentilen bzw. beim geometrischen Jahresmittel (nur coliforme Bakterien) durch eine fette Schrift hervorgehoben.

Pflanzenschutzmittel

Pflanzenschutzmittel (PSM) sind chemische Substanzen, die in erster Linie Nutzpflanzen vor Schädlingsbefall (meist Insekten oder Pilze) schützen und den konkurrierenden Pflanzenwuchs unterbinden sollen. Diese hochwirksamen Verbindungen, die z. T. nur langsam abgebaut werden, dürfen in Lebensmitteln wie dem Trinkwasser nur in äußerst geringen Konzentrationen vorkommen. Der Gesetzgeber hat für Einzelsubstanzen im Trinkwasser einen Grenzwert von 100 ng/l festgelegt, für die Summe der Einzelsubstanzen, die über der Bestimmungsgrenze liegen, einen Wert von 500 ng/l.

Im Rahmen der Längsuntersuchungen und zeitlich dichten Ruhrüberwachung wurden 2012 rund 8400 Messungen zu den Pflanzenschutzmitteln durchgeführt. Von den 45 ausgewerteten PSM lagen bei zehn Verbindungen Werte im Arbeitsbereich der Analyseverfahren vor, der Rest lag unterhalb der jeweiligen Bestimmungsgrenze. Bei keiner Substanz konnte ein Messwert oberhalb des Trinkwassergrenzwertes von 100 ng/l gemessen werden. In Tabelle 21.5 ist die Überschreitungsstatistik zusammengestellt. Die nachfolgend dargestellten Ergebnisse zu Nährstoffen und Pflanzenschutzmitteln dienen gleichzeitig der Berichterstattung für das laufende Jahr der Kooperation Landwirtschaft/Wasserwirtschaft an der Ruhr. Die Ergebnisse flossen wie in den Vorjahren in die Tätigkeit der von den Wasserversorgungsunternehmen finanzierten Berater ein und wurden im Beirat der Kooperation diskutiert.

Kommentar zu den Untersuchungsergebnissen

Dr. Henning Schünke, Stadtwerke Hamm GmbH

Niederschläge und Abfluss: Wie im Vorjahr fiel im Ruhreinzugsgebiet im Jahr 2012 eine unterdurchschnittliche Niederschlagsmenge. Die Spitzenwerte der Niederschläge traten in den Wintermonaten Januar und Dezember auf und lagen dann deutlich über dem langjährigen Mittel. Mit Ausnahme des Juli, mit etwas überdurchschnittlichem Niederschlag, unterschritten die Niederschlagswerte in den übrigen Monaten das langjährige Mittel deutlich. Der mittlere Abfluss der Ruhr am Pegel Hattingen lag im Jahresverlauf entsprechend häufig unter dem langjährigen Durchschnitt. Nur im Januar und Juli wurde der mittlere Abfluss überschritten. Alle anderen Monate wiesen einen deutlich geringeren Abfluss auf. Die Pegelstände zeigten im Jahr 2012 nur wenige Spitzenwerte. An der oberen Ruhr wurde die Hochwasser Warnmarke in den Monaten Januar und Dezember nur geringfügig

überschritten, erreichten aber auch hier nicht die Höhenstände eines Mittleren Hochwassers. An der mittleren Ruhr wurde diese Warnmarke sogar nur einmalig im Januar erreicht. Insgesamt lag im Jahr 2012 ein typischer Verlauf des Abflusses auf einem niedrigen Niveau, mit einer zusätzlichen Abflussspitze im Juli vor. Der Ruhrabfluss wird als ergänzende Information in Bild 21.9 bis Bild 21.32 mit aufgeführt.

Trübung: Ein Einfluss der Abflusswerte auf die Trübung trat nur bei den hohen winterlichen Pegelständen auf. Vor allem in der oberen Ruhr scheint keine starke Mobilisierung von Sedimenten stattgefunden zu haben (Bild 21.12). Eine weitgehend ausgeglichene Trübung wurde ebenfalls bei den Längsuntersuchungen über den Ruhrverlauf gemessen (Bild 21.1). Einzig die Probenahme im Frühjahr zeigte eine Zunahme der Trübung am Zulauf des Ölbaches sowie hinter der Stauhaltung in Essen. Hinter Essen dürfte dieser Anstieg auf das Wachstum von Plankton in der Stauhaltung zurückzuführen sein.

Temperaturen: Die Wassertemperaturen zeigten einen typischen Jahresgang mit dem Minimum im Februar und den Spitzenwerten zwischen Ende August und September (Bild 21.9). Dabei war die Ausprägung des Jahresganges am Unterlauf der Ruhr erwartungsgemäß deutlich stärker. Die Temperaturen des Wassers blieben außer in Stiepel ganzjährig unter der 25 °C-Marke (Bild 21.9). Bei den Längsuntersuchungen konnte die Zunahme der Temperatur ebenfalls nur bei der Sommer Messung festgestellt werden. Die übrigen Längsmessungen zeigten dagegen ein sehr ausgeglichenes Temperaturprofil im Ruhrverlauf (Bild 21.1).

Leitfähigkeit und Salze: Die Leitfähigkeit wies in 2012 einen unauffälligen Jahresgang über den Ruhrverlauf auf. Größere Änderungen zeigten sich durch den erhöhten Abfluss während der Schneeschmelze im Januar, Februar und Dezember und durch Niederschläge im Juli, die zu einer leichten Reduktion der Leitfähigkeitswerte führten. (Bild 21.10). Im Längsprofil konnte die Zunahme der Leitfähigkeit durch die steigenden Salzfrachten im Verlauf der Ruhr verfolgt werden. Deutlich wurden dabei aber auch die Verdünnungseffekte durch die Zuflüsse aus der Lenne und Volme (Bild 21.1). Die Chlorid-Werte sind als Parameter geeignet, die Salzfracht der Ruhr zu beobachten. (Bild 21.6). Trotz der Verdünnungseffekte durch die Abflüsse aus der Schneeschmelze konnten hier Ende Februar und Anfang Dezember Spitzenwerte an der Mittleren Ruhr gemessen werden, die auf einen Streusalzeintrag zurückzuführen sein dürften. In den vier Längsuntersuchungen wurde auch für weitere Salze eine Zunahme der Frachten über den Flussverlauf gezeigt, z.B. für die Parameter Natrium, Kalium, Barium, Sulfat, Bor (Bild 21.6 und 21.3).

Sauerstoff, Chlorophyll und pH-Werte: Die Sauerstoffgehalte (Bild 21.15) folgten im Jahr 2012 den moderaten Schwankungen der Temperaturen. Ein Unterschreiten der 5 mg/L-Marke für Sauerstoff wurde an zwei Messstellen einmalig im Hochsommer beobachtet. Sonst war den Temperaturen entsprechend eine gute Sättigung des Wassers festzustellen. Die größten Schwankungen wurden im Frühsommer in der unteren Ruhr nach den Stauhaltungen nachgewiesen. Auch die Längsuntersuchungen der Ruhr zeigten bei

den Sauerstoffgehalten ein ausgeglichenes Bild (Bild 21.2). In den vier Untersuchungsreihen traten abweichende Niveaus aufgrund der jahreszeitlichen Temperaturstufen auf. Ein Anstieg des Sauerstoffgehaltes wurde nur in der Frühjahrsmessung nach der Stauhaltung bei Essen beobachtet, der auf das Algenwachstum zurückgeführt werden kann.

Die Algen, als biologische Primärproduzenten, können durch die Gehalte an Chlorophyll nachgewiesen werden (Bild 21.13). Während im oberen Ruhrlauf nur geringe Gehalte gemessen wurden, die über einen weiten Bereich des Jahres nahezu gleich blieben, wurden nach dem Hengsteysee im Frühjahr deutliche erhöhte Konzentrationen gefunden, die auf der Blüte der pelagischen Algen zurückzuführen war. Auch im weiteren Verlauf der Ruhr konnte das Algenwachstum vor allem im Frühjahr über starke Chlorophyllzunahmen ab März nachgewiesen werden, das im weiteren Jahresgang wieder deutlich abnahm. Besonders auffällig konnten Chlorophyllzunahmen bei der Frühjahrsmessung im Längsverlauf beobachtet werden; ab den Stauhaltungen unterhalb von Schwerte war ein Anstieg feststellbar, der ab der Messstelle in Essen besonders stark ausgeprägt auftrat (Bild 21.1).

Neben einer Beeinflussung des Sauerstoffgehaltes wirkte sich das Algenwachstum auch auf die pH-Werte aus (Bild 21.11). Während in der oberen Ruhr nur geringe Schwankungen im Säuregehalt auftraten, wurden durch den Entzug des sauer wirkenden Kohlendioxids ab den größeren Stauhaltungen in Höhe des Hengsteysees höhere pH-Werte gemessen. Die stärksten Anstiege zeigten sich im Frühjahr parallel zu den gestiegenen Chlorophyll-Werten.

Nährstoffe, Absorption und gebundener Kohlenstoff: Die Aktivität der Algen beeinflusst neben den gelösten Gasen und dem pH-Wert auch die Nährstoffparameter, die durch das Wachstum ebenfalls gezehrt wurden. Bei den Ammoniumkonzentrationen spielten jedoch mehrere Faktoren zusammen (Bild 21.19): Nach den hohen Werten im Winter, die auf einer reduzierten biologischen Nitrifikation auf Grund niedriger Temperaturen in den Einleitungen zurückzuführen waren, wurde zwischen März und Mai vor allem im unteren Ruhrverlauf die deutliche Abnahme während des Algenwachstums festgestellt. Mit dem Absterben der Algen Ende Mai / Anfang Juni wurden vor allem hinter den großen Flussstauseen wieder ansteigende Werte gefunden, die auf den Abbau der Algensubstanz zurückzuführen sein dürften. Die höheren Ammonium-Werte wurden in der Längsuntersuchung der Ruhr entsprechend in der winterlichen und sommerlichen Messreihe nachgewiesen (Bild 21.3). Beim Nitrat traten weniger Schwankungen in den Zeitreihen auf (Bild 21.20). Die Längsuntersuchungen bestätigten diese Beobachtung (Bild 21.3). Das gelöste Phosphat zeigte die Zehrung zu der Hauptzeit des Algenwachstums bei einem sonst ausgeglichenen Niveau (Bild 21.21). In der Längsuntersuchung wurde im Frühjahr die Abnahme im Verlauf der Ruhr ebenfalls nachgewiesen, während im Herbst eine Zunahme über den Ruhrverlauf durch die reduzierte biologische Bindung und die Freisetzung aus der Biomasse beobachtet werden konnte (Bild 21.3). Der gelöste organische Kohlenstoff wies 2012 keinen ausgeprägten Jahresgang auf (Bild 21.16). In der unteren Ruhr trat ein leichter Anstieg der Konzentrationen am Ende April ab Essen

auf, der den Einfluss des abnehmenden Algenwachstums auf diesen Parameter nachvollziehbar machte. Insgesamt liegt der Gehalt des gelösten Kohlenstoffs in der Ruhr mit einem Medianwert um 2,5 mg/L auf einem niedrigen Niveau, das auch in den Längsun- tersuchungen für den oberen und mittleren Verlauf gemessen wurde. Ein leichter Anstieg lag im unteren Ruhrverlauf hinter Essen vor. Etwas höhere Gehalte waren dort auch im Sommer zu beobachten (Bild 21.2). Parallel zum Kohlenstoff wurde der Verlauf der Adsorptionen im UV-Bereich (254 nm) und im sichtbaren Bereich (436 nm) gemessen (Bild 21.17, 21.18). Die UV-Adsorption war zusätzlich durch die Abflusssituation im Sommer geprägt.

Metalle: Vereinzelt wurden die abgebildeten Metalle (Bild 21.22 bis 21.25) in den Proben der zeitdichten Untersuchung in bestimm- baren Konzentrationen nachgewiesen. Meist lagen die Messungen bei Cadmium und Chrom unterhalb der Bestimmungsgrenzen (Bild 21.22, 21.23). Nur durch die geringen Bestimmungsgrenzen an der Messstelle Essen-Rellinghausen war die Aufnahme von Zeitreihen möglich. Höhere Gehalte konnten für Nickel und Mangan bestimmt werden. Nickel wurde in drei Messwerten bei Einzelwerten über dem Zielwert der AWWR gefunden. In allen anderen Messungen wurden jedoch keine auffälligen Belastungen festgestellt (Bild 21.24, 21.25). Ein ähnlich unauffälliges Bild ergab sich aus den Längsun- tersuchungen der Ruhr, in denen die Werte meist unterhalb der Bestimmungsgrenze blieben (Bild 21.4). Mit Ausnahme von Cadmium und Blei, die in der Winter- Messung an zwei Stellen aus ungeklärtem Grund mit höheren Konzentrationen auftraten, wurden keine erhöhten Gehalte nachgewiesen. Für Kupfer, Nickel und Mangan konnte im Verlauf der Ruhr eine Zunahme der Konzentrationen festgestellt werden. Wie für Mangan exemplarisch gezeigt werden konnte, lagen diese Metalle vor allem partikelgebunden vor (vgl. Mangan und Mangan – gelöst, Bild 21.5).

Anthropogene Spurenstoffe: In der zeitdichten Untersuchung konnte für die Halogenverbindungen, gemessen über den Summenparameter (AOX), nur an wenigen Stellen Werte oberhalb der Bestimmungsgrenze gefunden werden. (Bild 21.27). Auswertbare Messungen und eine Zeitreihe für AOX wurden nur an der Probe- stelle Essen-Rellinghausen durch eine niedrige Bestimmungsgrenze erhalten. Die Spitzenwerte stiegen hier etwas über die Werte in den oberen Ruhrabschnitten. Der 90-Perzentilwert lag auch hier bei einer Konzentration, wie sie die Messungen an der oberen Ruhr ergaben. Ein leichter Anstieg konnte auch in den Längsun- tersuchungen über den Ruhrverlauf nachgewiesen werden (Bild 21.7). Die kurzkettingen Chlorkohlenwasserstoffe wurde in der zeit- dichten Untersuchung mit unterschiedlichen Bestimmungsgrenzen bei den Parametern Tetrachlorethen (Bild 21.28) und Trichlorethen (Bild 21.29) bestimmt. An der oberen und mittleren Ruhr blieben diese Substanzen meist unterhalb der Bestimmungsgrenzen. Auch bei der niedrigsten Bestimmungsgrenze an der Messstelle Rellinghausen wurde nur einmalig das Tretrachlorethen gefunden.

Die Komplexbildner stellten auch im Jahr 2012 ein besonderes Problem dar. Wie in den Vorjahren waren sie auch 2012 durch einen starken Konzentrationssprung im Ruhrverlauf geprägt. Während die Konzentrationen in der oberen Ruhr unauffällig blieben,

war ab dem Hengstey-See sowohl bei den zeitdichten Untersu- chungen (Bild 21.30 bis 21.31) als auch in den Längsun- tersuchungen (Bild 21.7) ein starker Anstieg feststellbar. Die gefundenen Werte überstiegen die Zielwerte der AWWR sowohl bei DTPA (Bild 21.30) als auch bei EDTA (Bild 21.31). Spitzenwerte lagen noch deutlich höher und erreichten bis über 100 µg/L. Trotz der Ver- dünnung im weiteren Ruhrverlauf wurden die Zielwerte bis zur Mündung der Ruhr für diese Substanzen selbst als 90-Perzentil überschritten. Grund für diese Belastungen ist eine Punktquelle im Mündungsbereich der Lenne. Einzig die Werte für das biologisch abbaubare NTA zeigten keine Überschreitung der Zielwerte (Bild 21.32). Die besondere Belastung durch die Komplexbildner wird auch durch Tabelle 21.2 verdeutlicht: Diese Stoffgruppe ist Ursache für die einzige Überschreitung der AWWR-Zielwerte.

Bei der Untersuchung auf Pflanzenschutzmittel gab es nur verein- zelt Befunde über der Bestimmungsgrenze (Tabelle 21.5). Von 45 untersuchten Substanzen konnten 10 Stoffe nachgewiesen werden. Alle Nachweise lagen deutlich unterhalb des Grenzwertes der Trinkwasserverordnung. Am häufigsten wurde das Herbizid MCPA mit einer Häufigkeit von 7,4 % in den untersuchten Proben nachgewiesen. Es wird gegen Wildkräuter mit einer sehr breiten Anwendung im Acker- und Gartenbau eingesetzt. Mit 4,7 % Häufigkeit wurde das Biozid Propiconazol aufgefunden, das ebenfalls mit einem breiten Anwendungsspektrum im Ackerbau, aber auch im Holzschutz eingesetzt wird. Weitere Befunde gab es für Terbutylazin, einem Herbizid aus dem Maisanbau und dem Isoproturon, einem Herbizid aus dem Getreidebau und für technische An- wendungen. Das nicht mehr zugelassene Herbizid Diuron konnte ebenfalls nachgewiesen werden, da es weiterhin im technischen Bereich eingesetzt wird.

Nebengewässer: Neben der Untersuchung der Ruhr wurden vom Ruhrverband auch verschiedene Zuflüsse zur Ruhr untersucht (s. Tabelle 21.1). Die Ergebnisse der Untersuchungen sind in Tabelle 21.4 zusammengefasst. Für ausgesuchte Parameter sind in Bild 21.8 die Werte in Relation zur Ruhr dargestellt. Aus der Tabelle wird für einige zufließende Gewässer der deutliche Einfluss durch Abwas- sereinleitungen ersichtlich: neben einer Steigerung der Summenpa- rameter (Leitfähigkeit, CSB und DOC), wurden durch die Untersu- chungen zum Teil spezifische Belastungen der Zuflüsse nachgewiesen. Bei den Summenparametern fielen besonders der Baarbach und der Ölbach auf; geringere Belastungen sind aber auch im Rinderbach nachweisbar. Weitere Belastungen sind durch die Abwasserparameter (Phosphat, Ammonium, Chlorid) feststell- bar, aber auch durch Spurenstoffe (EDTA im Ölbach, DTPA im Baar- bach) und Metalle (Barium im Ölbach, Cadmium und Nickel im Baarbach). Die zuströmenden Lasten werden besonders durch Bild 21.8 verdeutlicht: das Wasser dieser Nebengewässer weist deutlich höhere Konzentrationen auf, als die in den entsprechenden Ab- schnitten der Ruhr auftretenden Gehalte. Die Messstelle im Neben- gewässer Lenne ist mit ihrer Lage (2,74 km oberhalb der Mündung, Tabelle 21.1) nicht geeignet, den gesamten Eintrag aus der Lenne in die Ruhr nachzuweisen, da weitere Ableitungen zwischen der Messstelle und der Mündung liegen. Die Belastungen des Hengs- teysees mit dem Komplexbildners verdeutlichen dies eindringlich.

Gewässerhygiene: Die Hygiene des Ruhrwassers wird anhand des fäkalen Indikators coliforme Bakterien überwacht (Bild 21.14). Als Zielwert wurden in der Ruhr, die auch als Vorflut für Kläranlagen fungiert, ein durchschnittlicher Wert von 15.000 KBE/100mL (geometrisches Mittel) durch die AWWR festgelegt. Dieser Zielwert wurde an allen Messstellen deutlich unterschritten. Im Jahresverlauf 2012 machten aber die Belastungen bei erhöhten Abflüssen erkennbar, dass Spitzen wesentlich über diesem Wert liegen. Bei erhöhten Abflüssen war die Klärung des Abwassers deutlich reduziert. Ursächlich für diese sprunghaften Belastungen dürften zu geringe Verweilzeiten in den Kläranlagen oder ungeklärte Mischwasserabschläge aus den Anlagen sein. In den Längsuntersuchungen (Bild 21.1) lag kein erhöhter Abfluss vor, so dass hier nur die mittleren Werte für die coliformen Bakterien gefunden wurden. Insgesamt findet man für diesen Parameter ein sehr heterogenes Bild durch die starken regionalen und zeitlichen Schwankungen.

Zusammenfassung

Auch im Jahr 2012 fielen leicht unterdurchschnittliche Niederschläge im Einzugsgebiet der Ruhr, die sich in den Abflüssen der Ruhr niederschlugen. Die Spitzenwerte lagen in den Wintermonaten, überschritten aber nur vereinzelt die Warnstufe für Hochwasser und blieben insgesamt deutlich unter dem Wert für ein mittleres Hochwasserereignis.

Bei fast allen Stoffen wurden nur geringe Belastungen in der Ruhr festgestellt. Eine Ausnahme bildeten, wie in den vorangehenden Jahren, die sehr starke Belastung durch die Komplexbildner, die in der Ruhr die Zielwerte der AWWR deutlich überschritten. Durch den massiven Eintrag in Hagen wird im weiteren Flusslauf bis zur Mündung das Ziel der AWWR überschritten.

Auch in den Nebengewässern der Ruhr wurden Konzentrationen festgestellt, die über den Zielwerten der AWWR lag. Neben der Belastung durch die Komplexbildner im Baarbach wurde hier auch eine Metallbelastung durch Nickel nachgewiesen. Im Ölbach fiel eine hohe Konzentration von Ammonium auf, die auf einen sehr hohen Anteil von Abwasser durch die Einleitung hindeutet.

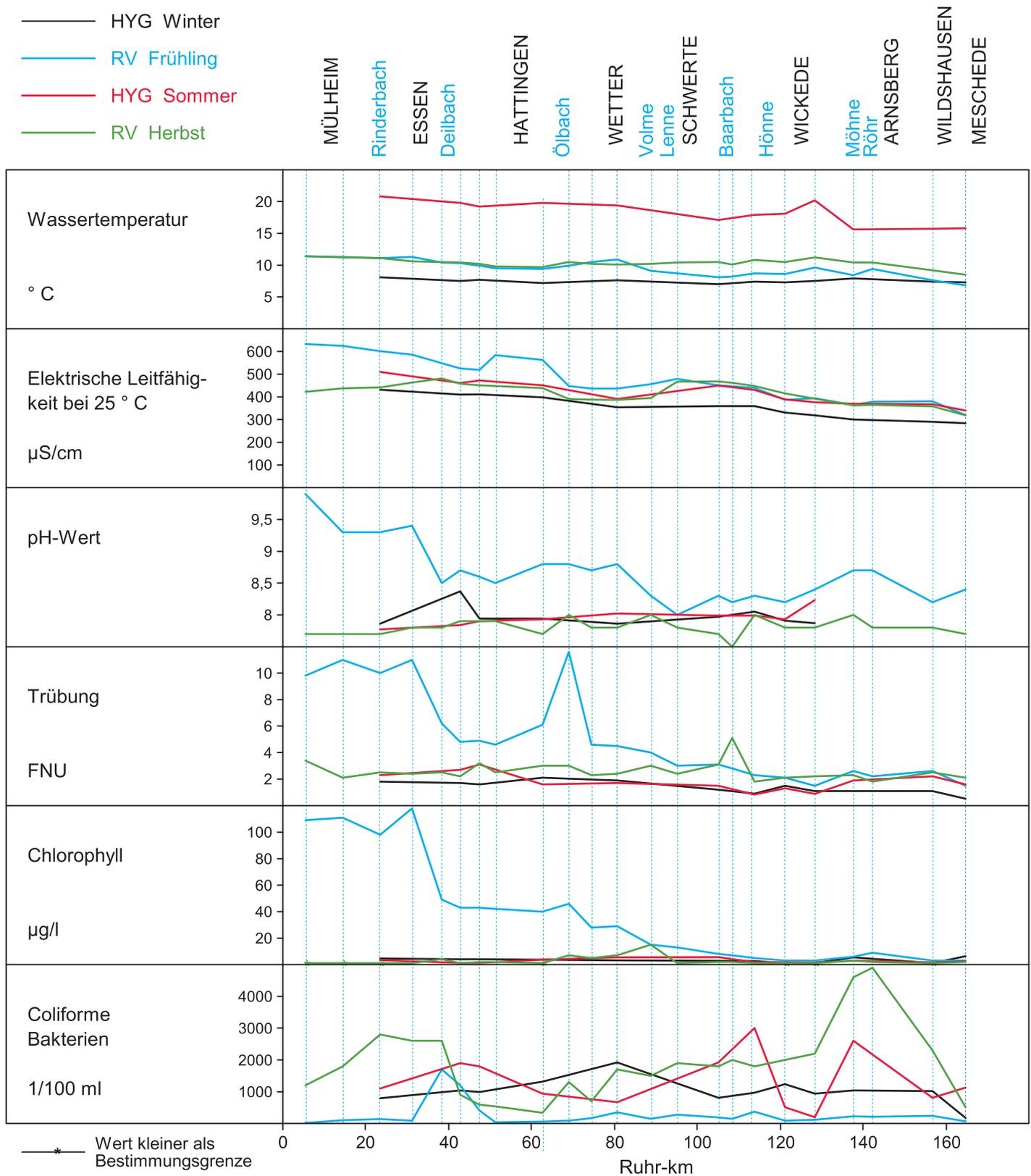


Bild 21.1: Die Wasserbeschaffenheit der Ruhr nach Analysen des AWWR-Ausschusses „Wassergüte“
 Fig. 21.1: Water condition of the Ruhr according to analyses of the AWWR water quality committee



Bild 21.2: Die Wasserbeschaffenheit der Ruhr nach Analysen des AWWR-Ausschusses „Wassergüte“
 Fig. 21.2: Water condition of the Ruhr according to analyses of the AWWR water quality committee



Bild 21.3: Die Wasserbeschaffenheit der Ruhr nach Analysen des AWWR-Ausschusses „Wassergüte“
 Fig. 21.3: Water condition of the Ruhr according to analyses of the AWWR water quality committee



Bild 21.4: Die Wasserbeschaffenheit der Ruhr nach Analysen des AWWR-Ausschusses „Wassergüte“
 Fig. 21.4: Water condition of the Ruhr according to analyses of the AWWR water quality committee



Bild 21.5: Die Wasserbeschaffenheit der Ruhr nach Analysen des AWWR-Ausschusses „Wassergüte“
 Fig. 21.5: Water condition of the Ruhr according to analyses of the AWWR water quality committee



Bild 21.6: Die Wasserbeschaffenheit der Ruhr nach Analysen des AWWR-Ausschusses „Wassergüte“
 Fig. 21.6: Water condition of the Ruhr according to analyses of the AWWR water quality committee



Bild 21.7: Die Wasserbeschaffenheit der Ruhr nach Analysen des AWWR-Ausschusses „Wassergüte“
 Fig. 21.7: Water condition of the Ruhr according to analyses of the AWWR water quality committee

Tabelle 21.4: Mittelwerte ausgewählter Gütemerkmale von acht Nebenflüssen der Ruhr
 Table 21.4: Averages of selected quality parameters for eight tributaries of the Ruhr

Kenngröße	Einheit	Zufluss/Ruhr-km							
		Rinderbach 23,24	Ölbach 67,35	Volme 87,67	Lenne 92,72	Baarbach 106,96	Hönne 116,58	Möhne 137,35	Röhr 141,83
Wassertemperatur	° C	9,8	12,0	8,1	10,5	8,7	9,9	9,3	8,2
pH-Wert		8,45	8,00	8,80	8,20	7,85	8,60	8,25	8,05
Elektrische Leitfähigkeit	µS/cm	653	2965	342	341	1038	643	362	341
Trübung	FNU	8,5	2,1	2,4	3,2	2,4	3,1	2,1	3,0
Spektr. Absorptionskoeff. bei 254 nm	1/m	5,0	9,0	4,9	4,2	9,4	3,5	7,9	3,9
Spektr. Absorptionskoeff. bei 436 nm	1/m	0,35	0,60	0,45	0,35	0,65	0,20	0,30	0,20
Biochem. Sauerstoffbedarf in 5 Tagen	mg/l	2,9	2,0	< 3,0	< 3,0	1,7	1,8	1,6	1,5
Chemischer Sauerstoffbedarf (CSB)	mg/l	12,4	26,9	6,6	6,3	14,4	6,3	8,7	5,3
Gelöster organ. gebund. Kohlenstoff (DOC)	mg/l	2,1	3,9	1,8	1,6	4,0	1,2	2,9	1,5
Gelöster Sauerstoff	mg/l	11,1	7,4	13,2	11,1	10,9	11,5	11,2	11,6
Chlorophyll-a	µg/l	40,5	7,7	5,0	9,0	2,5	4,2	2,5	1,7
Gesamter gelöster Phosphor als PO ₄	mg/l	0,29	0,66	0,24	0,13	0,69	0,23	< 0,05	0,09
Borat-Bor	mg/l	0,07	0,50	0,06	0,06	0,18	0,08	< 0,01	< 0,01
Ethylendinitrilotetraessigsäure (EDTA)	µg/l	3,4	8,0	2,6	2,7	12,5	2,3	< 1,0	< 1,0
Nitrilotriessigsäure (NTA)	µg/l	< 2,0	< 1,0	< 2,0	< 2,0	< 2,0	1,3	< 1,0	< 1,0
Diethylentrinitripentaessigsäure (DTPA)	µg/l	1,2	8,8	< 2,0	< 2,0	< 2,0	< 1,0	< 1,0	< 1,0
Ammonium	mg/l	< 0,01	1,35	< 0,01	0,01	0,05	0,02	0,03	0,05
Nitrat	mg/l	21,0	8,6	14,4	11,3	16,8	22,9	7,1	13,5
Nitrit	mg/l	< 0,2	0,35	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2
Organisch gebundener Stickstoff	mg/l	0,40	0,85	< 0,40	< 0,40	0,70	< 0,20	0,30	0,25
Mangan	µg/l	29	115	< 10	18	61	< 10	33	18
Gelöstes Mangan	µg/l	< 10	85	< 10	< 10	49	< 10	< 10	< 10
Eisen	mg/l	0,27	0,18	0,08	0,11	0,14	0,07	0,05	0,09
Gelöstes Eisen	mg/l	0,03	0,04	0,02	0,03	0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02
Natrium	mg/l	40	470	26	23	55	43	23	11
Kalium	mg/l	6,6	16,0	10,5	3,1	10,6	4,6	2,3	2,1
Magnesium	mg/l	12,0	27,0	5,5	6,6	10,6	6,8	5,2	5,6
Calcium	mg/l	67	71	29	33	119	76	37	46
Barium	µg/l	12	415	< 50	< 50	19	36	23	34
Kupfer	µg/l	2,5	1,7	< 5,0	< 5,0	4,3	3,1	1,4	1,7
Nickel	µg/l	3,5	4,1	2,0	2,1	13,5	3,1	2,6	2,6
Chrom	µg/l	< 1,0	< 1,0	< 1,0	< 1,0	< 1,0	< 1,0	< 1,0	< 1,0
Zink	µg/l	16	8	< 10	16	44	19	2	5
Blei	µg/l	2,6	0,3	< 1,0	< 1,0	0,3	0,5	0,2	1,1
Cadmium	µg/l	0,06	< 0,1	< 0,1	< 0,1	0,08	< 0,1	< 0,1	< 0,1
Chlorid	mg/l	62	665	30	33	165	70	35	16
Sulfat	mg/l	62	87	37	29	87	44	24	34
Fluorid	mg/l	0,11	0,18	0,06	0,06	0,14	0,08	0,09	0,07
Polycyclische aromat. Kohlenwasserstoffe	ng/l	5	3	4	4	0	1	0	3
Adsorb. org. geb. Halogene (AOX)	µg/l	12	17	< 10	< 10	13	< 10	8	< 5
Coliforme Bakterien	1/100 ml	4000	8300	2295	3395	10500	11728	195	9250

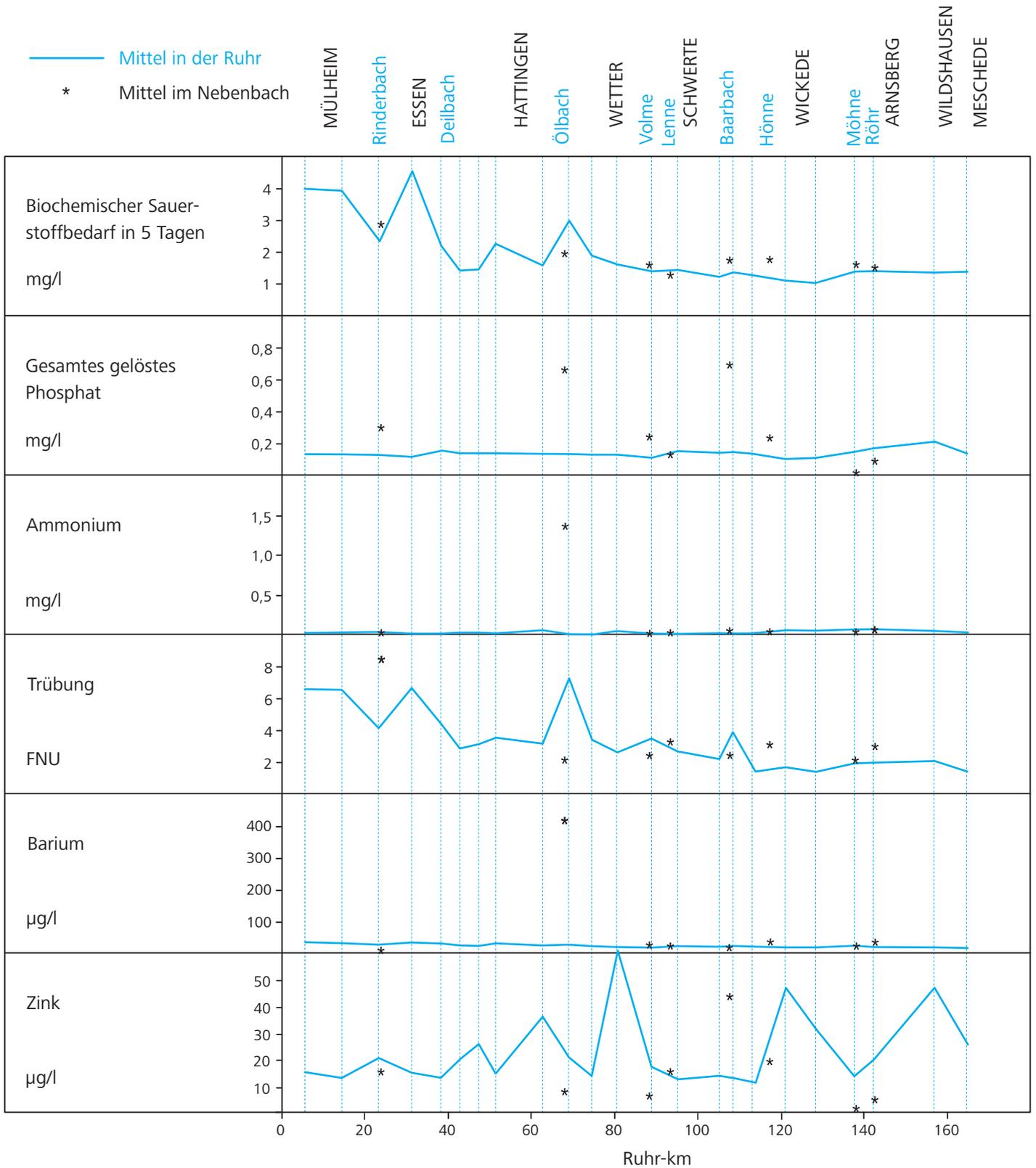


Bild 21.8: Die Wasserbeschaffenheit der Ruhr und ihrer Nebenbachmündungen anhand von sechs ausgesuchten Gütemerkmalen
 Fig. 21.8: Water condition of the Ruhr and its tributaries at their inflows indicated by six selected parameters

Kenngröße: Wassertemperatur

Einheit: ° C

Zielwert:

Probenahmestelle Ruhr-km	Styrum 11,35	Kettwig 23,47	Rellingh. 42,76	Stiepel 62,65	Witten 71,91	Hengstey 88,75	Westhof. 95,15	Hengsen 108,39	Warmen 121,17	Echthau. 128,31
Anzahl der Werte	26	25	133	48	57	51	48	49	61	51
Arith. Jahresmittel	9,8	10,8	13,1	13,1	12,4	12,3	11,4	10,9	10,8	11,5
Geom. Jahresmittel	7,8	9,6	10,8	11,6	10,8	11,2	9,0	8,5	9,2	9,6
Geom. Sommermittel	14,2	14,7	16,9	16,9	16,4	15,5	15,0	14,3	14,0	14,9
Geom. Wintermittel	5,3	7,2	6,2	7,4	7,0	7,9	5,4	5,0	5,8	6,0
Maximalwert	21,0	20,2	24,2	25,3	24,6	23,2	22,1	21,3	18,5	21,3
Datum des Max.	06.08	02.07	20.08	20.08	20.08	21.08	20.08	20.08	26.07	20.08
90-Perzentil	18,6	19,3	20,4	20,5	19,8	18,7	18,1	17,8	16,4	17,6
50-Perzentil	8,8	9,9	13,4	12,8	11,7	12,0	10,9	10,2	10,8	11,8
10-Perzentil	4,1	6,3	5,8	5,9	5,7	6,3	5,7	4,8	4,9	5,2
Minimalwert	0,4	2,0	0,1	1,7	1,3	3,0	0,1	0,1	0,2	0,1
Datum des Min.	06.02	06.02	03.02	13.02	06.02	06.02	Mehrere	Mehrere	09.02	06.02

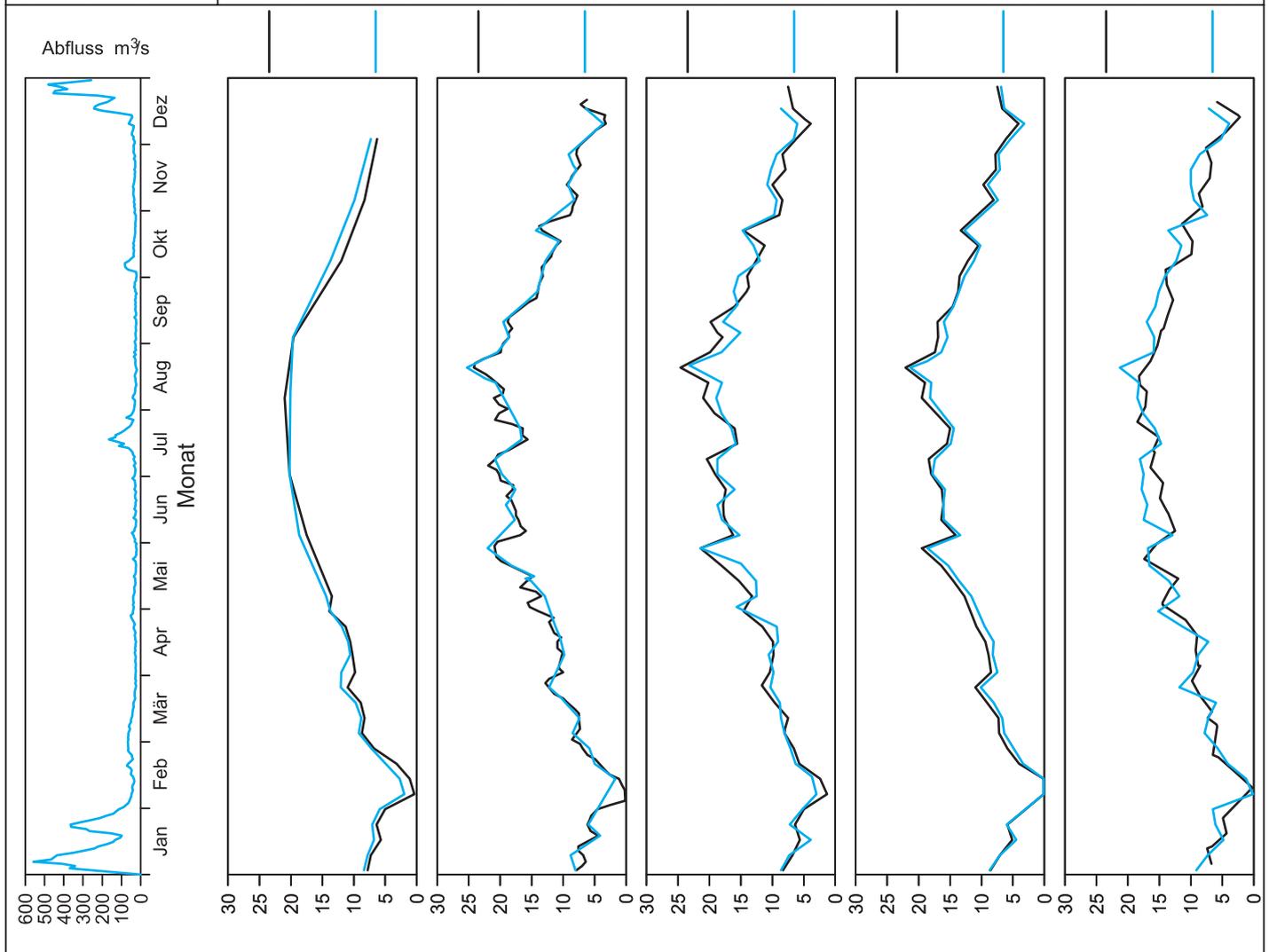


Bild 21.9: Analysenstatistik verschiedener Kenngrößen im Ruhrwasser
 Fig. 21.9: Statistics on the analysis of selected parameters in Ruhr water

Kenngröße: Elektrische Leitfähigkeit bei 25 ° C

Einheit: $\mu\text{S}/\text{cm}$

Zielwert:

Probenahmestelle Ruhr-km	Styrum 11,35	Kettwig 23,47	Rellingh. 42,76	Stiepel 62,65	Witten 71,91	Hengstey 88,75	Westhof. 95,15	Hengsen 108,39	Warmen 121,17	Echthau. 128,31
Anzahl der Werte	26	25	133	2	47	51	48	48	61	47
Arith. Jahresmittel	476	472	459	440	380	381	431	410	365	353
Geom. Jahresmittel	462	459	450	439	375	376	426	405	362	350
Geom. Sommermittel	547	551	488	469	394	398	453	432	371	359
Geom. Wintermittel	415	407	407	411	357	354	400	381	353	341
Maximalwert	618	629	643	469	479	454	595	520	459	502
Datum des Max.	04.06	16.04	06.06	15.05	20.02	02.04	10.12	10.12	16.02	10.12
90-Perzentil	582	575	543	463	436	434	484	455	394	401
50-Perzentil	503	489	479	440	386	393	454	439	373	356
10-Perzentil	298	298	335	417	296	298	353	334	297	307
Minimalwert	252	252	232	411	238	215	271	262	267	253
Datum des Min.	09.01	09.01	06.01	13.11	09.01	09.01	09.01	23.01	05.01	23.01

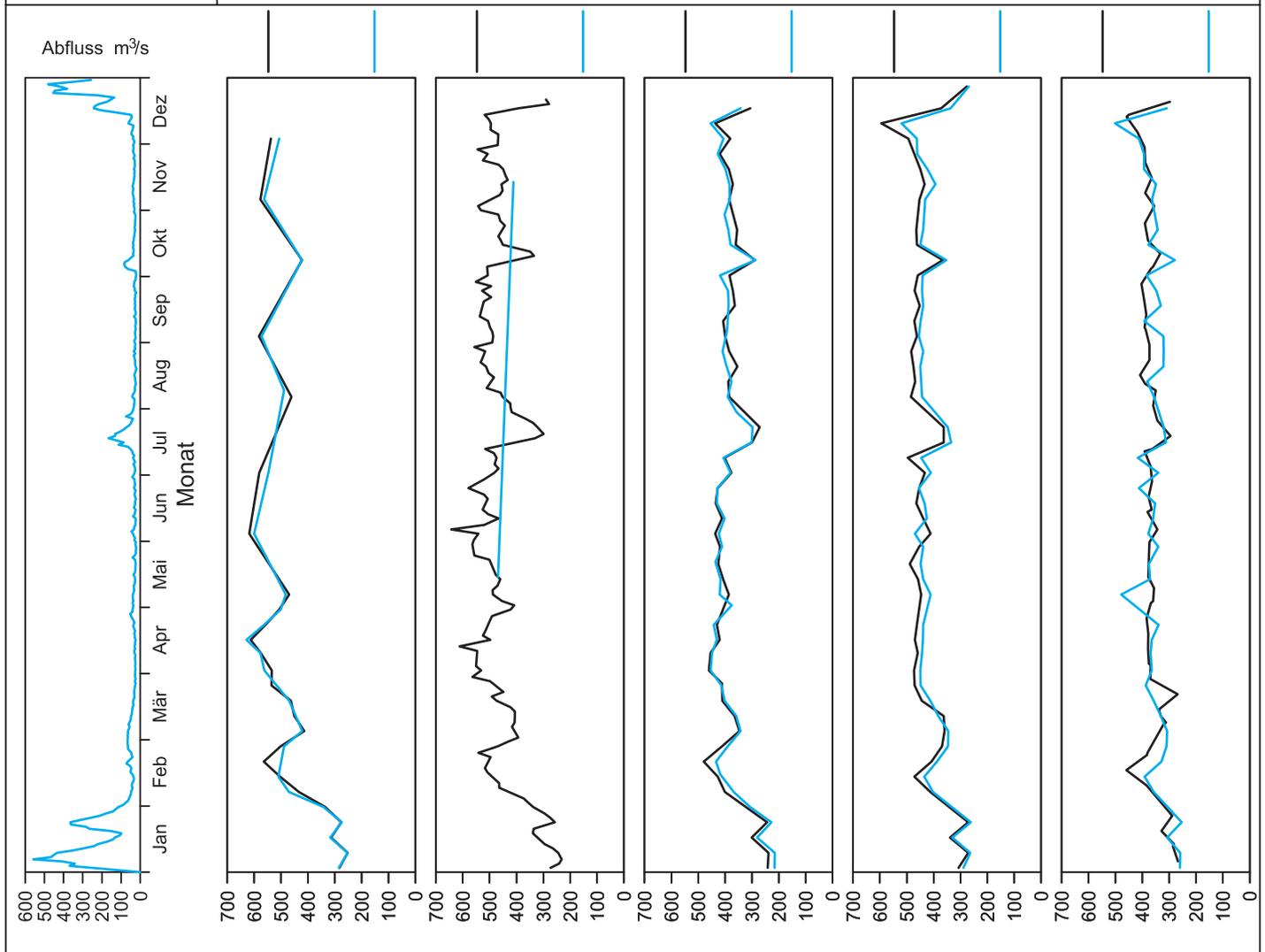


Bild 21.10: Analysenstatistik verschiedener Kenngrößen im Ruhrwasser
 Fig. 21.10: Statistics on the analysis of selected parameters in Ruhr water

Kenngröße: pH-Wert

Einheit:

Zielwert:

Probenahmestelle Ruhr-km	Styrum 11,35	Kettwig 23,47	Rellingh. 42,76	Stiepel 62,65	Witten 71,91	Hengstey 88,75	Westhof. 95,15	Hengsen 108,39	Warmen 121,17	Echthau. 128,31
Anzahl der Werte	26	25	133	2	47	51	48	48	61	47
Arith. Jahresmittel	7,95	7,85	7,94	8,00	7,86	8,01	7,77	7,86	7,88	7,94
Geom. Jahresmittel	7,94	7,84	7,94	8,00	7,85	8,00	7,77	7,86	7,88	7,94
Geom. Sommermittel	8,26	8,05	7,95	8,17	7,94	8,12	7,78	7,90	7,85	8,03
Geom. Wintermittel	7,74	7,70	7,92	7,84	7,77	7,88	7,76	7,82	7,92	7,85
Maximalwert	9,07	8,94	9,00	8,17	8,61	8,84	7,91	8,28	8,23	8,42
Datum des Max.	02.04	02.04	04.04	15.05	27.03	29.05	16.04	13.08	15.03	11.06
90-Perzentil	8,86	8,64	8,30	8,14	8,07	8,26	7,87	7,96	7,99	8,21
50-Perzentil	7,74	7,69	7,90	8,00	7,80	7,99	7,76	7,84	7,88	7,92
10-Perzentil	7,59	7,53	7,70	7,87	7,67	7,72	7,70	7,76	7,76	7,75
Minimalwert	7,42	7,43	7,50	7,84	7,59	7,36	7,52	7,69	7,71	7,70
Datum des Min.	04.06	02.07	07.05	13.11	02.01	16.01	18.06	09.07	06.09	02.01

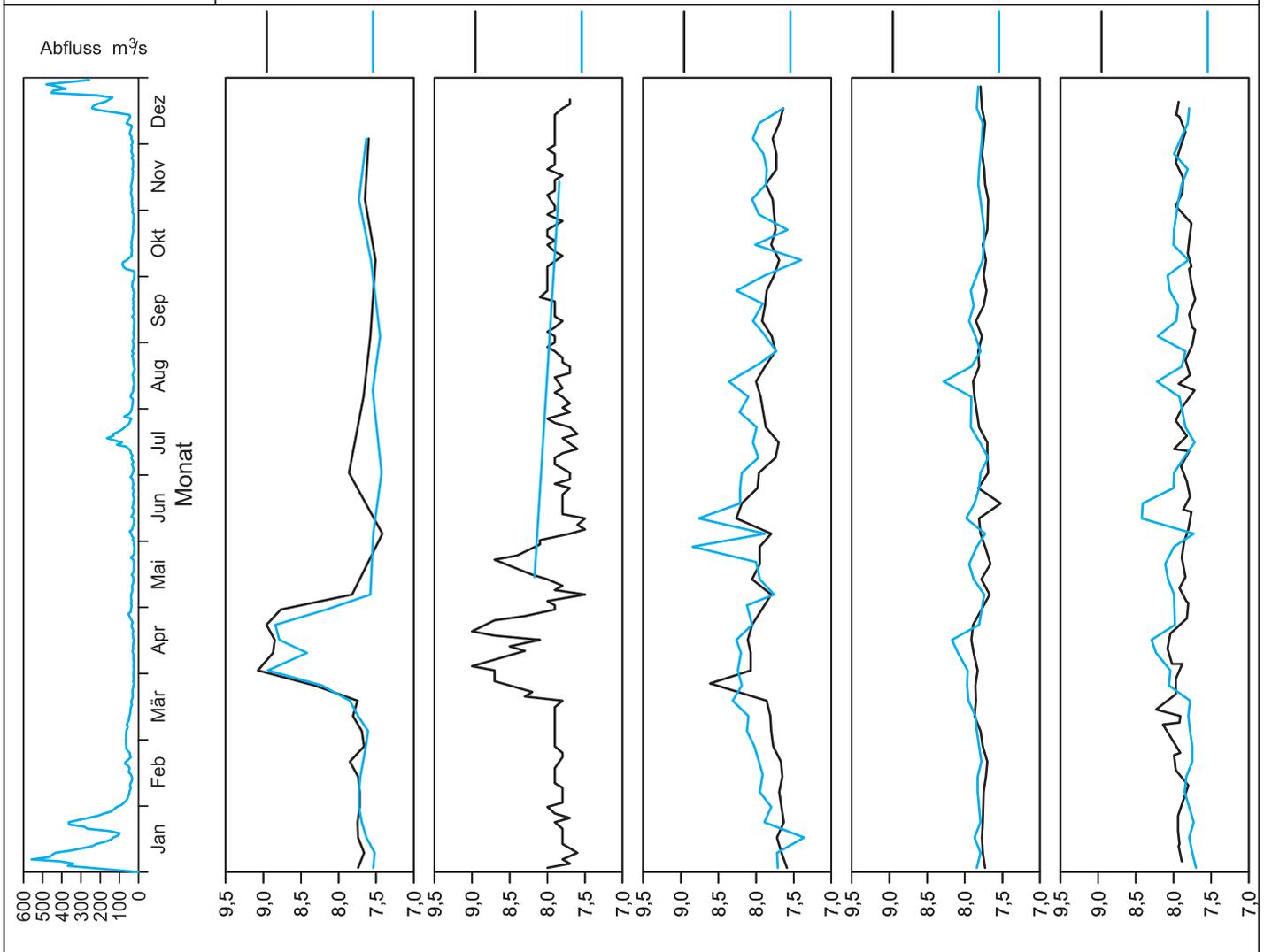


Bild 21.11: Analysenstatistik verschiedener Kenngrößen im Ruhrwasser
 Fig. 21.11: Statistics on the analysis of selected parameters in Ruhr water

Kenngröße: Trübung

Einheit: FNU

Zielwert:

Probenahmestelle Ruhr-km	Styrum 11,35	Kettwig 23,47	Rellingh. 42,76	Stiepel 62,65	Witten 71,91	Hengstey 88,75	Westhof. 95,15	Hengsen 108,39	Warmen 121,17	Echthau. 128,31
Anzahl der Werte	26	25	133		24	51	24	24	61	24
Arith. Jahresmittel	6,8	7,0	6,2		5,1	4,1	6,1	5,4	2,6	4,2
Geom. Jahresmittel	4,5	5,3	4,0		2,8	3,4	3,3	3,6	1,9	2,2
Geom. Sommermittel	5,5	6,7	4,0		2,8	3,1	2,3	2,9	1,8	1,8
Geom. Wintermittel	4,0	4,5	4,1		2,9	3,7	4,8	4,5	2,1	2,7
Maximalwert	37,4	28,4	90,0		35,0	15,7	31,6	24,1	15,7	37,0
Datum des Max.	09.01	09.01	06.01		17.12	09.01	23.01	27.12	05.01	17.12
90-Perzentil	10,4	10,0	10,1		6,9	6,7	20,1	14,3	5,8	5,7
50-Perzentil	4,1	5,5	3,5		2,4	3,6	2,7	2,9	1,5	1,6
10-Perzentil	1,7	2,3	1,6		1,3	1,5	1,2	1,5	0,9	1,1
Minimalwert	1,2	1,0	1,1		1,0	0,9	0,9	1,5	0,7	0,8
Datum des Min.	05.11	19.03	20.08		01.10	27.08	10.09	24.09	30.08	19.03

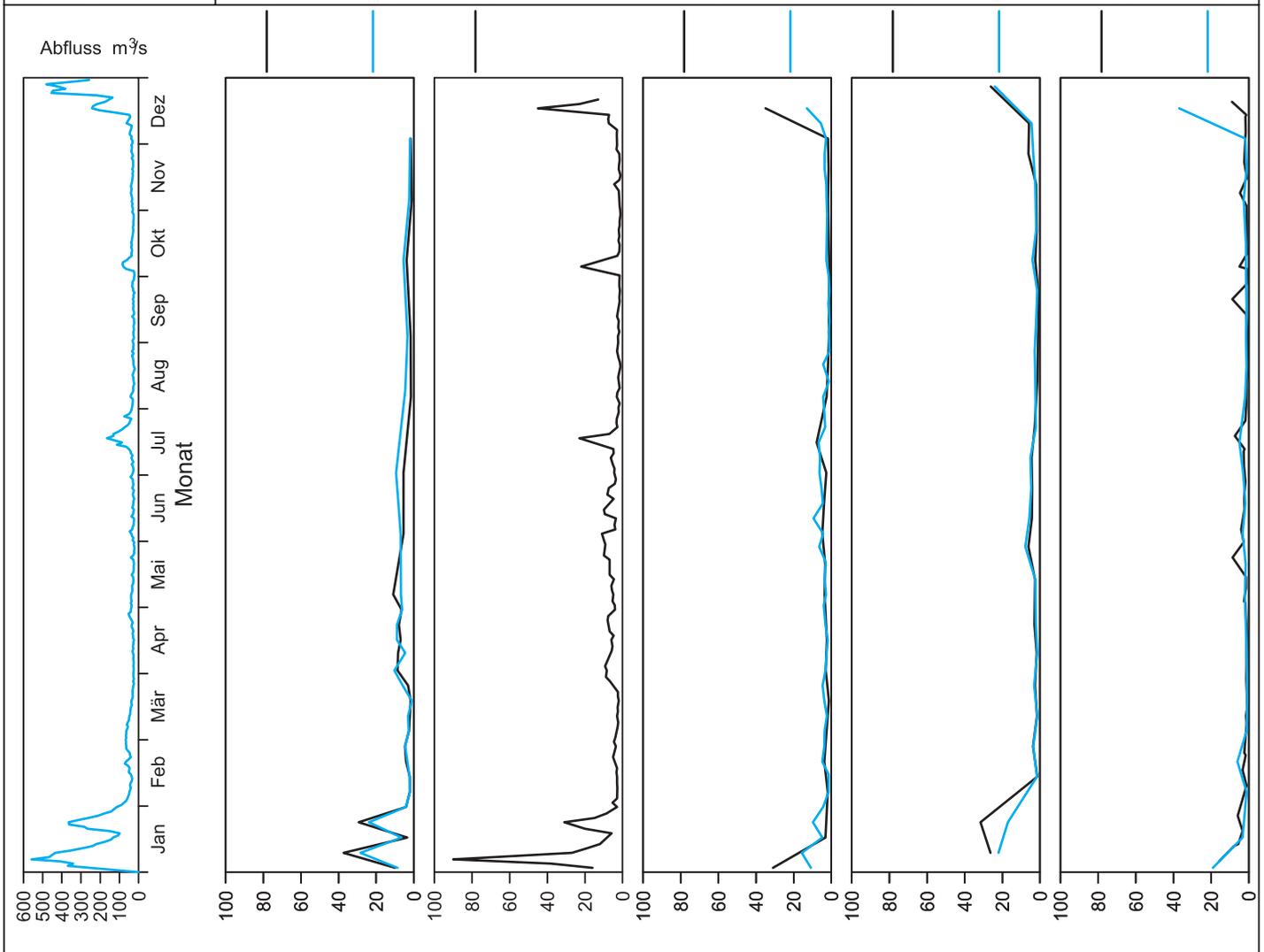


Bild 21.12: Analysenstatistik verschiedener Kenngrößen im Ruhrwasser
 Fig. 21.12: Statistics on the analysis of selected parameters in Ruhr water

Kenngröße: Chlorophyll-a

Einheit: µg/l

Zielwert:

Probenahmestelle Ruhr-km	Styrum 11,35	Kettwig 23,47	Rellingh. 42,76	Stiepel 62,65	Witten 71,91	Hengstey 88,75	Westhof. 95,15	Hengsen 108,39	Warmen 121,17	Echthau. 128,31
Anzahl der Werte	3	3	89		24	51	24	24	18	34
Arith. Jahresmittel	1,6	1,4	14,4		10,3	17,4	< 5,0	< 5,0	2,2	< 5,0
Geom. Jahresmittel	1,2	1,0	3,0		< 5,0	8,6	< 5,0	< 5,0	1,9	< 5,0
Geom. Sommermittel			3,1		6,1	15,4	< 5,0	< 5,0	2,0	< 5,0
Geom. Wintermittel	1,2	1,0	2,7		< 5,0	< 5,0	< 5,0	< 5,0	1,7	< 5,0
Maximalwert	2,4	2,0	131,0		46,9	98,0	11,8	8,9	4,7	8,5
Datum des Max.	02.01	02.01	30.03		27.03	11.06	16.04	17.12	04.05	17.12
90-Perzentil	2,4	2,0	44,0		34,4	41,1	7,0	6,7	4,0	< 5,0
50-Perzentil	2,2	1,9	3,0		< 5,0	8,8	< 5,0	< 5,0	1,8	< 5,0
10-Perzentil	< 1,0	< 1,0	< 1,0		< 5,0	< 5,0	< 5,0	< 5,0	1,1	< 5,0
Minimalwert	< 1,0	< 1,0	< 1,0		< 5,0	< 5,0	< 5,0	< 5,0	0,6	< 5,0
Datum des Min.	06.02	06.02	Mehrere		Mehrere	Mehrere	Mehrere	Mehrere	06.09	Mehrere

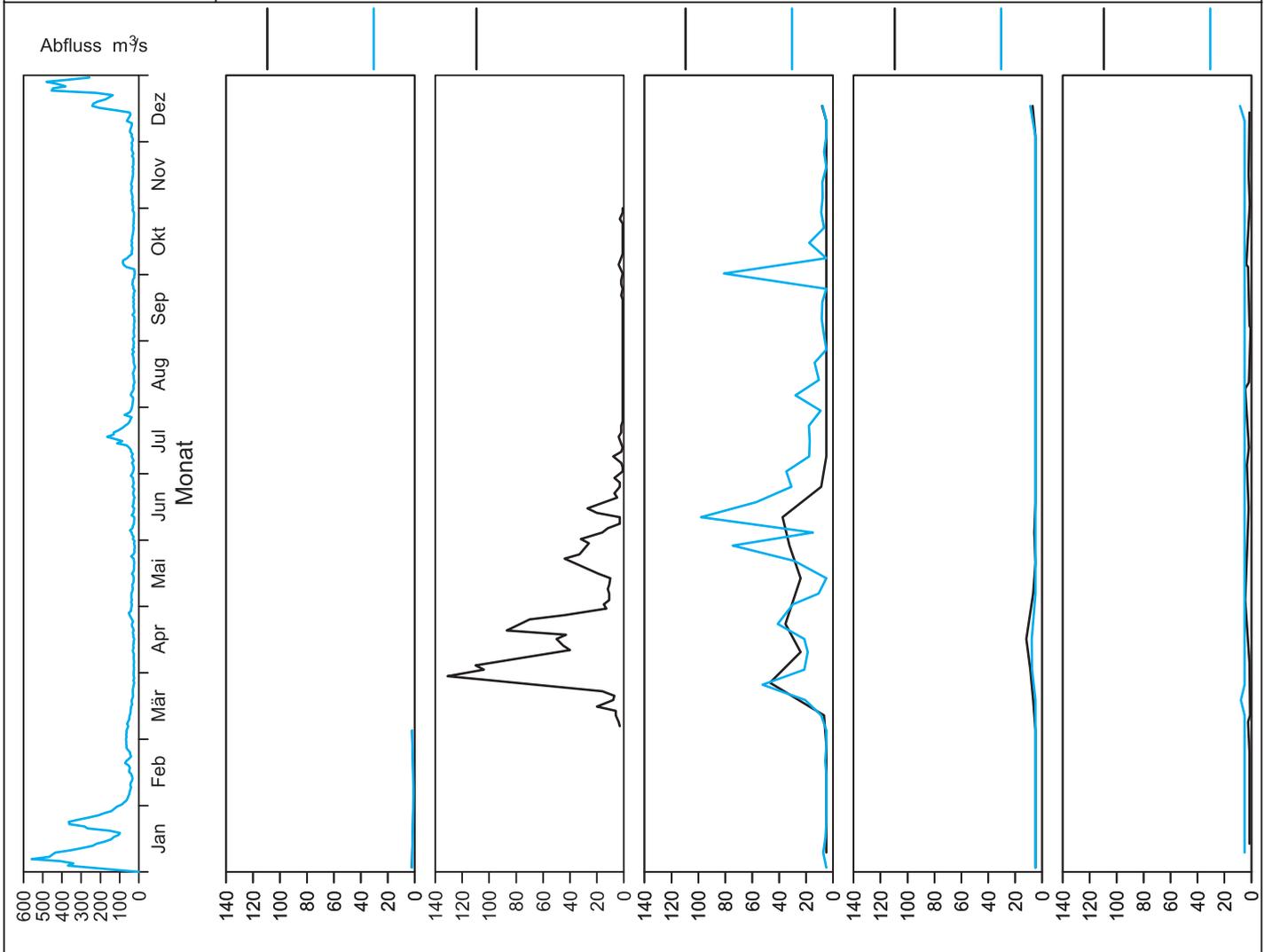


Bild 21.13: Analysenstatistik verschiedener Kenngrößen im Ruhrwasser
 Fig. 21.13: Statistics on the analysis of selected parameters in Ruhr water

Kenngröße: Coliforme Bakterien

Einheit: 1/100 ml

Zielwert: 15000 1/100 ml

Probenahmestelle Ruhr-km	Styrum 11,35	Kettwig 23,47	Rellingh. 42,76	Stiepel 62,65	Witten 71,91	Hengstey 88,75	Westhof. 95,15	Hengsen 108,39	Warmen 121,17	Echthau. 128,31
Anzahl der Werte	26	25	35		38	51	35	35	57	38
Arith. Jahresmittel	5925	3760	7240		4892	8385	10461	8062	4346	5160
Geom. Jahresmittel	1959	940	2534		1803	1713	2937	2662	1423	1859
Geom. Sommermittel	884	424	2435		1292	818	1840	1867	1214	1395
Geom. Wintermittel	3221	1599	2632		2518	3693	4819	3876	1677	2477
Maximalwert	38800	32500	50000		24000	97000	85000	67000	60000	48000
Datum des Max.	09.01	09.01	23.01		02.01	23.01	09.07	10.12	04.10	25.06
90-Perzentil	17000	8784	25600		15300	24000	28800	27400	6880	14600
50-Perzentil	2235	1050	1700		1600	1300	2300	2000	1200	1650
10-Perzentil	171	97	682		270	250	724	640	400	300
Minimalwert	110	55	440		100	80	270	110	100	200
Datum des Min.	30.04	26.03	01.10		14.05	29.05	26.03	26.03	22.11	23.04

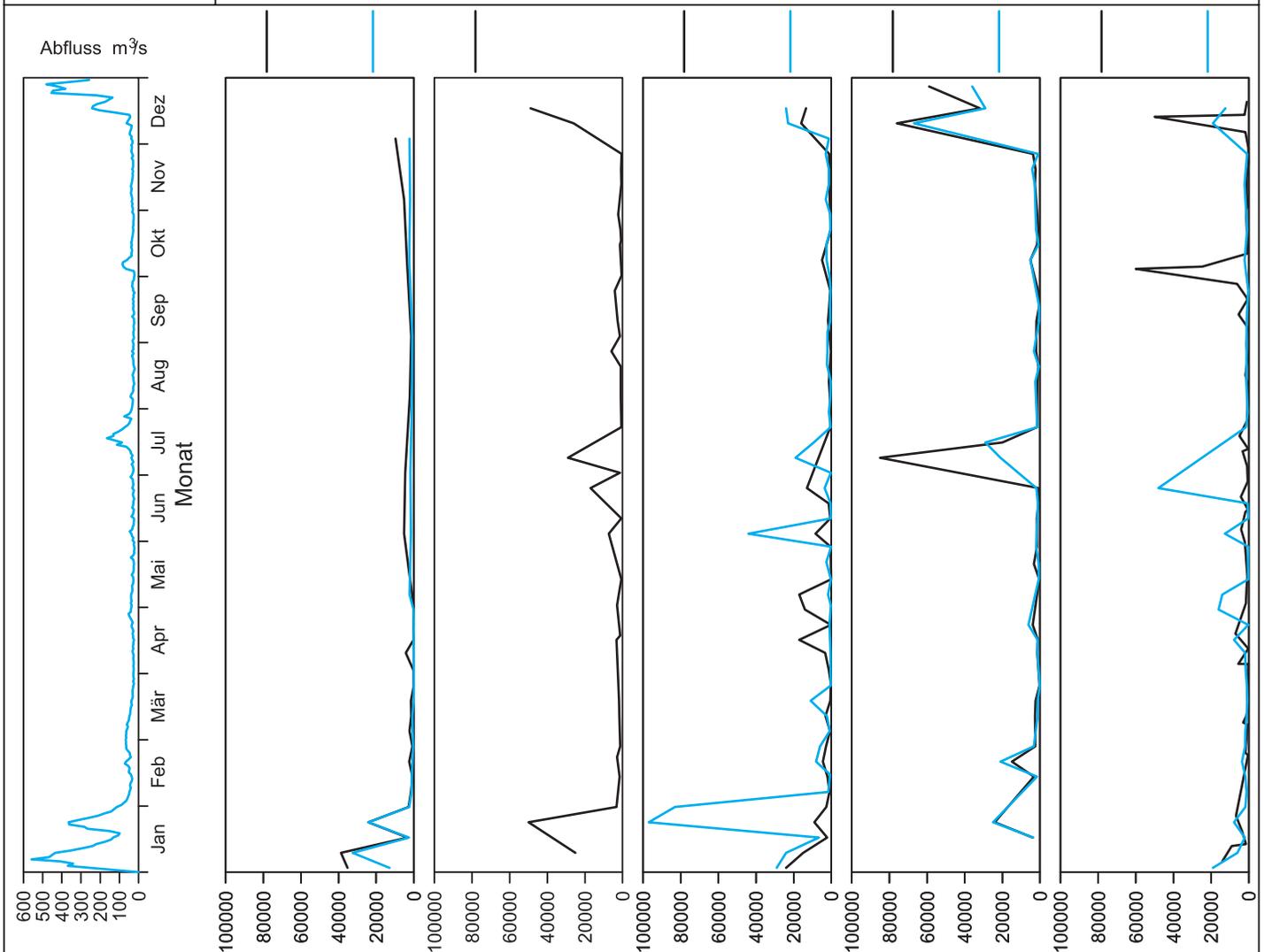


Bild 21.14: Analysenstatistik verschiedener Kenngrößen im Ruhrwasser
 Fig. 21.14: Statistics on the analysis of selected parameters in Ruhr water

Kenngröße: Gelöster Sauerstoff

Einheit: mg/l

Zielwert:

Probenahmestelle Ruhr-km	Styrum 11,35	Kettwig 23,47	Rellingh. 42,76	Stiepel 62,65	Witten 71,91	Hengstey 88,75	Westhof. 95,15	Hengsen 108,39	Warmen 121,17	Echthau. 128,31
Anzahl der Werte	26	25	133	2	46	51	48	48	61	47
Arith. Jahresmittel	11,4	10,8	10,2	11,0	10,4	10,6	9,6	9,4	10,3	10,3
Geom. Jahresmittel	11,1	10,4	10,0	11,0	10,2	10,6	9,4	9,3	10,2	10,2
Geom. Sommermittel	10,4	9,1	8,9	11,4	9,6	10,1	8,7	8,6	9,0	9,4
Geom. Wintermittel	11,6	11,3	11,7	10,6	10,9	11,0	10,3	10,1	11,6	11,2
Maximalwert	17,0	16,0	14,6	11,4	14,1	13,6	12,6	12,9	16,5	14,1
Datum des Max.	23.04	16.04	04.04	15.05	27.03	06.02	13.02	13.02	13.01	06.02
90-Perzentil	14,5	13,6	13,0	11,3	12,4	12,6	11,2	11,3	12,8	12,2
50-Perzentil	12,0	11,0	10,0	11,0	10,2	10,5	9,5	9,4	10,1	10,3
10-Perzentil	7,9	6,1	7,9	10,7	8,4	9,1	7,9	7,5	8,4	8,4
Minimalwert	5,7	5,3	6,3	10,6	7,2	7,8	4,6	4,8	6,5	7,6
Datum des Min.	04.06	04.06	20.08	13.11	27.08	27.08	20.08	20.08	04.05	25.06

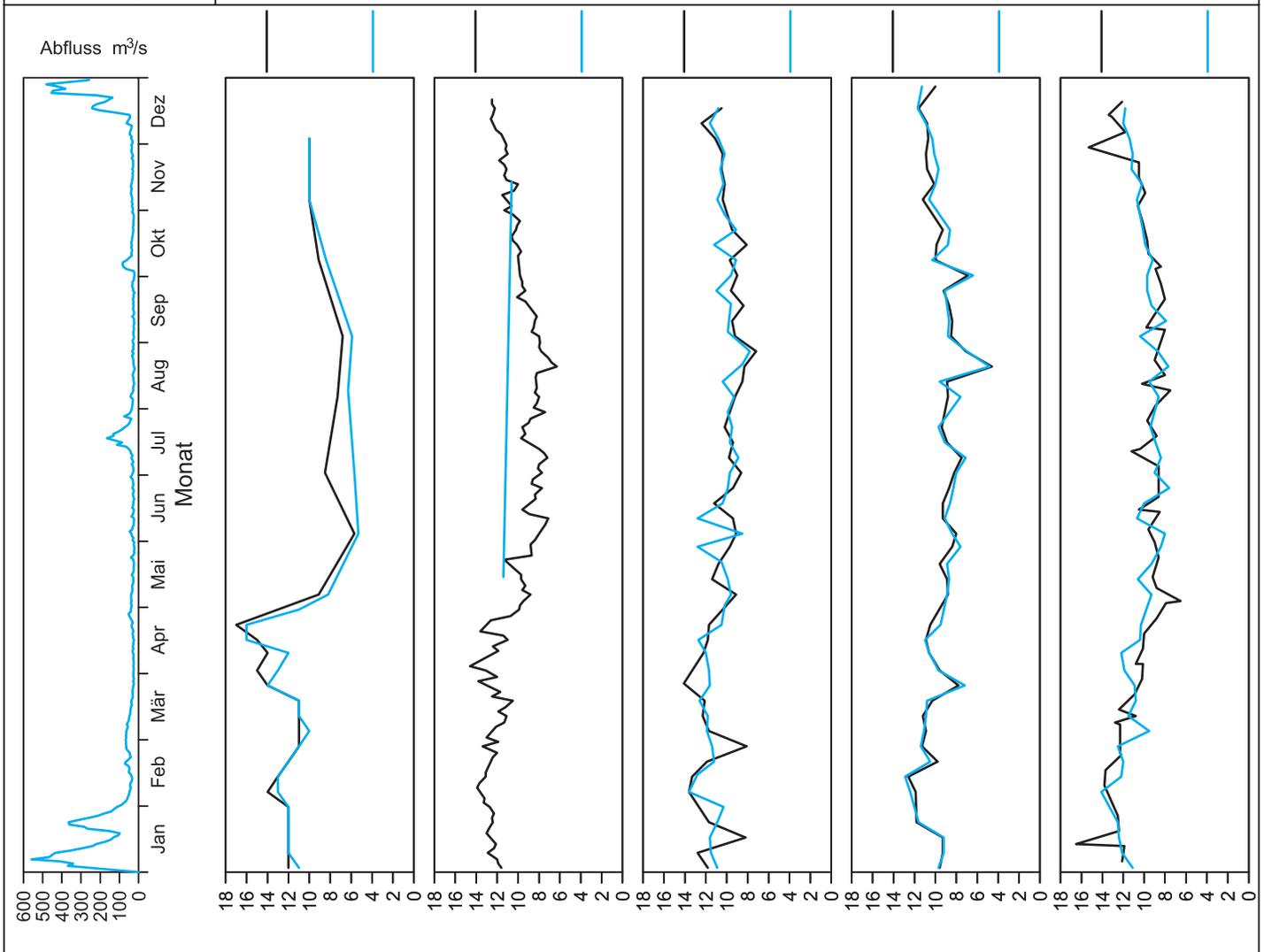


Bild 21.15: Analysenstatistik verschiedener Kenngrößen im Ruhrwasser
 Fig. 21.15: Statistics on the analysis of selected parameters in Ruhr water

Kenngröße: Gelöster organisch gebundener Kohlenstoff (DOC)

Einheit: mg/l

Zielwert: 5 mg/l

Probenahmestelle Ruhr-km	Styrum 11,35	Kettwig 23,47	Rellingh. 42,76	Stiepel 62,65	Witten 71,91	Hengstey 88,75	Westhof. 95,15	Hengsen 108,39	Warmen 121,17	Echthau. 128,31
Anzahl der Werte	26	25	133		47	51	48	48	56	47
Arith. Jahresmittel	2,4	2,2	2,5		2,6	2,3	2,7	2,8	2,4	2,7
Geom. Jahresmittel	2,3	2,2	2,4		2,6	2,3	2,7	2,7	2,3	2,7
Geom. Sommermittel	2,9	2,6	2,6		2,7	2,4	2,9	3,0	2,5	2,9
Geom. Wintermittel	2,0	1,9	2,1		2,4	2,2	2,5	2,5	2,1	2,5
Maximalwert	3,9	3,4	9,6		3,8	3,2	4,1	3,7	4,2	3,6
Datum des Max.	07.05	04.06	25.01		10.04	08.10	16.07	16.07	06.06	10.04
90-Perzentil	3,0	2,9	3,2		3,1	2,7	3,3	3,3	2,8	3,2
50-Perzentil	2,4	2,2	2,4		2,6	2,3	2,7	2,8	2,4	2,7
10-Perzentil	1,7	1,7	1,8		2,1	2,0	2,1	2,2	1,8	2,2
Minimalwert	1,6	1,2	1,4		0,8	1,8	2,0	2,1	1,7	1,9
Datum des Min.	30.01	19.03	05.12		23.04	02.01	16.01	16.01	19.01	27.02

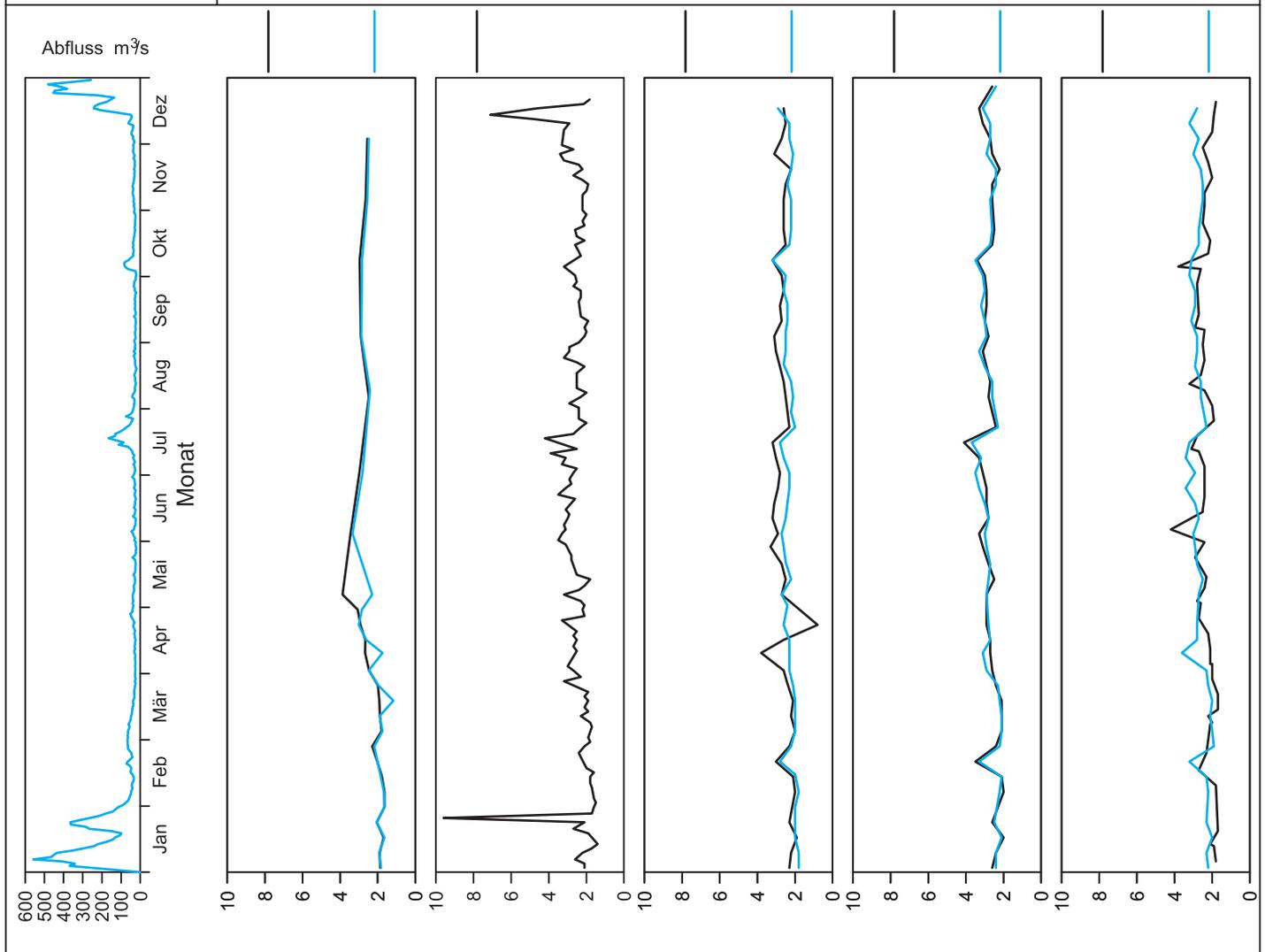


Bild 21.16: Analysenstatistik verschiedener Kenngrößen im Ruhrwasser
 Fig. 21.16: Statistics on the analysis of selected parameters in Ruhr water

Kenngröße: Spektraler Absorptionskoeffizient bei 254 nm

Einheit: 1/m

Zielwert:

Probenahmestelle Ruhr-km	Styrum 11,35	Kettwig 23,47	Rellingh. 42,76	Stiepel 62,65	Witten 71,91	Hengstey 88,75	Westhof. 95,15	Hengsen 108,39	Warmen 121,17	Echthau. 128,31
Anzahl der Werte	26	25	133	2	47	51	48	48	48	47
Arith. Jahresmittel	5,7	5,4	5,7	5,9	6,0	6,4	5,9	5,8	5,7	6,0
Geom. Jahresmittel	5,6	5,3	5,6	5,9	6,0	6,3	5,8	5,7	5,7	5,9
Geom. Sommermittel	6,2	5,9	6,2	6,0	6,4	6,6	6,0	6,1	6,1	6,3
Geom. Wintermittel	5,2	5,0	5,0	5,8	5,5	6,1	5,5	5,4	5,2	5,6
Maximalwert	7,3	7,2	9,3	6,0	8,7	9,6	11,2	9,9	8,9	9,2
Datum des Max.	08.10	08.10	23.07	15.05	16.07	16.07	16.07	16.07	19.07	16.07
90-Perzentil	6,5	6,5	6,9	6,0	7,1	7,5	7,2	7,1	6,9	7,2
50-Perzentil	5,9	5,9	5,8	5,9	6,0	6,3	5,8	5,7	5,8	5,8
10-Perzentil	4,4	4,2	4,4	5,8	5,0	5,3	4,5	4,4	4,7	4,6
Minimalwert	4,0	2,8	3,4	5,8	4,2	4,6	4,0	4,3	4,3	4,4
Datum des Min.	06.02	19.03	03.02	13.11	06.02	06.02	13.02	16.01	09.02	27.02

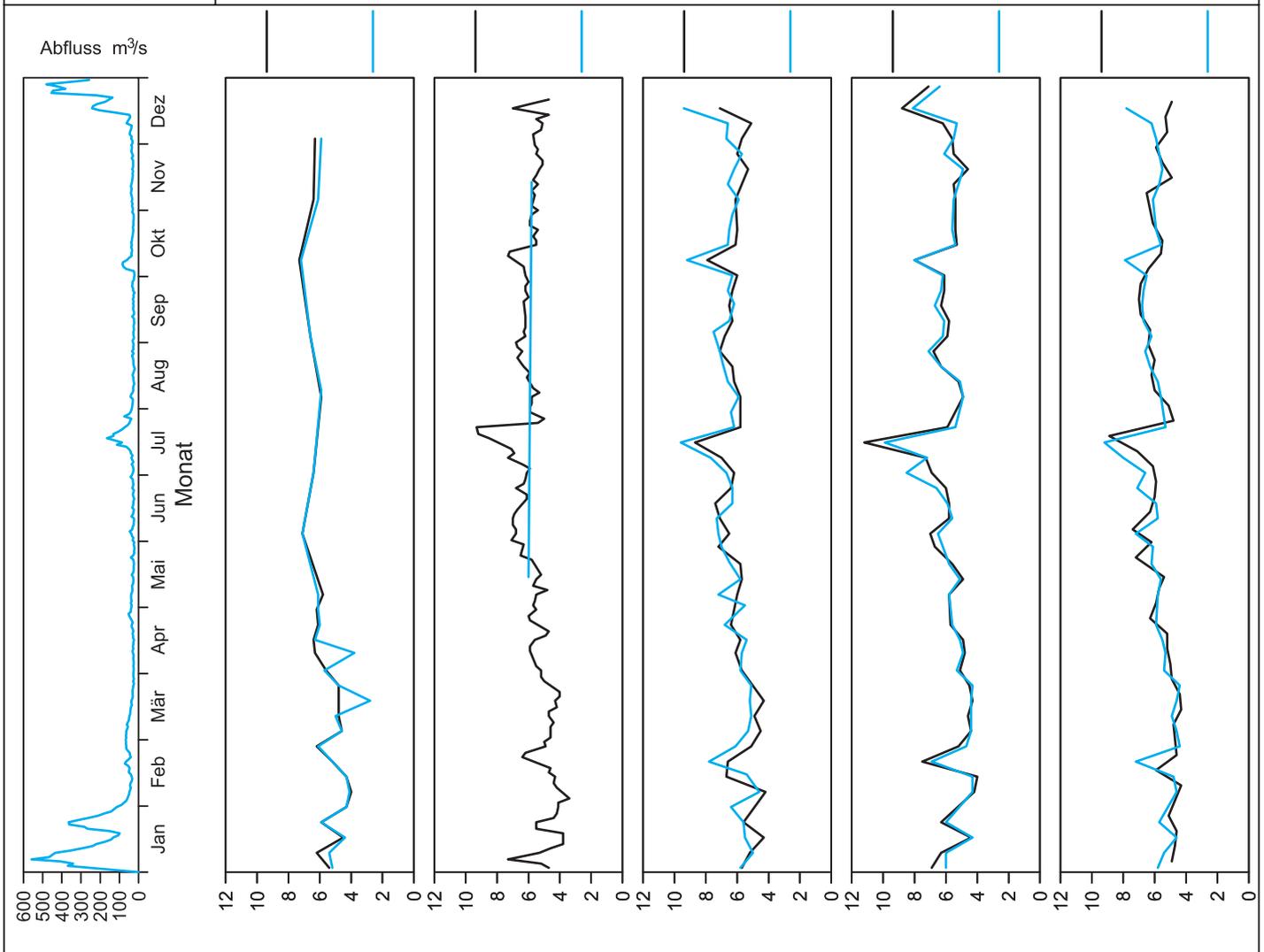


Bild 21.17: Analysenstatistik verschiedener Kenngrößen im Ruhrwasser
 Fig. 21.17: Statistics on the analysis of selected parameters in Ruhr water

Kenngröße: Spektraler Absorptionskoeffizient bei 436 nm

Einheit: 1/m

Zielwert:

Probenahmestelle Ruhr-km	Styrum	Kettwig	Rellingh.	Stiepel	Witten	Hengstey	Westhof.	Hengsen	Warmen	Echthau.
Anzahl der Werte			133			51			48	
Arith. Jahresmittel			0,32			0,42			0,33	
Geom. Jahresmittel			0,29			0,39			0,32	
Geom. Sommermittel			0,35			0,39			0,35	
Geom. Wintermittel			0,24			0,40			0,29	
Maximalwert			0,60			0,70			0,50	
Datum des Max.			18.07			16.07			19.07	
90-Perzentil			0,40			0,50			0,40	
50-Perzentil			0,30			0,40			0,30	
10-Perzentil			0,20			0,30			0,28	
Minimalwert			0,10			0,10			0,20	
Datum des Min.			13.01			04.06			12.01	

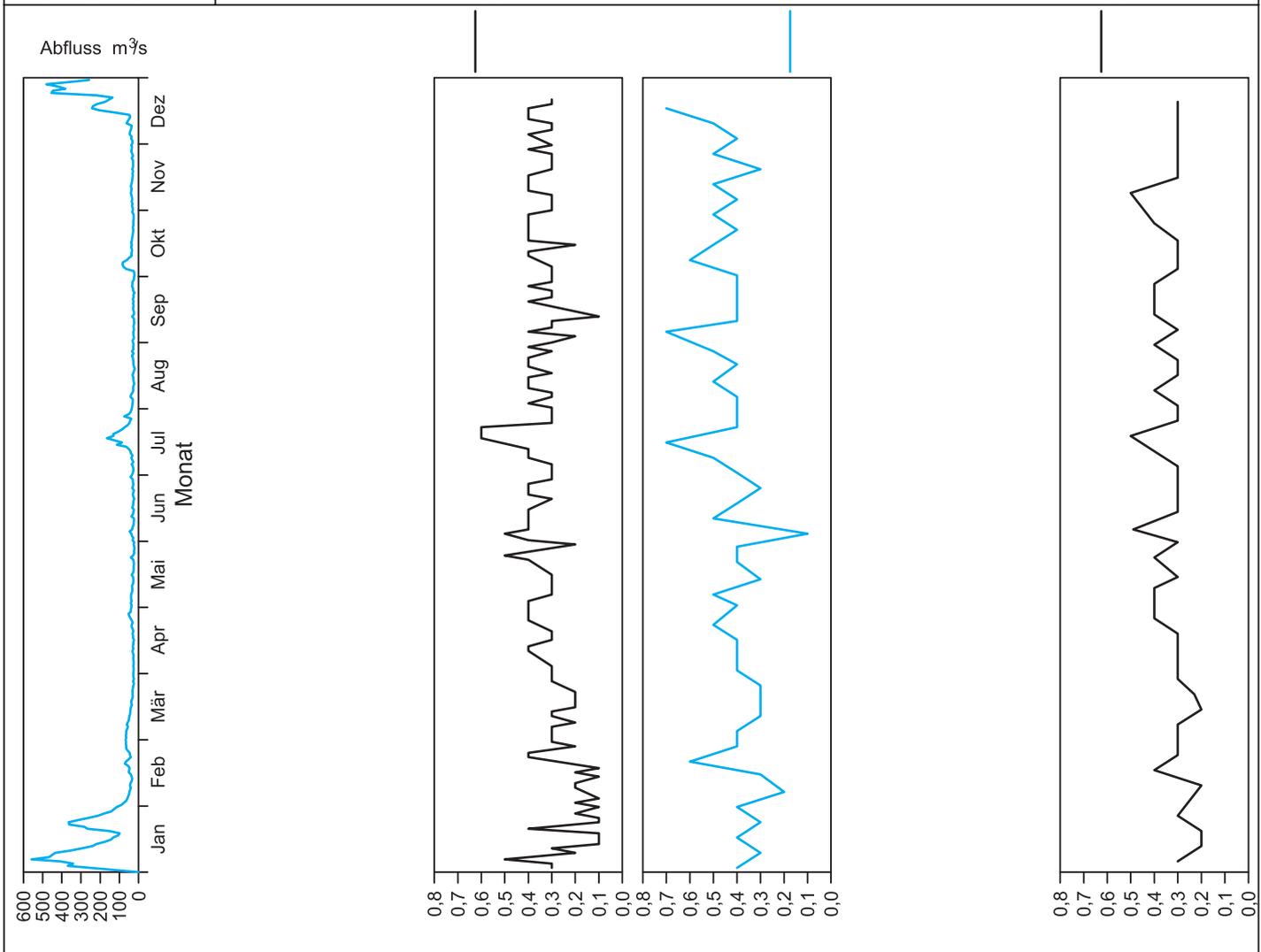


Bild 21.18: Analysenstatistik verschiedener Kenngrößen im Ruhrwasser
 Fig. 21.18: Statistics on the analysis of selected parameters in Ruhr water

Kenngröße: Ammonium

Einheit: mg/l

Zielwert: 0.6 mg/l

Probenahmestelle Ruhr-km	Styrum 11,35	Kettwig 23,47	Rellingh. 42,76	Stiepel 62,65	Witten 71,91	Hengstey 88,75	Westhof. 95,15	Hengsen 108,39	Warmen 121,17	Echthau. 128,31
Anzahl der Werte	26	25	133	2	47	51	48	48	61	47
Arith. Jahresmittel	0,08	0,09	0,06	< 0,05	0,05	0,06	0,07	0,08	0,06	0,08
Geom. Jahresmittel	0,05	0,08	0,04	< 0,05	< 0,05	0,03	< 0,05	< 0,05	0,05	0,05
Geom. Sommermittel	0,03	0,07	0,04	0,07	< 0,05	< 0,02	< 0,05	< 0,05	0,05	< 0,05
Geom. Wintermittel	0,07	0,08	0,05	< 0,05	< 0,05	0,06	0,06	0,06	0,05	0,07
Maximalwert	0,25	0,26	0,32	0,07	0,21	0,23	0,35	0,35	0,39	0,35
Datum des Max.	Mehrere	13.02	08.02	15.05	13.02	14.02	10.12	10.12	16.02	10.12
90-Perzentil	0,20	0,19	0,12	0,06	0,14	0,12	0,15	0,16	0,11	0,16
50-Perzentil	0,07	0,08	0,04	< 0,05	< 0,05	0,04	< 0,05	< 0,05	0,05	0,07
10-Perzentil	0,02	0,04	0,01	< 0,05	< 0,05	< 0,02	< 0,05	< 0,05	0,03	< 0,05
Minimalwert	< 0,02	0,03	< 0,01	< 0,05	< 0,05	< 0,02	< 0,05	< 0,05	0,01	< 0,05
Datum des Min.	Mehrere	Mehrere	Mehrere	13.11	Mehrere	Mehrere	Mehrere	Mehrere	05.10	Mehrere

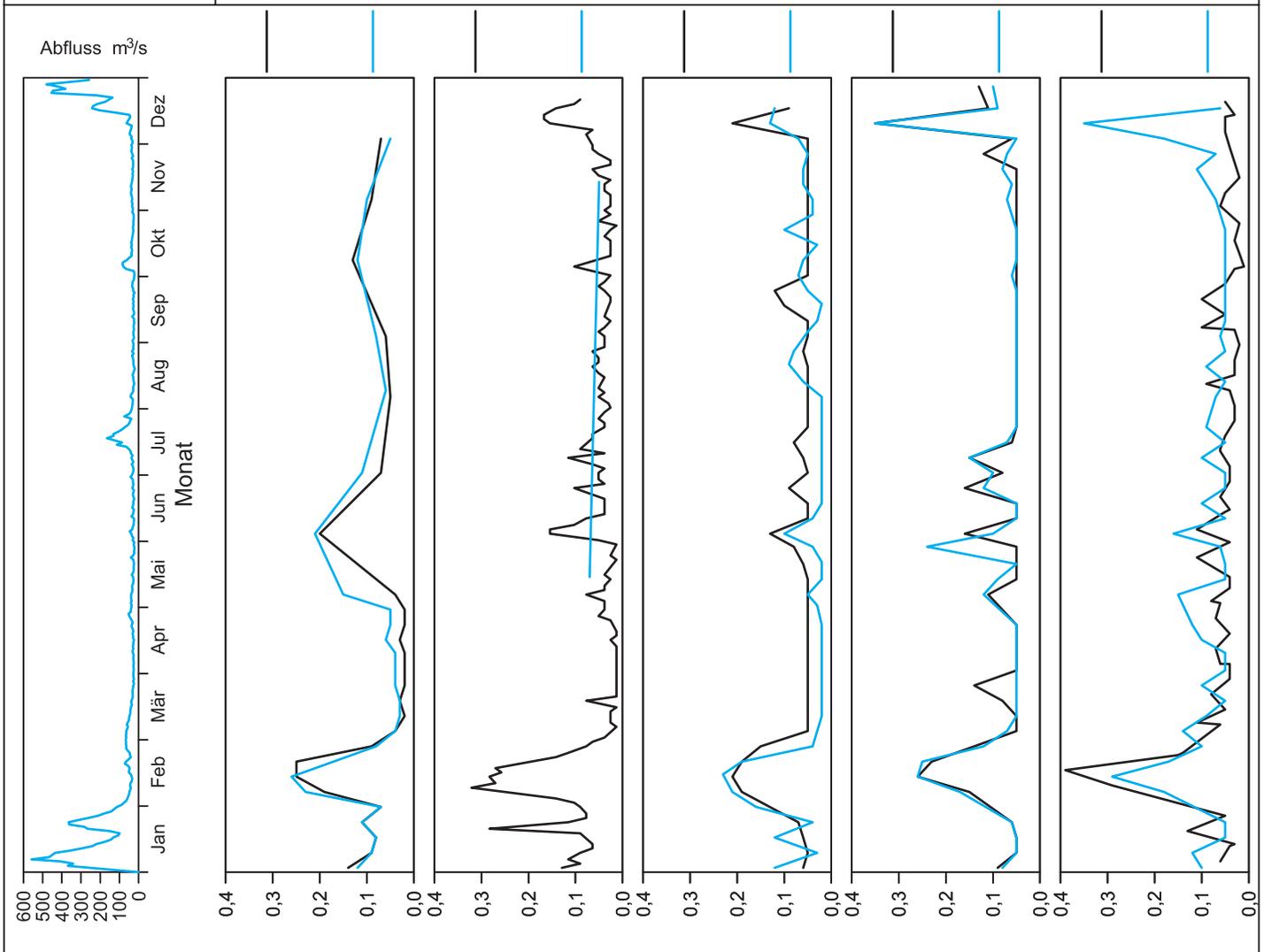


Bild 21.19: Analysenstatistik verschiedener Kenngrößen im Ruhrwasser
 Fig. 21.19: Statistics on the analysis of selected parameters in Ruhr water

Kenngröße: Nitrat

Einheit: mg/l

Zielwert: 25 mg/l

Probenahmestelle Ruhr-km	Styrum 11,35	Kettwig 23,47	Rellingh. 42,76	Stiepel 62,65	Witten 71,91	Hengstey 88,75	Westhof. 95,15	Hengsen 108,39	Warmen 121,17	Echthau. 128,31
Anzahl der Werte	26	25	133	2	47	51	48	48	61	47
Arith. Jahresmittel	13	13	12	11	12	11	14	14	11	11
Geom. Jahresmittel	12	12	12	11	12	11	14	14	11	11
Geom. Sommermittel	10	10	11	11	11	10	13	13	10	10
Geom. Wintermittel	14	14	13	12	13	12	15	14	12	12
Maximalwert	18	18	17	12	17	16	20	18	16	18
Datum des Max.	13.02	13.02	15.02	13.11	13.02	06.02	13.02	17.12	20.12	17.12
90-Perzentil	16	15	14	12	14	14	17	16	14	14
50-Perzentil	13	12	12	11	11	11	14	14	11	12
10-Perzentil	10	10	9	11	10	9	11	11	9	9
Minimalwert	9	9	9	11	9	8	10	10	8	8
Datum des Min.	04.06	04.06	Mehrere	15.05	20.08	24.09	24.09	17.09	20.09	24.09

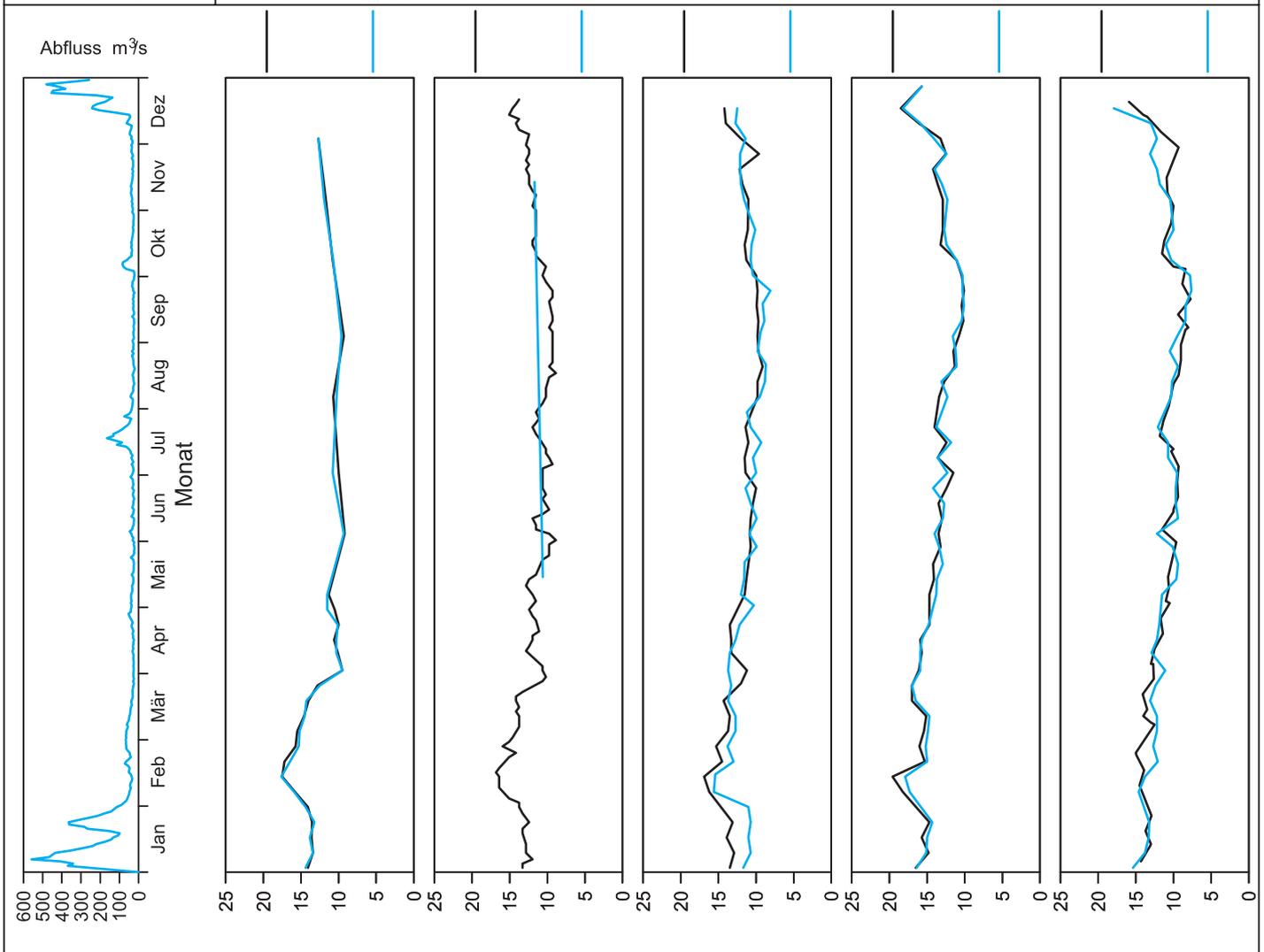


Bild 21.20: Analysenstatistik verschiedener Kenngrößen im Ruhrwasser
 Fig. 21.20: Statistics on the analysis of selected parameters in Ruhr water

Kenngröße: Gesamtes gelöstes Phosphat

Einheit: mg/l

Zielwert: 0.5 mg/l

Probenahmestelle Ruhr-km	Styrum 11,35	Kettwig 23,47	Rellingh. 42,76	Stiepel 62,65	Witten 71,91	Hengstey 88,75	Westhof. 95,15	Hengsen 108,39	Warmen 121,17	Echthau. 128,31
Anzahl der Werte	5	6	133		47	51	48	48		47
Arith. Jahresmittel	0,32	0,30	0,22		0,24	0,19	0,20	0,23		0,19
Geom. Jahresmittel	0,32	0,30	0,19		0,23	0,18	0,19	0,20		0,18
Geom. Sommermittel	0,40	0,30	0,20		0,24	0,18	0,19	0,19		0,17
Geom. Wintermittel	0,30	0,32	0,18		0,22	0,17	0,19	0,21		0,19
Maximalwert	0,40	0,40	0,43		0,37	0,44	0,37	0,92		0,46
Datum des Max.	Mehrere	Mehrere	Mehrere		09.07	04.06	Mehrere	Mehrere		10.12
90-Perzentil	0,40	0,40	0,31		0,31	0,24	0,28	0,34		0,25
50-Perzentil	0,30	0,35	0,23		0,25	0,19	0,18	0,18		0,18
10-Perzentil	0,25	0,30	0,11		0,15	0,12	0,12	0,12		0,12
Minimalwert	0,22	0,30	< 0,05		0,06	0,08	0,09	0,09		0,09
Datum des Min.	06.02	06.02	Mehrere		27.03	Mehrere	Mehrere	10.09		24.09

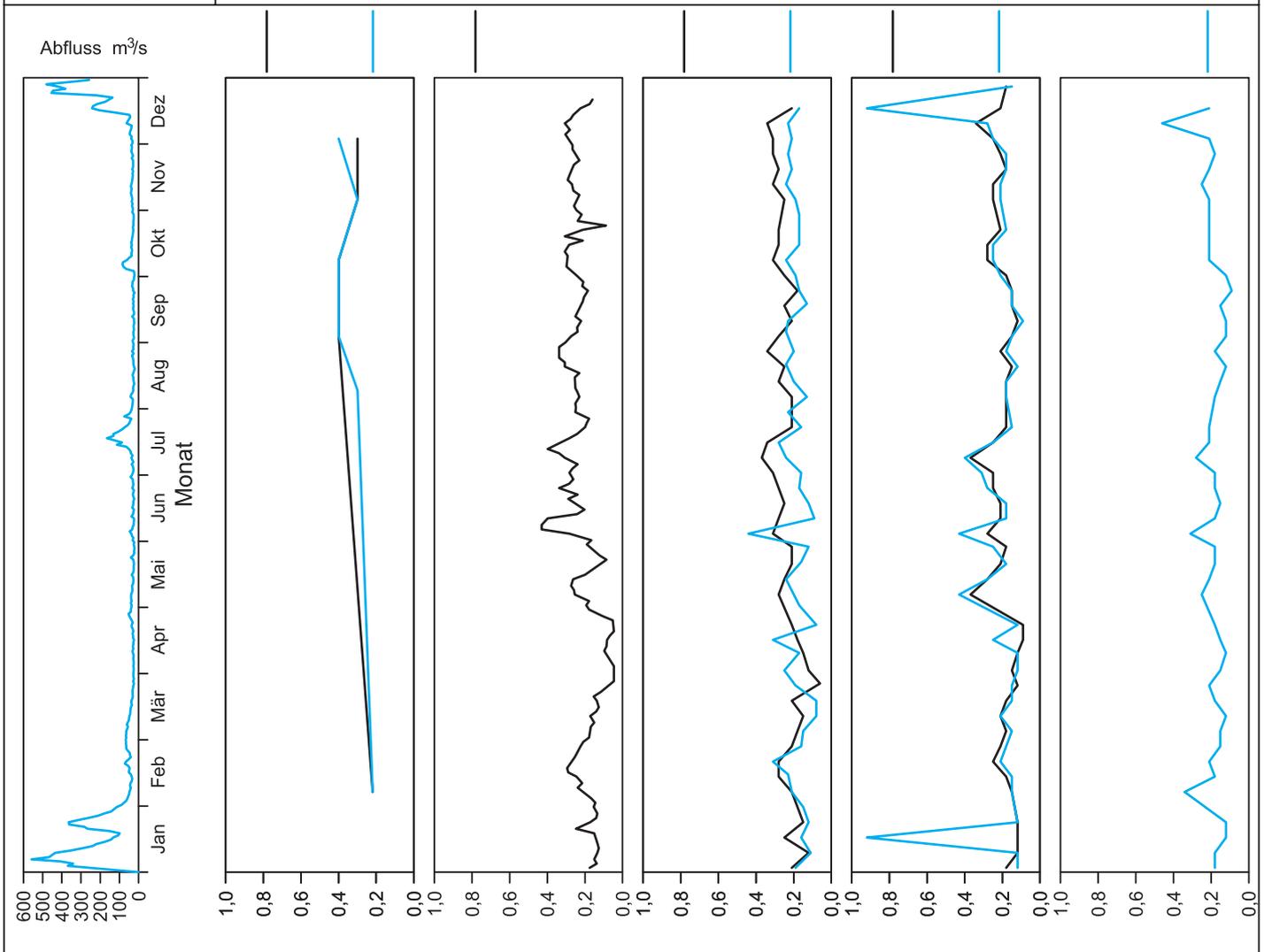


Bild 21.21: Analysenstatistik verschiedener Kenngrößen im Ruhrwasser
 Fig. 21.21: Statistics on the analysis of selected parameters in Ruhr water

Kenngröße: Cadmium

Einheit: µg/l

Zielwert: 1 µg/l

Probenahmestelle Ruhr-km	Styrum 11,35	Kettwig 23,47	Rellingh. 42,76	Stiepel 62,65	Witten 71,91	Hengstey 88,75	Westhof. 95,15	Hengsen 108,39	Warmen 121,17	Echthau. 128,31
Anzahl der Werte	12	12	133		26	51	26	26	23	25
Arith. Jahresmittel	< 0,10	< 0,10	0,09		< 0,30	< 0,20	< 0,30	< 0,30	0,14	< 0,30
Geom. Jahresmittel	< 0,10	< 0,10	0,08		< 0,30	< 0,20	< 0,30	< 0,30	0,10	< 0,30
Geom. Sommermittel	< 0,10	< 0,10	0,09		< 0,30	< 0,20	< 0,30	< 0,30	0,10	< 0,30
Geom. Wintermittel	< 0,10	< 0,10	0,06		< 0,30	< 0,20	< 0,30	< 0,30	0,10	< 0,30
Maximalwert	0,14	0,14	0,82		< 0,30	0,30	< 0,30	< 0,30	1,60	< 0,30
Datum des Max.	02.01	02.04	06.01		Mehrere	16.04	Mehrere	Mehrere	12.03	Mehrere
90-Perzentil	0,11	0,12	0,14		< 0,30	< 0,20	< 0,30	< 0,30	0,10	< 0,30
50-Perzentil	< 0,10	< 0,10	0,08		< 0,30	< 0,20	< 0,30	< 0,30	0,10	< 0,30
10-Perzentil	< 0,10	< 0,10	0,05		< 0,30	< 0,20	< 0,30	< 0,30	0,10	< 0,30
Minimalwert	< 0,10	< 0,10	< 0,05		< 0,30	< 0,20	< 0,30	< 0,30	0,10	< 0,30
Datum des Min.	Mehrere	Mehrere	Mehrere		Mehrere	Mehrere	Mehrere	Mehrere	Mehrere	Mehrere

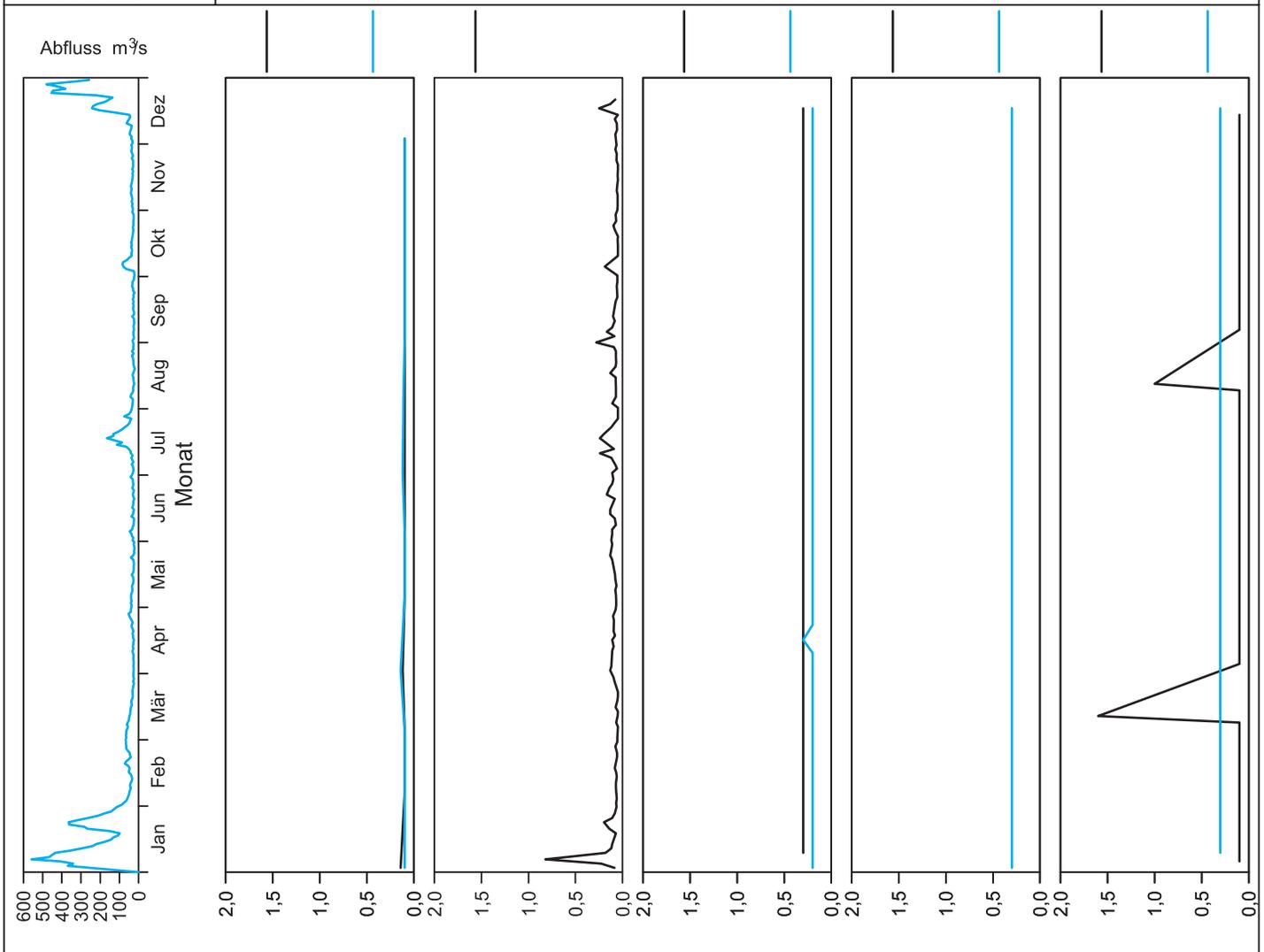


Bild 21.22: Analysenstatistik verschiedener Kenngrößen im Ruhrwasser
 Fig. 21.22: Statistics on the analysis of selected parameters in Ruhr water

Kenngröße: Chrom

Einheit: µg/l

Zielwert:

Probenahmestelle Ruhr-km	Styrum 11,35	Kettwig 23,47	Rellingh. 42,76	Stiepel 62,65	Witten 71,91	Hengstey 88,75	Westhof. 95,15	Hengsen 108,39	Warmen 121,17	Echthau. 128,31
Anzahl der Werte	17	17	133		26	51	26	26	13	25
Arith. Jahresmittel	< 1,0	< 1,0	< 1,0		< 2,0	< 2,0	< 2,0	< 2,0	< 1,0	< 2,0
Geom. Jahresmittel	< 1,0	< 1,0	< 1,0		< 2,0	< 2,0	< 2,0	< 2,0	< 1,0	< 2,0
Geom. Sommermittel	< 1,0	< 1,0	< 1,0		< 2,0	< 2,0	< 2,0	< 2,0	< 1,0	< 2,0
Geom. Wintermittel	< 1,0	< 1,0	< 1,0		< 2,0	< 2,0	< 2,0	< 2,0	< 1,0	< 2,0
Maximalwert	2,0	1,3	7,9		2,0	< 2,0	< 2,0	< 2,0	< 1,0	< 2,0
Datum des Max.	Mehrere	02.04	06.01		09.01	Mehrere	Mehrere	Mehrere	Mehrere	Mehrere
90-Perzentil	1,6	1,1	1,3		< 2,0	< 2,0	< 2,0	< 2,0	< 1,0	< 2,0
50-Perzentil	1,0	1,0	< 1,0		< 2,0	< 2,0	< 2,0	< 2,0	< 1,0	< 2,0
10-Perzentil	< 1,0	< 1,0	< 1,0		< 2,0	< 2,0	< 2,0	< 2,0	< 1,0	< 2,0
Minimalwert	< 1,0	< 1,0	< 1,0		< 2,0	< 2,0	< 2,0	< 2,0	< 1,0	< 2,0
Datum des Min.	Mehrere	Mehrere	Mehrere		Mehrere	Mehrere	Mehrere	Mehrere	Mehrere	Mehrere

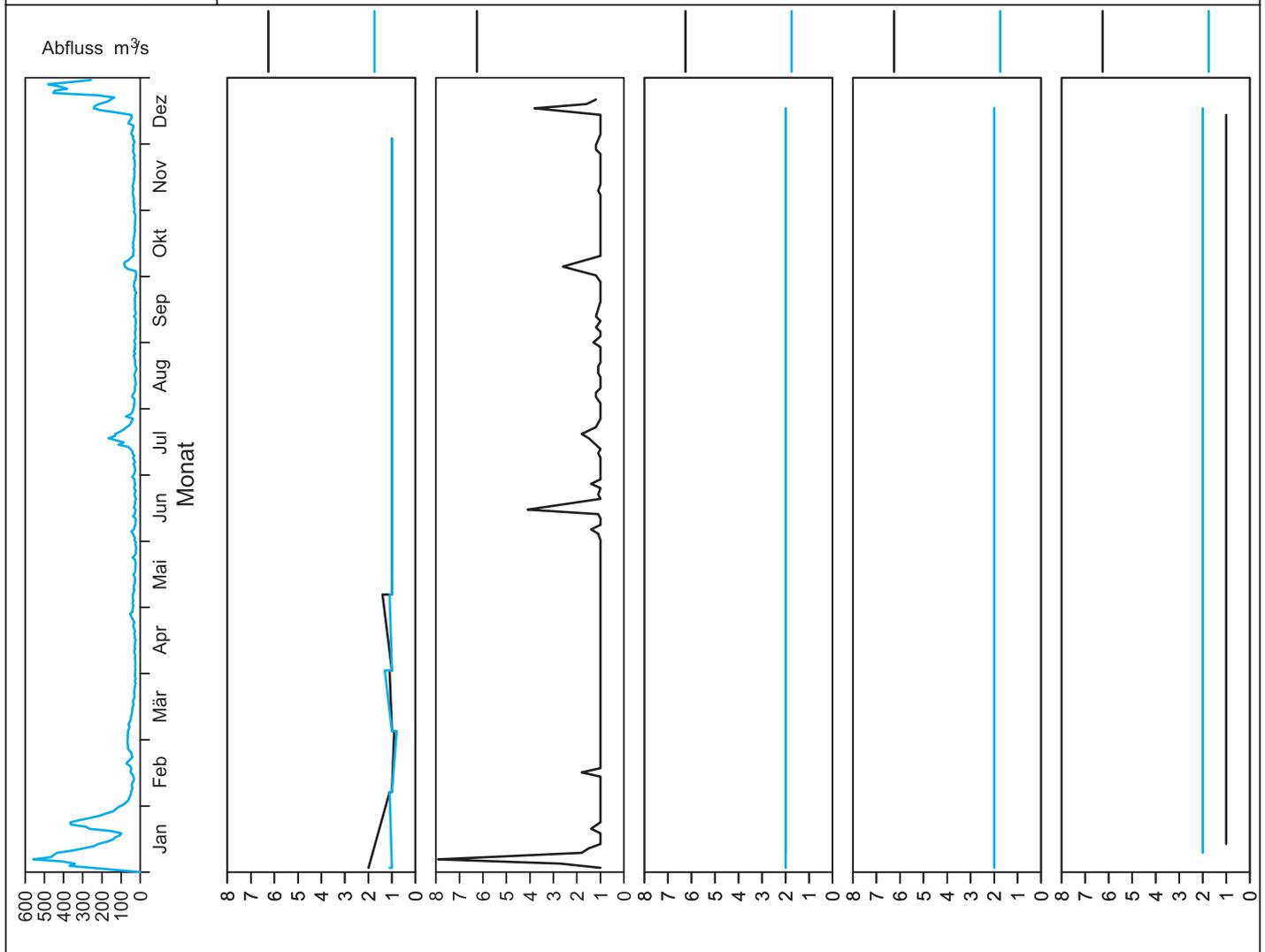


Bild 21.23: Analysenstatistik verschiedener Kenngrößen im Ruhrwasser
 Fig. 21.23: Statistics on the analysis of selected parameters in Ruhr water

Kenngröße: Nickel
Zielwert: 10 µg/l

Einheit: µg/l

Probenahmestelle Ruhr-km	Styrum 11,35	Kettwig 23,47	Rellingh. 42,76	Stiepel 62,65	Witten 71,91	Hengstey 88,75	Westhof. 95,15	Hengsen 108,39	Warmen 121,17	Echthau. 128,31
Anzahl der Werte	12	12	133		26	51	26	26	23	25
Arith. Jahresmittel	3,4	3,6	3,8		2,9	2,1	2,2	< 2,0	1,7	2,1
Geom. Jahresmittel	3,4	3,5	3,5		2,8	< 2,0	2,0	< 2,0	1,5	< 2,0
Geom. Sommermittel	3,7	4,0	4,0		2,9	< 2,0	2,1	< 2,0	1,9	< 2,0
Geom. Wintermittel	3,1	3,1	3,0		2,7	< 2,0	< 2,0	< 2,0	1,2	< 2,0
Maximalwert	4,9	4,6	17,0		5,0	4,9	3,0	4,0	3,2	5,0
Datum des Max.	04.06	04.06	27.06		17.12	14.02	Mehrere	17.12	04.10	26.03
90-Perzentil	4,2	4,4	5,1		3,5	3,3	3,0	3,0	2,2	3,0
50-Perzentil	3,2	3,6	3,3		3,0	2,4	2,0	2,0	1,9	2,0
10-Perzentil	2,7	2,6	2,4		2,0	< 2,0	< 2,0	< 2,0	1,0	< 2,0
Minimalwert	2,7	2,4	2,0		2,0	< 2,0	< 2,0	< 2,0	< 1,0	< 2,0
Datum des Min.	Mehrere	02.01	21.03		Mehrere	Mehrere	Mehrere	Mehrere	13.01	Mehrere

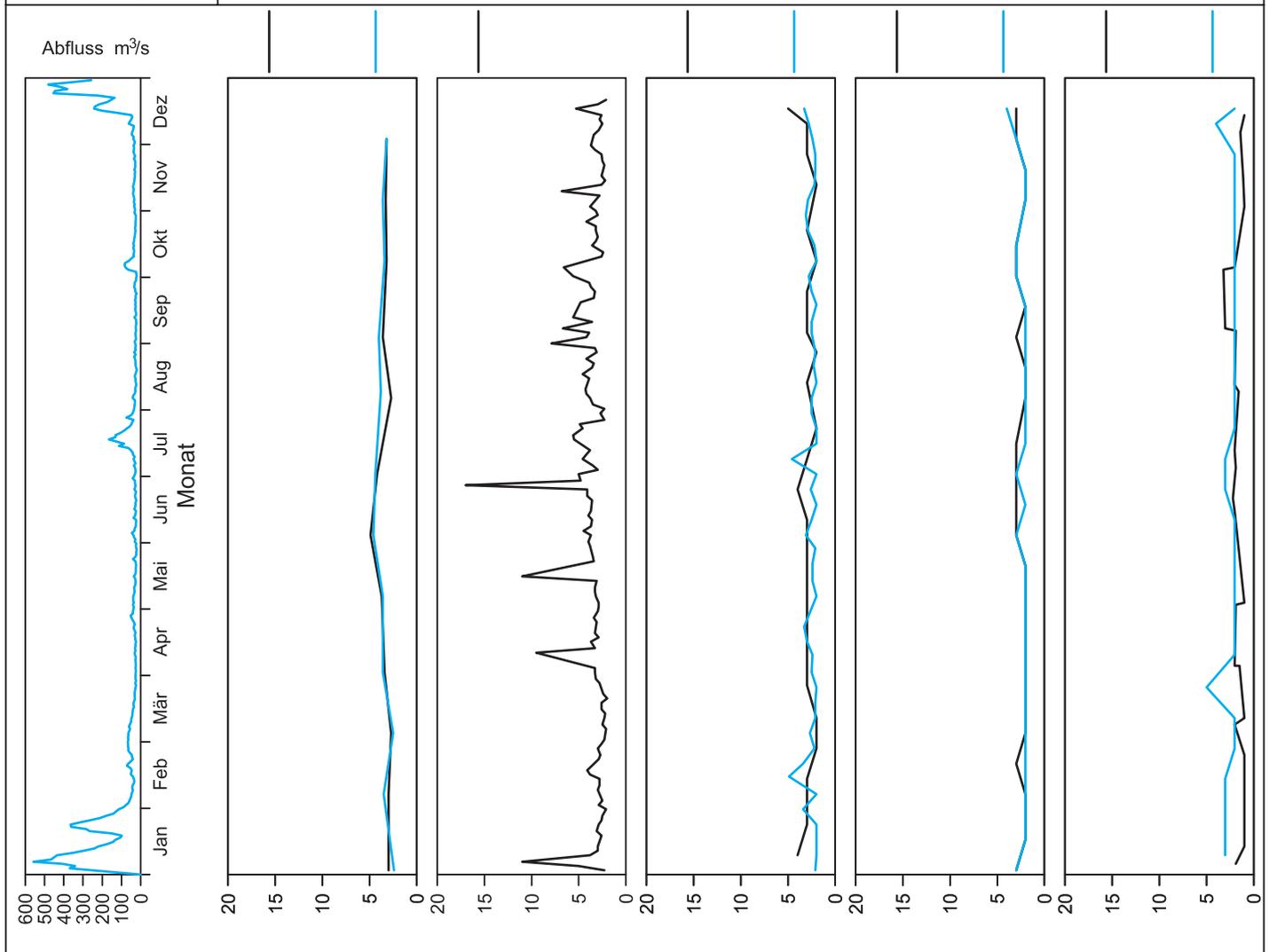


Bild 21.24: Analysenstatistik verschiedener Kenngrößen im Ruhrwasser
Fig. 21.24: Statistics on the analysis of selected parameters in Ruhr water

Kenngröße: Gelöstes Mangan

Einheit: µg/l

Zielwert:

Probenahmestelle Ruhr-km	Styrum 11,35	Kettwig 23,47	Rellingh. 42,76	Stiepel 62,65	Witten 71,91	Hengstey 88,75	Westhof. 95,15	Hengsen 108,39	Warmen 121,17	Echthau. 128,31
Anzahl der Werte			131		47	51	48	48	21	47
Arith. Jahresmittel			12		11	23	12	12	25	17
Geom. Jahresmittel			< 10		8	16	9	10	21	12
Geom. Sommermittel			< 10		5	11	7	8	26	10
Geom. Wintermittel			15		14	25	12	12	17	14
Maximalwert			46		31	88	38	44	63	198
Datum des Max.			13.02		13.02	Mehrere	24.09	22.10	20.09	22.10
90-Perzentil			27		20	42	20	18	37	19
50-Perzentil			11		11	22	12	10	23	12
10-Perzentil			< 10		2	< 10	3	6	< 10	8
Minimalwert			< 10		< 2	< 10	< 2	< 2	< 10	< 2
Datum des Min.			Mehrere		Mehrere	Mehrere	Mehrere	Mehrere	12.03	Mehrere

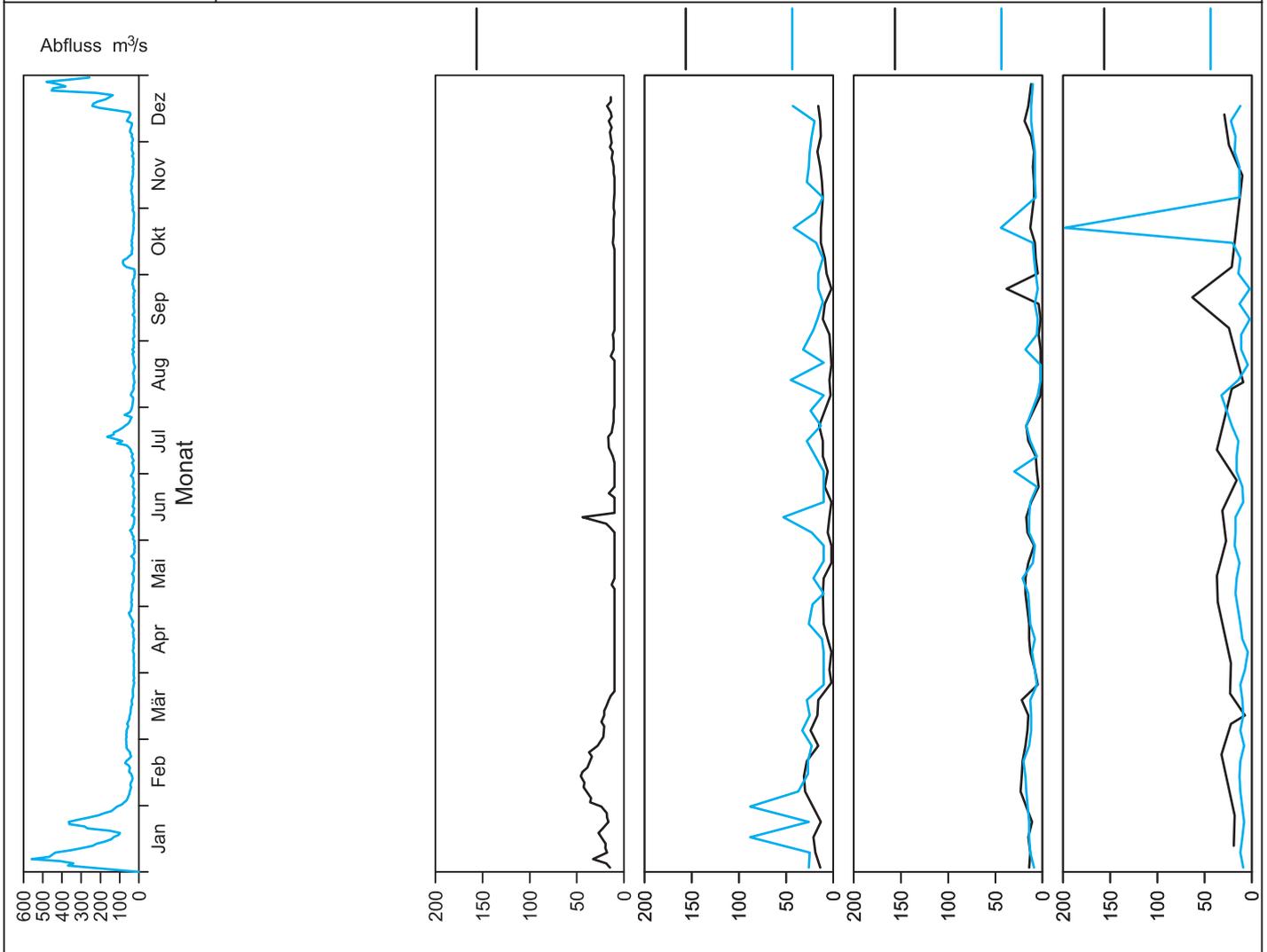


Bild 21.25: Analysenstatistik verschiedener Kenngrößen im Ruhrwasser
 Fig. 21.25: Statistics on the analysis of selected parameters in Ruhr water

Kenngröße: Chlorid

Einheit: mg/l

Zielwert:

Probenahmestelle Ruhr-km	Styrum 11,35	Kettwig 23,47	Rellingh. 42,76	Stiepel 62,65	Witten 71,91	Hengstey 88,75	Westhof. 95,15	Hengsen 108,39	Warmen 121,17	Echthau. 128,31
Anzahl der Werte	26	25	133	2	47	50	48	48	61	47
Arith. Jahresmittel	53	54	51	50	38	38	41	36	29	28
Geom. Jahresmittel	49	50	48	50	36	37	39	35	28	27
Geom. Sommermittel	67	70	56	56	40	40	43	38	29	29
Geom. Wintermittel	41	40	40	44	33	34	35	31	27	26
Maximalwert	80	83	91	56	62	56	87	68	55	58
Datum des Max.	04.06	09.08	06.06	15.05	20.02	20.02	10.12	10.12	16.02	10.12
90-Perzentil	75	75	69	55	45	45	49	45	37	36
50-Perzentil	56	55	54	50	39	40	43	38	29	28
10-Perzentil	24	24	28	45	24	25	24	23	21	20
Minimalwert	18	18	17	44	16	16	16	16	16	14
Datum des Min.	09.01	09.01	06.01	13.11	Mehrere	09.01	09.01	Mehrere	19.07	02.01

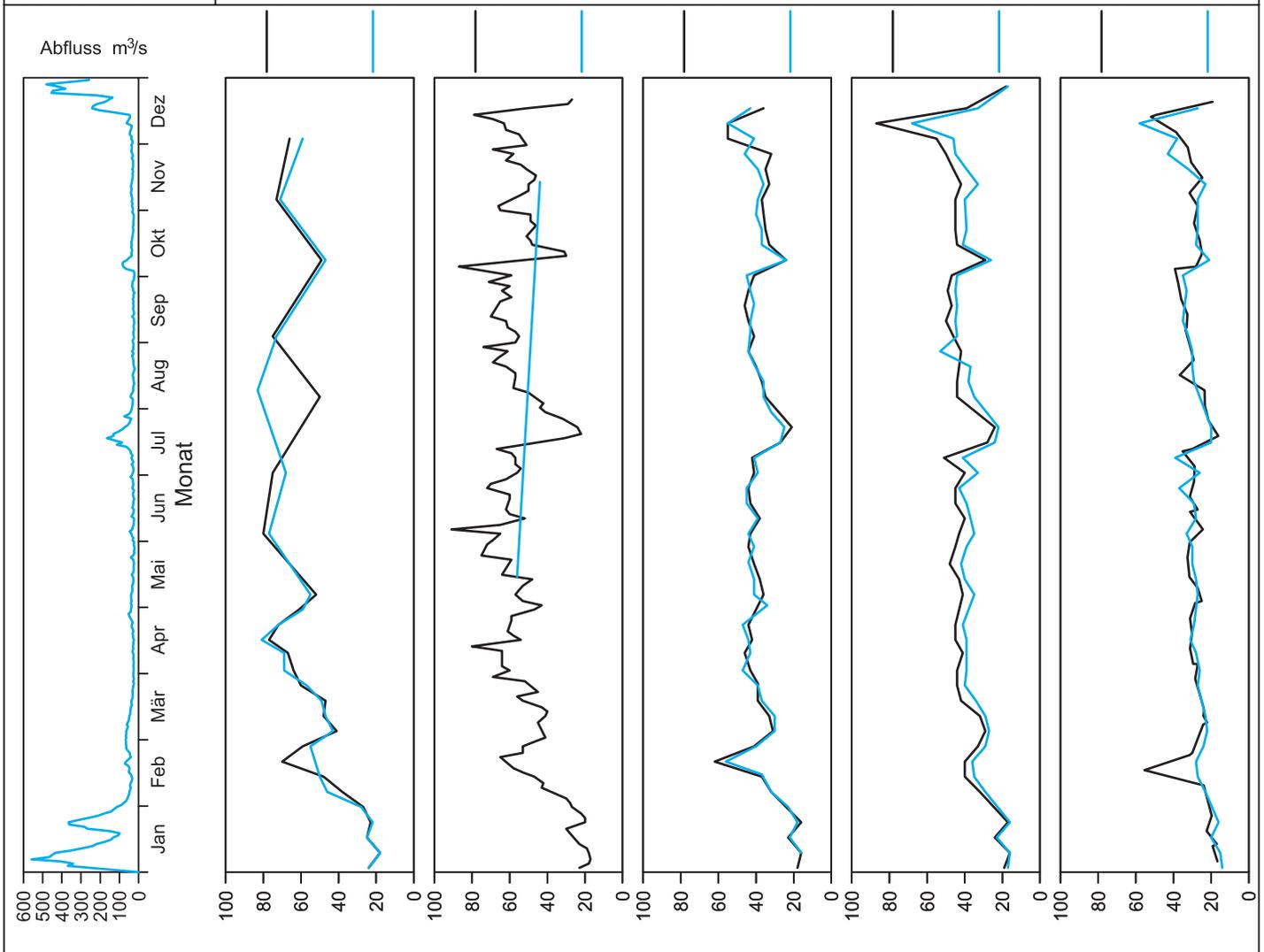


Bild 21.26: Analysenstatistik verschiedener Kenngrößen im Ruhrwasser
 Fig. 21.26: Statistics on the analysis of selected parameters in Ruhr water

Kenngröße: Adsorbierbare organisch gebundene Halogene (AOX)

Einheit: µg/l

Zielwert:

Probenahmestelle Ruhr-km	Styrum 11,35	Kettwig 23,47	Rellingh. 42,76	Stiepel 62,65	Witten 71,91	Hengstey 88,75	Westhof. 95,15	Hengsen 108,39	Warmen 121,17	Echthau. 128,31
Anzahl der Werte			133		26		26	26	13	25
Arith. Jahresmittel			7,7		< 10,0		< 10,0	< 10,0	< 10,0	< 10,0
Geom. Jahresmittel			6,9		< 10,0		< 10,0	< 10,0	< 10,0	< 10,0
Geom. Sommermittel			6,9		< 10,0		< 10,0	< 10,0	< 10,0	< 10,0
Geom. Wintermittel			6,9		< 10,0		< 10,0	< 10,0	< 10,0	< 10,0
Maximalwert			20,0		< 10,0		12,0	14,0	15,0	11,0
Datum des Max.			02.04		Mehrere		Mehrere	02.07	07.09	25.06
90-Perzentil			11,0		< 10,0		< 10,0	< 10,0	12,8	< 10,0
50-Perzentil			7,0		< 10,0		< 10,0	< 10,0	< 10,0	< 10,0
10-Perzentil			5,0		< 10,0		< 10,0	< 10,0	< 10,0	< 10,0
Minimalwert			< 5,0		< 10,0		< 10,0	< 10,0	< 10,0	< 10,0
Datum des Min.			Mehrere		Mehrere		Mehrere	Mehrere	Mehrere	Mehrere

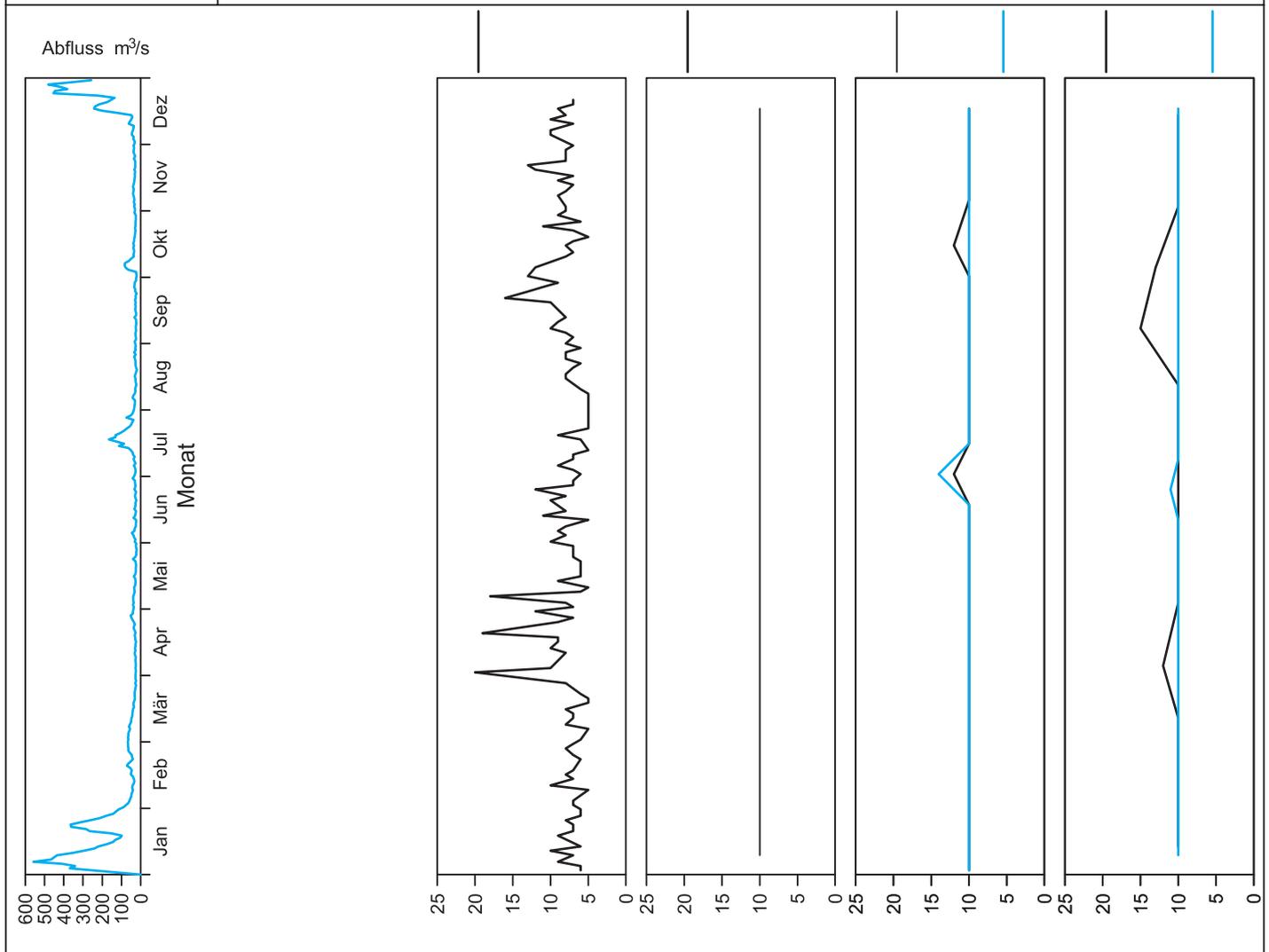


Bild 21.27: Analysenstatistik verschiedener Kenngrößen im Ruhrwasser
 Fig. 21.27: Statistics on the analysis of selected parameters in Ruhr water

Kenngröße: Tetrachlorethen

Einheit: µg/l

Zielwert: 1 µg/l

Probenahmestelle Ruhr-km	Styrum 11,35	Kettwig 23,47	Rellingh. 42,76	Stiepel 62,65	Witten 71,91	Hengstey 88,75	Westhof. 95,15	Hengsen 108,39	Warmen 121,17	Echthau. 128,31
Anzahl der Werte			35		29	51	26	26	13	25
Arith. Jahresmittel			0,02		< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10
Geom. Jahresmittel			0,01		< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10
Geom. Sommermittel			0,01		< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10
Geom. Wintermittel			0,02		< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10
Maximalwert			0,03		< 0,10	< 0,10	0,10	0,10	0,10	< 0,10
Datum des Max.			Mehrere		Mehrere	Mehrere	Mehrere	Mehrere	13.01	Mehrere
90-Perzentil			0,02		< 0,10	< 0,10	0,10	0,10	< 0,10	< 0,10
50-Perzentil			0,02		< 0,10	< 0,10	< 0,10	0,10	< 0,10	< 0,10
10-Perzentil			0,01		< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10
Minimalwert			< 0,01		< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10
Datum des Min.			07.05		Mehrere	Mehrere	Mehrere	Mehrere	Mehrere	Mehrere

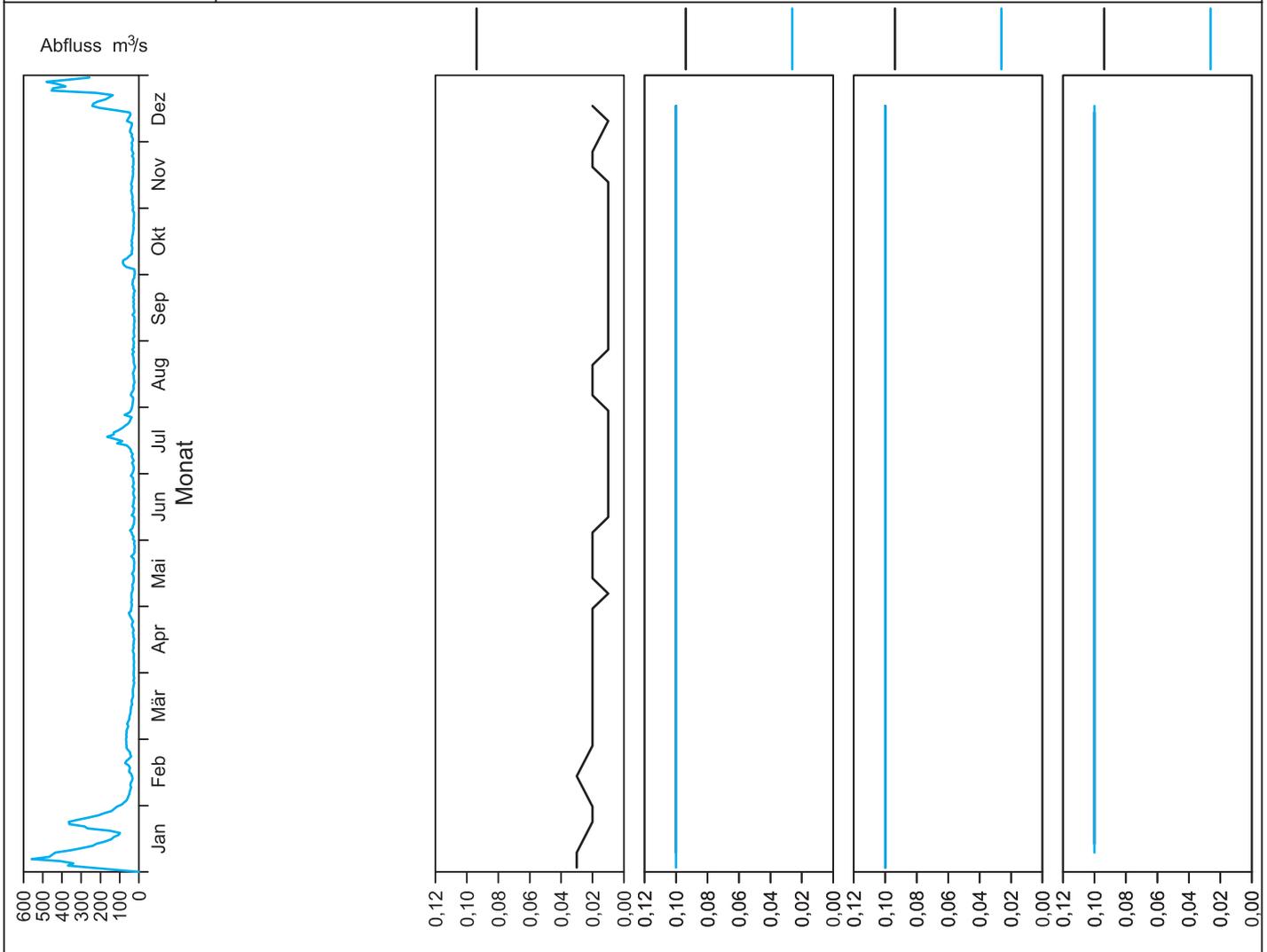


Bild 21.28: Analysenstatistik verschiedener Kenngrößen im Ruhrwasser
 Fig. 21.28: Statistics on the analysis of selected parameters in Ruhr water

Kenngröße: Trichlorethen

Einheit: µg/l

Zielwert: 1 µg/l

Probenahmestelle Ruhr-km	Styrum 11,35	Kettwig 23,47	Rellingh. 42,76	Stiepel 62,65	Witten 71,91	Hengstey 88,75	Westhof. 95,15	Hengsen 108,39	Warmen 121,17	Echthau. 128,31
Anzahl der Werte			35		29	51	26	26	13	25
Arith. Jahresmittel			< 0,01		< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10
Geom. Jahresmittel			< 0,01		< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10
Geom. Sommermittel			< 0,01		< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10
Geom. Wintermittel			< 0,01		< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10
Maximalwert			0,03		< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10
Datum des Max.			15.10		Mehrere	Mehrere	Mehrere	Mehrere	Mehrere	Mehrere
90-Perzentil			< 0,01		< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10
50-Perzentil			< 0,01		< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10
10-Perzentil			< 0,01		< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10
Minimalwert			< 0,01		< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10
Datum des Min.			Mehrere		Mehrere	Mehrere	Mehrere	Mehrere	Mehrere	Mehrere

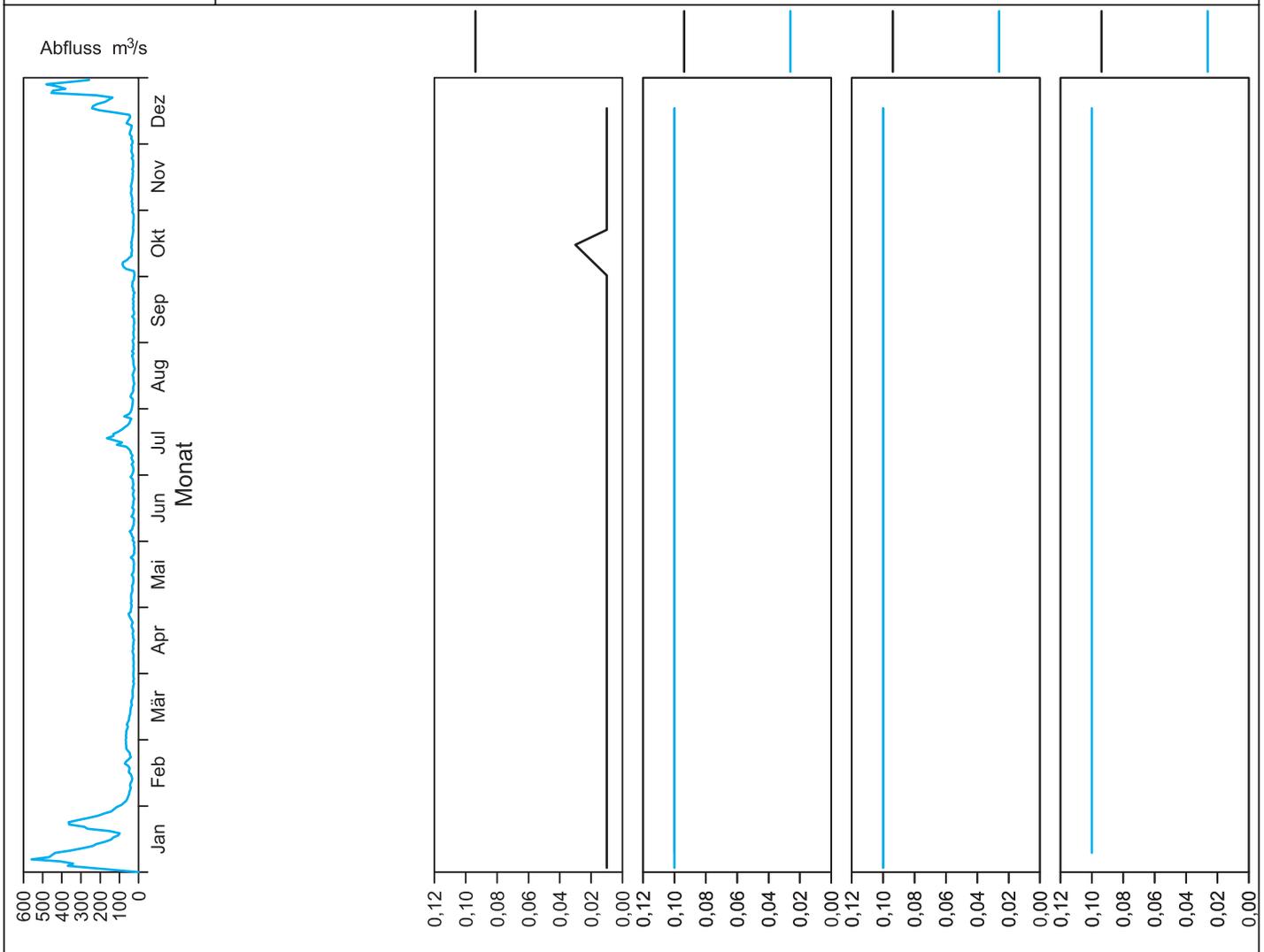


Bild 21.29: Analysenstatistik verschiedener Kenngrößen im Ruhrwasser
 Fig. 21.29: Statistics on the analysis of selected parameters in Ruhr water

Kenngröße: Diethytrinitrilopentaessigsäure (DTPA)

Einheit: µg/l

Zielwert: 10 µg/l

Probenahmestelle Ruhr-km	Styrum 11,35	Kettwig 23,47	Rellingh. 42,76	Stiepel 62,65	Witten 71,91	Hengstey 88,75	Westhof. 95,15	Hengsen 108,39	Warmen 121,17	Echthau. 128,31
Anzahl der Werte	4		133	24	24	12	24	24		24
Arith. Jahresmittel	7,7		8,7	11,5	13,6	28,9	< 2,0	< 2,0		< 2,0
Geom. Jahresmittel	3,4		6,8	9,6	11,3	18,4	< 2,0	< 2,0		< 2,0
Geom. Sommermittel	12,6		7,7	9,3	12,0	9,8	< 2,0	< 2,0		< 2,0
Geom. Wintermittel	0,9		5,8	9,9	10,6	34,6	< 2,0	< 2,0		< 2,0
Maximalwert	14,6		26,0	21,7	27,7	102,0	4,2	2,5		2,8
Datum des Max.	02.04		02.04	26.11	27.03	17.12	03.09	03.09		09.01
90-Perzentil	13,5		15,1	20,0	22,5	34,9	< 2,0	< 2,0		< 2,0
50-Perzentil	8,1		8,4	10,5	13,5	26,0	< 2,0	< 2,0		< 2,0
10-Perzentil	1,7		2,6	4,5	3,6	7,0	< 2,0	< 2,0		< 2,0
Minimalwert	< 0,5		< 2,0	< 2,0	2,0	< 2,0	< 2,0	< 2,0		< 2,0
Datum des Min.	02.01		Mehrere	23.07	23.07	27.07	Mehrere	Mehrere		Mehrere

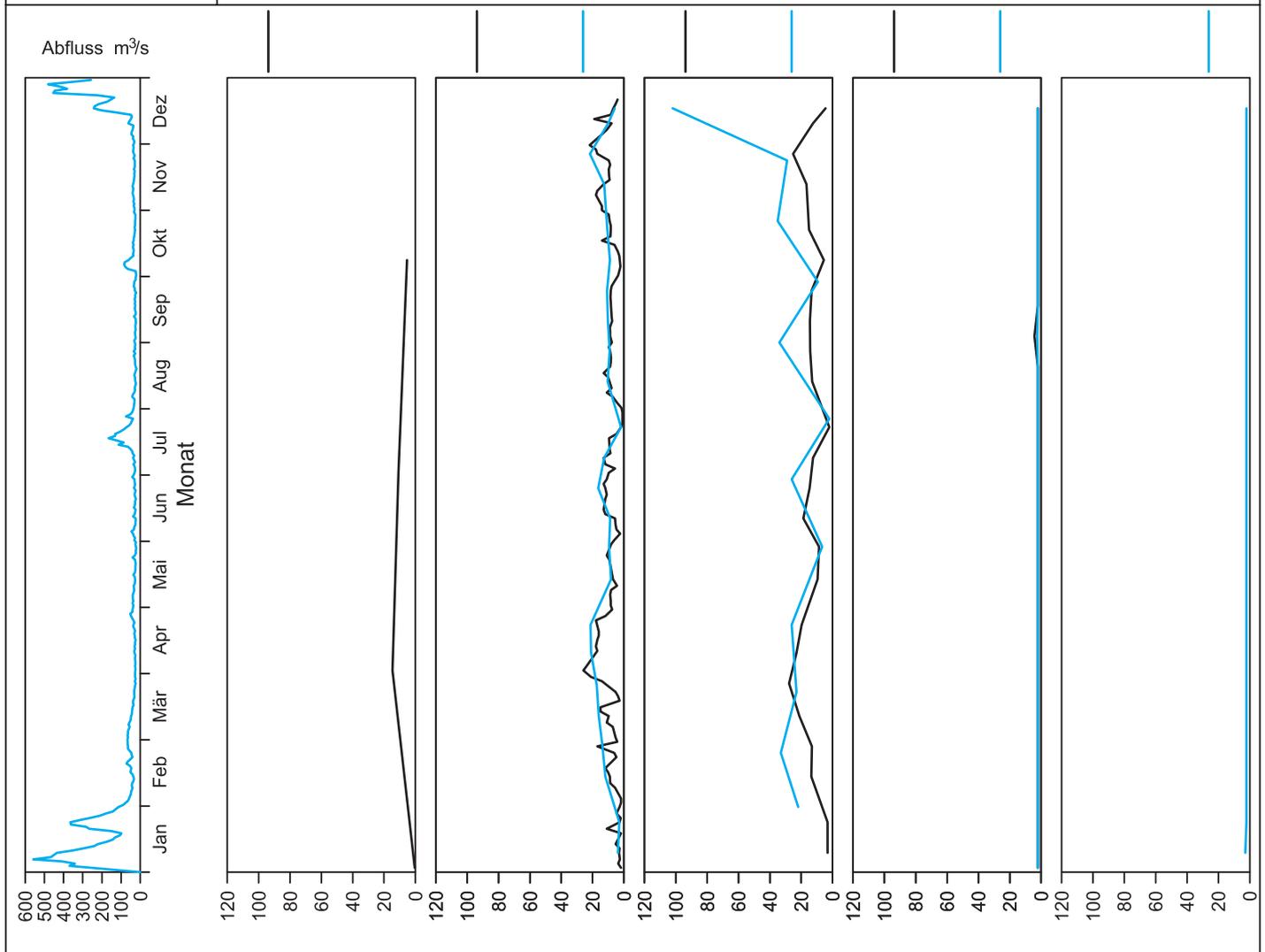


Bild 21.30: Analysenstatistik verschiedener Kenngrößen im Ruhrwasser
 Fig. 21.30: Statistics on the analysis of selected parameters in Ruhr water

Kenngröße: Ethylendinitrilotetraessigsäure (EDTA)

Einheit: µg/l

Zielwert: 10 µg/l

Probenahmestelle Ruhr-km	Styrum	Kettwig	Rellingh.	Stiepel	Witten	Hengstey	Westhof.	Hengsen	Warmen	Echthau.
Anzahl der Werte	4		133	24	24	12	24	24		24
Arith. Jahresmittel	7,1		6,0	7,5	7,4	14,4	4,0	3,2		2,7
Geom. Jahresmittel	5,6		4,7	6,5	6,2	7,7	3,4	2,9		2,3
Geom. Sommermittel	8,5		5,8	6,7	6,4	4,0	4,4	3,5		2,8
Geom. Wintermittel	3,7		3,7	6,2	6,0	14,9	2,7	2,3		1,9
Maximalwert	12,5		14,0	16,4	16,2	79,0	16,8	9,4		5,4
Datum des Max.	02.04		Mehrere	26.11	26.11	17.12	18.06	04.06		10.12
90-Perzentil	11,3		11,1	11,3	13,1	23,5	5,2	4,0		4,2
50-Perzentil	7,2		5,5	7,4	7,0	7,0	3,6	3,2		2,8
10-Perzentil	2,9		< 2,0	3,2	2,6	3,6	2,0	1,4		1,2
Minimalwert	1,6		< 2,0	1,3	1,3	< 2,0	1,2	1,0		< 1,0
Datum des Min.	02.01		Mehrere	23.01	23.01	27.07	02.01	05.03		Mehrere

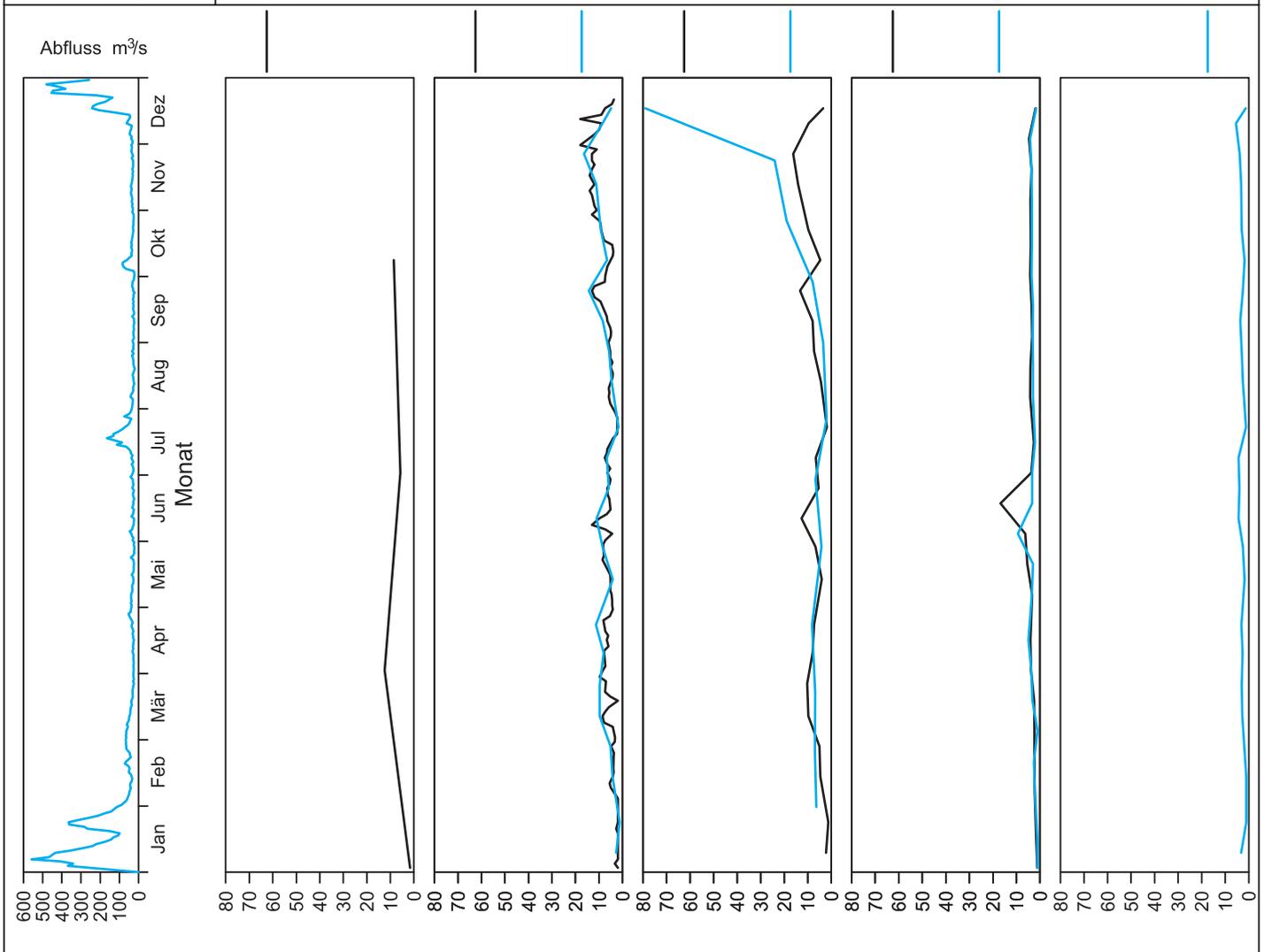


Bild 21.31: Analysenstatistik verschiedener Kenngrößen im Ruhrwasser
 Fig. 21.31: Statistics on the analysis of selected parameters in Ruhr water

Kenngröße: Nitritotriessigsäure (NTA)

Einheit: µg/l

Zielwert: 10 µg/l

Probenahmestelle Ruhr-km	Styrum 11,35	Kettwig 23,47	Rellingh. 42,76	Stiepel 62,65	Witten 71,91	Hengstey 88,75	Westhof. 95,15	Hengsen 108,39	Warmen 121,17	Echthau. 128,31
Anzahl der Werte	4		133	24	24	12	24	24		24
Arith. Jahresmittel	0,5		< 2,0	< 1,0	< 1,0	< 2,0	< 1,0	< 1,0		< 1,0
Geom. Jahresmittel	0,5		< 2,0	< 1,0	< 1,0	< 2,0	< 1,0	< 1,0		< 1,0
Geom. Sommermittel	0,5		< 2,0	< 1,0	< 1,0	< 2,0	< 1,0	< 1,0		< 1,0
Geom. Wintermittel	0,5		< 2,0	< 1,0	< 1,0	< 2,0	< 1,0	< 1,0		< 1,0
Maximalwert	0,6		10,0	1,1	1,3	< 2,0	1,2	1,2		2,1
Datum des Max.	Mehrere		27.02	08.10	27.08	Mehrere	04.06	Mehrere		09.01
90-Perzentil	0,6		< 2,0	1,0	1,1	< 2,0	1,0	1,1		< 1,0
50-Perzentil	0,6		< 2,0	< 1,0	< 1,0	< 2,0	< 1,0	< 1,0		< 1,0
10-Perzentil	0,4		< 2,0	< 1,0	< 1,0	< 2,0	< 1,0	< 1,0		< 1,0
Minimalwert	0,4		< 2,0	< 1,0	< 1,0	< 2,0	< 1,0	< 1,0		< 1,0
Datum des Min.	02.01		Mehrere	Mehrere	Mehrere	Mehrere	Mehrere	Mehrere		Mehrere

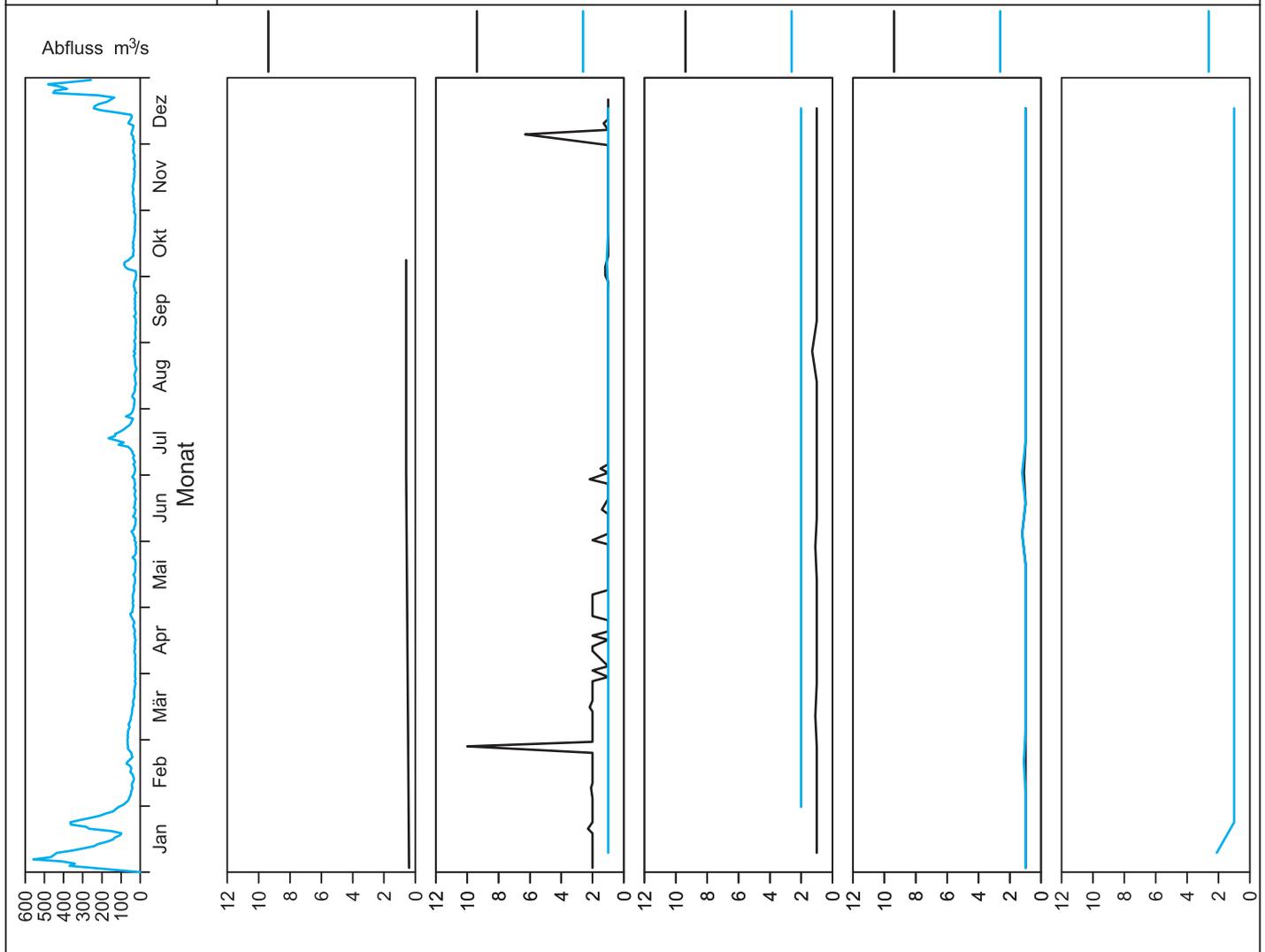


Bild 21.32: Analysenstatistik verschiedener Kenngrößen im Ruhrwasser
 Fig. 21.32: Statistics on the analysis of selected parameters in Ruhr water

Tabelle 21.5: Im Ruhrwasser bestimmte PSM und Überschreitungen der Trinkwassergrenzwerte von 100 ng/l bzw. der Zielwerte von 50 ng/l
 Table 21.5: Pesticides measured in the Ruhr water and exceedings of the limit for drinking water of 100 ng/l and the target value of 50 ng/l respectively

Kenngröße	Zahl der ausgewerteten Analysen	Zahl der Proben mit positivem Befund	Anteil der Proben mit positivem Befund %	Zahl der Proben mit Werten > 100 ng/l	Anteil der Proben mit Werten > 100 ng/l %	Zahl der Proben mit Werten > 50 ng/l	Anteil der Proben mit Werten > 50 ng/l %	Überschreitung des 90-Perzentils	Maximalwert ng/l
Atrazin	320	0	0,0	0	0,0	0	0,0	-	< 50
Bentazon	186	0	0,0	0	0,0	0	0,0	-	< 50
Bifenox	184	0	0,0	0	0,0	0	0,0	-	< 80
Bromacil	108	0	0,0	0	0,0	0	0,0	-	< 25
Bromoxynil	186	0	0,0	0	0,0	0	0,0	-	< 50
Carbetamid	108	0	0,0	0	0,0	0	0,0	-	< 25
Carfentraton-ethyl	184	0	0,0	0	0,0	0	0,0	-	< 50
Chloridazon	292	0	0,0	0	0,0	0	0,0	-	< 50
Chlorthalonil	74	0	0,0	0	0,0	0	0,0	-	< 80
Chlortoluron	213	0	0,0	0	0,0	0	0,0	-	< 50
Clodinafop	105	0	0,0	0	0,0	0	0,0	-	< 50
Clopyralid	220	0	0,0	0	0,0	0	0,0	-	< 50
2,4-D	186	0	0,0	0	0,0	0	0,0	-	< 50
Desethylatrazin	320	0	0,0	0	0,0	0	0,0	-	< 50
Desethylterbuthylazin	220	5	2,3	0	0,0	0	0,0	-	40
Desisopropylatrazin	219	0	0,0	0	0,0	0	0,0	-	< 25
Desmedipham	110	0	0,0	0	0,0	0	0,0	-	< 100
Dichlorprop	105	0	0,0	0	0,0	0	0,0	-	< 50
Diflufenikan	212	0	0,0	0	0,0	0	0,0	-	< 50
Dimefuron	108	0	0,0	0	0,0	0	0,0	-	< 25
Diuron	213	3	1,4	0	0,0	0	0,0	-	31
Epoxiconazol	140	0	0,0	0	0,0	0	0,0	-	< 50
Ethofumesat	185	0	0,0	0	0,0	0	0,0	-	< 100
Fenpropimorph	126	0	0,0	0	0,0	0	0,0	-	< 80
Flufenacet	213	0	0,0	0	0,0	0	0,0	-	< 50
Fluroxypyr	186	1	0,5	0	0,0	0	0,0	-	26
Flurtamone	108	0	0,0	0	0,0	0	0,0	-	< 25
Hexazinon	292	0	0,0	0	0,0	0	0,0	-	< 50
Ioxynil	186	0	0,0	0	0,0	0	0,0	-	< 50
Isoproturon	213	3	1,4	0	0,0	0	0,0	-	33
MCPA	186	14	7,5	0	0,0	0	0,0	-	30
Mecoprop	105	0	0,0	0	0,0	0	0,0	-	< 50
Metamitron	213	0	0,0	0	0,0	0	0,0	-	< 50
Metazachlor	213	0	0,0	0	0,0	0	0,0	-	< 50
Methabenzthiazuron	108	0	0,0	0	0,0	0	0,0	-	< 25
Metolachlor	213	0	0,0	0	0,0	0	0,0	-	< 50
Metribuzin	184	0	0,0	0	0,0	0	0,0	-	< 50
Pendimethalin	198	0	0,0	0	0,0	0	0,0	-	< 50
Phenmedipham	185	0	0,0	0	0,0	0	0,0	-	< 100
Propiconazol	172	8	4,7	0	0,0	0	0,0	-	21
Prosulfocarb	107	1	0,9	0	0,0	0	0,0	-	12
Quinmerac	181	1	0,6	0	0,0	0	0,0	-	47
Simazin	320	0	0,0	0	0,0	0	0,0	-	< 50
Tebuconazol	140	1	0,7	0	0,0	0	0,0	-	16
Terbuthylazin	320	12	3,8	0	0,0	2	0,6	-	74

Messwerte, Tabellen und Diagramme

Tabelle 21.6: Dokumentierte Messgrößen in alphabetischer Reihenfolge
Table 21.6: Documented measured variables in alphabetical order

Qualitätsmerkmal	Tabelle/Seite	Diagramm/Seite	Längsprofil/Seite
Adsorbierbare organisch gebundene Halogene (AOX)	177	197	176
Ammonium (NH ₄)	166, 177	189	172, 178
Atrazin	203		
Barium (Ba)	177		175, 178
Bentazon	203		
Bifenox	203		
Biochemischer Sauerstoffbedarf in 5 Tagen (BSB ₅)	177		171, 178
Blei (Pb)	177		173
Borat-Bor (B)	177		172
Bromacil	203		
Bromoxynil	203		
Cadmium (Cd)	166, 177	192	173
Calcium (Ca)	177		174
Carbetamid	203		
Carfentraton-ethyl	203		
Chemischer Sauerstoffbedarf (CSB)	177		171
Chlorid (Cl)	177	196	175
Chloridazon	203		
Chlorophyll-a	177	183	170
Chlorthalonil	203		
Chlortoluron	203		
Chrom (Cr)	177	193	173
Clodinafop	203		
Clopyralid	203		
Coliforme Bakterien	166, 177	184	170
2,4-D	203		
Desethylatrazin	203		
Desethylterbuthylazin	203		
Desisopropylatrazin	203		
Desmedipham	203		
Dichlorprop	203		
Diethylentriaminoäthylendipentaessigsäure (DTPA)	166, 177	200	176
Diflufenikan	203		
Dimefuron	203		
Diuron	203		
Eisen (Fe)	177		174
Elektrische Leitfähigkeit	177	180	170
Epoxiconazol	203		
Ethofumesat	203		
Ethylendinitrietetraessigsäure (EDTA)	166, 177	201	176
Fenpropimorph	203		
Flufenacet	203		
Fluorid (F)	177		175

Qualitätsmerkmal	Tabelle/Seite	Diagramm/Seite	Längsprofil/Seite
Fluroxypyr	203		
Flurtamone	203		
Gelöster organisch gebundener Kohlenstoff (DOC)	166, 177	186	171
Gelöster Sauerstoff (O2)	177	185	171
Gelöstes Eisen (Fe)	177		174
Gelöstes Mangan (Mn)	177	195	174
Gesamtes gelöstes Phosphat (PO4)	166, 177	191	172, 178
Hexazinon	203		
Ioxynil	203		
Isoproturon	203		
Kalium (K)	177		175
Kupfer (Cu)	177		173
Magnesium (Mg)	177		174
Mangan (Mn)	177		174
MCPA	203		
Mecoprop	203		
Metamitron	203		
Metazachlor	203		
Methabenzthiazuron	203		
Metolachlor	203		
Metribuzin	203		
Natrium (Na)	177		175
Nickel (Ni)	166, 177	194	173
Nitrat (NO3)	166, 177	190	172
Nitritriessigsäure (NTA)	166, 177	202	176
Nitrit (NO2)	177		172
Organisch gebundener Stickstoff	177		172
Pendimethalin	203		
Phenmedipham	203		
pH-Wert	177	181	170
Polycyclische aromatische Kohlenwasserstoffe	177		176
Propiconazol	203		
Prosulfocarb	203		
Quinmerac	203		
Säurekapazität			
Simazin	203		
Spektraler Absorptionskoeffizient bei 254 nm	177	187	171
Spektraler Absorptionskoeffizient bei 436 nm	177	188	171
Sulfat (SO4)	177		175
Tebuconazol	203		
Terbutylazin	203		
Tetrachlorethen	166	198	
Trichlorethen	166	199	
Trübung	177	182	170, 178
Wassertemperatur	177	179	170
Zink (Zn)	177		173, 178

Bettzieche, V., et al.:

„Kleine Talsperren und Hochwasserrückhaltebecken – Ein DWA-Merkblatt für die Praxis“
“Small Dams and Flood Control Reservoirs – A DWA-Guideline of practice”
(Vortrag anlässlich des 16. Deutschen Talsperrensymposiums im Mai 2013 in Magdeburg)

Bode, H.:

„Ganzheitliche flussgebietsbezogene Wasserwirtschaft durch die NRW-Wasserverbände: Zukunft aus Erfahrung“
“Integrated River Basin Management by the North Rhine-Westphalian Water Associations: “Future by Experience”
(veröffentlicht in: Gewässerschutz-Wasser-Abwasser) Gesellschaft zur Förderung der Siedlungswasserwirtschaft an der RWTH Aachen, ISSN 0342-6068, ISBN: 978-3-938996-38-6)

Bode, H.:

„Ginge es nach der EU, dürften wir nicht einmal Trinkwasser einleiten“
“If it was up to the EU, we would not even be allowed to discharge drinking water”
(Streitfragen! Die Energie- und Wasserwirtschaft im Dialog. Das Magazin 02/2012;
herausgegeben vom BDEW (Bundesverband der Energie- und Wasserwirtschaft e.V.) in Berlin)

Bode, H.:

„Ist eine weitere Entfernung von Mikroverunreinigungen aus kommunalem Abwasser angezeigt?“
“Is the further elimination of micropollutants from sewage necessary?”
(veröffentlicht in: KA Korrespondenz Abwasser, Abfall, 59. Jahrgang, Heft 10/2012, GfA, Hennef, ISSN 1866-0029, Vom Wasser Heft 3/2012, Vol. 110., Wiley-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA, Weinheim, ISSN: 0083-6915)

Bode, H.; Grünebaum, T.; Klopp, R.; Thöle, D.:

„Mikroverunreinigungen in der Ruhr – Eintragspfade und technische Möglichkeiten auf Kläranlagen“
“Micropollutants in the Ruhr River – Ways of entry and technical processes at WWTPs”
(Vortrag anlässlich des RV-Forums „Internet“ am 18. April 2013 in Essen)

Bode, H.; Grünebaum, T.; Klopp, R.; Thöle, D.:

„Mikroverunreinigungen in der Ruhr – Eintragspfade und technische Möglichkeiten auf Kläranlagen“
“Micropollutants in the Ruhr River – Ways of entry and technical processes at WWTPs”
(Vortrag anlässlich des RV-Forums am 18. April 2013 in Essen, Internet)

Evers, P.:

„Minimierung von Betriebs- und Instandhaltungskosten am Beispiel des Ruhrverbandes“
“Minimizing Operation and Maintenance Costs by the example of the Ruhrverband (Ruhr River Association)”
(Vortrag anlässlich der Wasser Berlin International 2013 vom 23. bis 26. April 2013 in Berlin)

Evers, P.; Klein, P.:

„Asset Management of Water Supply and Wastewater Infrastructure – Experience of the Ruhrverband (Ruhr River Association) in Germany“
„Management von Anlagen der Wasserver- und Abwasserentsorgung – Erfahrungen des Ruhrverbandes in Deutschland“
(veröffentlicht in: „bluefacts 2012“, International journal of Water-Management, S. 45-49, erschienen anlässlich der IFAT ENTSORGA 2012)

Frost, U.:

„Entwicklung der Wasserqualität der Möhnetalsperre“
“Development of water quality in the Möhne reservoir”
(veröffentlicht in: „Die Möhnetalsperre im Wandel der Zeit“, (Hrsg.): Heimatverein Möhnese e.V., ISBN 978-3-943973-06-8, März 2013)

Grünebaum, T.:

„Elimination mit Ozon: Beispiele für Kläranlagen“
“Elimination with Ozone: Examples for WWTP”
(Vortrag anlässlich des 2. Fachsymposiums „Mikroschadstoffe“ in NRW: Bewertung – Maßnahmen – Kosten am 21. Juni 2012 in Düsseldorf (Tagungsunterlagen))

Grünebaum, T.:

„Ergebnisse der großtechnischen Untersuchungen“
“Results of large-scale investigations”
(Statusgespräch „Mikroschadstoffe“ anlässlich der Tagung „Mikroschadstoffe“ mit UBA (Umweltbundesamt) und BDEW (Bundesverband der Energie- und Wasserwirtschaft e.V.) am 18. Juni 2012 in Berlin. (Tagungsunterlagen))

Grünebaum, T.; Weyand, M.; Wurzel, A.; Borchers, U.:

„Kooperations- und Freiwilligkeitsprinzip bei der Maßnahmenumsetzung nach EG-Wasserrahmenrichtlinie – das Ende der Verbindlichkeit?“
“Implementation of Measures under the EU Water Framework Directive by using the Principles of Cooperation and Voluntary Participation – Is this the End of the Binding Nature of Measures?”
(veröffentlicht in: KW Korrespondenz Wasserwirtschaft, 5. Jahrgang, Heft 11/2012, S. 591-595. ISSN 1865-9926)

Grünebaum, T.:

„Mikroschadstoffe – Möglichkeiten der Elimination bei der kommunalen Abwasserreinigung“
“Micropollutants – Processes for elimination at municipal wastewater treatment plants”
(Fortbildung anlässlich des Betriebspersonals für Kläranlagen, Betreuer/Obbetreuer 2013 des DWA-Landesverbandes Hessen/Rheinland-Pfalz/Saarland in Bad Münster am Stein, Internet)

Grünebaum, T.:

„Spurenstoffe im Wasserkreislauf“
“Micropollutants in water circle”
(Vortrag anlässlich des ver.di Tages des Wassers im RWW (Rheinisch-Westfälische Wasserwerke) am 12. März 2013 in Mülheim)

Grünebaum, T.:

„Stand und Entwicklung der Spurenstoffelimination“
“State and development of elimination of micropollutants”
(Vortrag anlässlich des 11. Bundesweiten Erfahrungsaustausches 2012 für kommunale Gewässerschutzbeauftragte der DWA (Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e.V.) am 17. und 28. November 2012 in Fulda, Tagungsunterlagen)

Grünebaum, T.; Weyand, M.; Haneklaus, W.; Konold, W.; Wurzel, A.; Borchers, U.:

„Die Umsetzung der WRRL zwischen Zielverbindlichkeit und Kooperationsprinzip – Fehlt es an Durchsetzungskraft auf dem Weg zur Zielerreichung?“
“The Implementation of the EU-Water Framework Directive between Binding Character and the Cooperation Principle – Is the Power of Success absent on the Way to meet the goals?”
(Vortrag anlässlich der 46. Essener Tagung vom 13. bis 15. März 2013 in Aachen; veröffentlicht in: GWA-Schriftenreihe)

Grünebaum, T.; Haneklaus, W.; Weyand, M.; Konold, W.; Wurzel, A.; Borchers, U.:

„Die Umsetzung der Wasserrahmen-Richtlinie (WRRL) zwischen Zielverbindlichkeit und Kooperationsprinzip – Fehlt es an Durchsetzungskraft auf dem Weg zur Zielerreichung?“
“The Implementation of the EU Water Framework Directive between the Binding of goals and the Principle of Cooperation – Is there a lack of Enforcement Power for Reaching the goals?”
(veröffentlicht in: Gewässerschutz-Wasser-Abwasser, Schriftenreihe des Instituts für Siedlungswasserwirtschaft der Rheinisch-Westfälischen Technischen Hochschule (RWTH) Aachen, Band 232, S. 5/1-5/15. ISBN 978-3-938996-29-4)

Grünebaum, T.; Borchers, U.; Weyand, M.; Wurzel, A.:

„Hemmnisse und Impulse der Maßnahmenumsetzung – das Kooperations- und Freiwilligkeitsprinzip“
„Impediments and impetus of implementation of measures – the principle of cooperation and voluntary nature“
(Vortrag anlässlich des Symposiums zur Umsetzung der EG-Wasserrahmenrichtlinie in NRW vom 19. bis 20. April 2012 in Oberhausen, Tagungsunterlagen (Manuskript))

Haneklaus, W.:

„Die neuen Umweltqualitätsnormen nach dem Vorschlag der Kommission für die Richtlinie zur Änderung der Richtlinien 2000/60/EG und 2008/105/EG in Bezug auf prioritäre Stoffe im Bereich der Wasserpolitik“ (Veröffentlicht in der Zeitschrift für Deutsches und Europäisches Wasser-, Abwasser- und Bodenschutzrecht, 2. Jahrgang, H. 1/2013, S. 22-29)

Harder, L.:

„Der Beitrag der Möhnetalsperre zur Wasserversorgung des Ruhrgebietes“
(veröffentlicht im Buch „Die Möhnetalsperre im Wandel der Zeit“, Mosaiksteine, Daten und Fakten zu Wasser, Natur und Landschaft, Heimatverein Möhnesee e.V., ISBN: 978-3-943973-06-8, Ausgabe: März 2013)

Harder, L.:

„Die Bauwerke rund um den Möhnesee: Sperrmauer, Stollen und Brücken“
(veröffentlicht im Buch „Die Möhnetalsperre im Wandel der Zeit“, Mosaiksteine, Daten und Fakten zu Wasser, Natur und Landschaft, Heimatverein Möhnesee e.V., ISBN: 978-3-943973-06-8, Ausgabe: März 2013)

Harder, L.:

„Die Möhnetalsperre im Wandel der Zeit“
(Mosaiksteine, Daten und Fakten zu Wasser, Natur und Landschaft, Heimatverein Möhnesee e.V., ISBN 978-3-943973-06-8, Ausgabe: März 2013)

Harder, L.:

„Die Nutzung der Wasserkraft an der Möhnetalsperre“
(veröffentlicht im Buch „Die Möhnetalsperre im Wandel der Zeit“, Mosaiksteine, Daten und Fakten zu Wasser, Natur und Landschaft, Heimatverein Möhnesee e.V., ISBN: 978-3-943973-06-8, Ausgabe: März 2013)

Harder, L.; Klein, P.; Last, K.; Nielinger, A.:

„Technisches Sicherheitsmanagement – Unterstützung für einen rechtssicheren und effizienten Talsperrenbetrieb“
„Technical Safety Management – Support for a legally certain and efficient operation of dams“
(Vortrag anlässlich des Deutschen Talsperrensymposiums am 15. Mai 2013 in Magdeburg)

Jardin, N.:

„Abwasserzusammensetzung und erforderliche Grundlagenermittlung zur Bemessung“
„Wastewater quality and basic design parameters“
(DWA WasserWirtschafts-Kurse - Kommunale Abwasserbehandlung -, Hennef, S. 6-34, ISBN: 978-3-942964-59-3)

Jardin, N.:

„Experiences of water utilities and technology providers: Improving the Energy Efficiency of Wastewater Treatment“
„Erfahrung aus der Praxis: Verbesserung der Energieeffizienz bei der Abwasserbehandlung“
(Vortrag anlässlich des IWA Kongresses „Water, Climate and Energy“ am 16. Mai 2012 in Dublin)

Jardin, N.:

„Water related research and development in Germany – the role of a large water utility“
„Wasserforschung in Deutschland – die Rolle eines großen Wasserverbands“
(Vortrag anlässlich eines Seminars der Swedish Water & Wastewater Association „How to meet the challenges within the wastewater technology“ vom 12. bis 13. Juni 2012 in Lund)

Jardin, N.:

„How innovation may help utilities in a world of change – Improving the Energy Efficiency of Wastewater Treatment“
„Wie Innovationen Wasserunternehmen helfen – Verbesserung der Energieeffizienz bei der Abwasserbehandlung“
(Vortrag anlässlich eines Seminars der Swedish Water & Wastewater Association „How to meet the challenges within the wastewater technology“ vom 12. bis 13. Juni 2012 in Lund)

Jardin, N.:

„Auswirkungen der demografischen Entwicklung und des Klimawandels auf Kosten und Technik der Siedlungswasserwirtschaft“
„Consequences of demographic, changes and climate change on costs and technology of water and wastewater management“
(Vortrag anlässlich des RV-Forums am 21. Juni 2012 in Essen)

Jardin, N.:

„Municipal Wastewater, Solid Waste and Energie: Opportunities and Barriers To Win-Win Solutions – Challenges and Opportunities from the Perspective of a German Operator“
„Abwasser, Abfall und Energie: Möglichkeiten und Grenzen für Win-Win-Lösungen – Perspektiven eines deutschen Betreibers“
(Vortrag anlässlich des IWA-Weltwasserkongresses am 19. September 2012 in Busan)

Jardin, N.:

„Integrated optimisation of urban drainage catchments – a new planning approach within Ruhrverband“
„Integrale Entwässerungsplanung – ein neuer Planungsansatz beim Ruhrverband“
(Vortrag anlässlich des IWA-Weltwasserkongresses am 18. September 2012 in Busan)

Jardin, N.:

„Ganzheitliche Planung und Optimierung der Siedlungsentwässerung – Praktische Erfahrungen und neue Herausforderungen in der Zukunft“
„Integrated optimisation of urban drainage systems – practical experiences and future challenges“
(Vortrag anlässlich eines Symposiums der Emeritierung von Professor Kroiss am 15. Oktober 2012 in Wien)

Jardin, N.:

„Einflussfaktoren auf Investitions- und Betriebskosten von Abwasseranlagen“
„Factors influencing capital and operating costs of wastewater systems“
(DWA WasserWirtschafts-Kurse „Kostenanalyse und Kostensteuerung in der Abwasserwirtschaft“, S. 7-37, ISBN: 978-3-942964-92-0, Hennef)

Jardin, N.:

„Planung, Umsetzung und Betrieb von weitergehenden Behandlungsverfahren am Beispiel des Ruhrverbandes“
„Design, construction and operation of wastewater treatment systems for the removal of micropollutants at Ruhrverband“
(Vortrag anlässlich des 2. Darmstädter Ingenieurkongresses „Bau und Umwelt“ in Darmstadt, Hrsg.: Uwe Rüppel, S. 315-320, ISBN: 978-3-8440-1747-2)

Jardin, N.:

„Anforderungen an die Einleitung in Gewässer aus Immissionssicht und praktische Erfahrungen mit der Durchführung gewässerökologischer Untersuchungen“
„Water quality based effluent requirements – practical from the application of detailed ecological analysis of river quality“
(Vortrag anlässlich des TAH-Seminars „Generalentwässerungsplanung“ am 27. Februar 2013)

Jardin, N.:

„Zukünftige Anforderungen an die Siedlungsentwässerung aus Sicht eines Wasserverbandes“
„Future challenges for urban drainage systems – the perspective of a large water utility“
(Vortrag anlässlich des InfraWass Praxispartner Workshops am 27. März 2013 in Leipzig)

Jurzik, L.; Nießner, M.; Remmler, F.; Hmaza, I.A.; Stolpe, H.; Borgmann, A.; Wilhelm, M.; Preuß, G.:
„Klimabedingte Einflüsse auf das Vorkommen wasserassoziierter Krankheitserreger in Trinkwasserressourcen“
“Climate Change and the behavior of waterborne pathogens”
(Poster im Rahmen der 45. Essener Tagung vom 14. bis 16. März 2012 in Essen)

Keyzers, Chr.; Grünebaum, T.; Thöle, D.; Lübken, M.; Gehring, T.; Pinnekamp, J.; Wichern, M.; Türk, J.:
„Weitergehende Spurenstoffelimination mittels dynamischer Rezirkulation (Pulveraktivkohle und Ozon) auf der Kläranlage Schwerte“
“Advanced removal of micropollutants by dynamic recirculation (powdered activated carbon and ozone) at Schwerte WWTP”
(veröffentlicht in: Wasser Abwasser, Abfall, 154. Jahrgang, Heft 4/2013, S. 486-492; ISSN 0016-3651 B 5399)

Keyzers, C.; Grünebaum, T.; Thöle, D.; Lübken, M.; Türk, J.; Gehring, T.; Pinnekamp, J.; Wichern, M.:
„Weitergehende Spurenstoffelimination mittels dynamischer Rezirkulation (Pulveraktivkohle und Ozon) auf der Kläranlage Schwerte“
“Elimination of Micropollutants via dynamic recirculation strategy at WWTP Schwerte”
(veröffentlicht in: gwf Wasser Abwasser, im April 2013)

Klein, P.:
„Fallstudie: Maßnahmen eines Talsperrenbetreibers nach Fischsterben in einer Trinkwasserstaltsperrre“
“Case-Study: Dam owner’s activities after a fish kill in a drinking water reservoir”
(Vortrag anlässlich der 45. Essener Tagung für Wasser- und Abfallwirtschaft “Wasserwirtschaft und Energiewende” vom 14. bis 16. März 2012 in Essen; Tagungsband Nr. 230, (Hrsg.): J. Pinnekamp. Gesellschaft zur Förderung der Siedlungswasserwirtschaft an der Rheinisch- Westfälischen Technischen Hochschule (RWTH) in Aachen e.V., 2012)

Kühlmann, M.:
„Fischfauna und -ökologie der Sauerlandtalsperren“
“Ecology and Stock of Fish at the reservoirs in the Sauerland”
(Vortrag anlässlich der Jubiläumsveranstaltung der Ökologischen Station Sorpesee am 29. Februar 2012 in Langscheid)

Kühlmann, M.:
„Die Wiederansiedlung der Quappe“
“Re-establishment of the burbot”
(Vortrag anlässlich des Nordrhein-westfälischen Fischereitages am 29. September 2012 in Olpe)

Kühlmann, M.:
„Entwicklung der Fischfauna und der Fischerei an der Möhnetalsperre“
“Development of fish and fishery at the Möhne-Reservoir”
(Vortrag anlässlich des 100jährigen Jubiläums der Möhnetalsperre am 25. Oktober 2012 in Möhnesee)

Lemmel, P.:
„Kann die Abwasserabgabe zukünftig wieder die Ziele der Wasserwirtschaft unterstützen?“
“Can Wastewater Levies once again Support Water Management Objectives in the Future?”
(veröffentlicht in: KA Korrespondenz Abwasser Abfall, 59. Jahrgang, Heft 11/2012, S. 1050-1059)

Nisipeanu, P.:
„Bundesrechtliche Anforderungen an private Abwasseranlagen und gebührenrechtliche Handlungsmöglichkeiten“
“Federal law requirements on private waste water installations and fee law action possibilities”
(veröffentlicht in: KA Korrespondenz Abwasser, Abfall, Heft 2/2012, S. 136-138)

Nisipeanu, P.; Lemmel, P.; Frece, N.:
„Die Fortschreibung der Abwasserabgabe aus Sicht eines Abgabepflichtigen – Rückblick, Bestandaufnahme und Änderungswünsche“
“The Continuation of the wastewater levy from a levy papers point of view – retrospect, stock-taking and wishes of change”
(veröffentlicht in: Zeitschrift für Wasserrecht, 52. Jahrgang, Heft 2/2013, S. 70-83)

Nisipeanu, P.; Bishop, M.:
„Wasserrechtliche Auswirkungen der nationalen Umsetzung der Industrieemissionsrichtlinie auf oberflächenveredelnde Betriebe - zugleich eine Einführung in die Akteure und Begrifflichkeiten des europäischen Umweltrechts - Teil 1“
“Waterlegal consequences by the national german transfer of the Industry Emission Directive on surface finishing enterprises – at the same time an introduction of the actors and the terminology of European Environmental Law”
(veröffentlicht in: Galvanotechnik, 51. Jahrgang, Heft 12/2012, S. 2637-2645)

Nisipeanu, P.; Bishop, M.:
„Wasserrechtliche Auswirkungen der nationalen Umsetzung der Industrieemissions-Richtlinie auf oberflächenveredelnde Betriebe - zugleich eine Einführung in die Akteure und Begrifflichkeiten des europäischen Umweltrechts, Teil 2“
“Waterlegal consequences by the national german transfer of the Industry Emission Directive on surface finishing enterprises – at the same time an introduction of the actors and the terminology of European Environmental Law”
(veröffentlicht in: Galvanotechnik, 104. Jahrgang, Heft 1/2013, S. 40-42)

Nisipeanu, P.; Lemmel, P.; Frece, N.:
„Die Fortschreibung der Abwasserabgabe aus der Sicht eines Abgabepflichtigen - Rückblick, Bestandaufnahme und Änderungswünsche“
“Updating of the waste water tax from the point of a taxable - Review, stock-taking and change wishes”
(veröffentlicht in: ZfW Zeitschrift für Wasserrecht, 52. Jahrgang, Heft 2/2013, S. 70-83)

Nisipeanu, P.; Scheier, M.:
„Wie gefährlich sind Bauschutt und Bodenmaterial? - Zugleich ein Beitrag zur Auslegung und Anwendung der Abfallverzeichnisverordnung“
“How hazardous are building(site) rubbles and ground material? – At the same time a contribution on interpretation and use (application) of the Waste list order”
(veröffentlicht in: AbfallRecht 2012, S. 66-71)

Palm, N.; Wermter, P.; Grünebaum, T.; Lemmel, P.; Nisipeanu, P.; Pehl, B.; Amrath, N.:
„Kann die Abwasserabgabe zukünftig wieder die Zielerreichung der Wasserwirtschaft unterstützen?“
“Will the waste water tax be able to support the accomplish of water management again in future?”
(veröffentlicht in: KW Korrespondenz Wasserwirtschaft, Heft 11/12, S. 605-613, 2012)

Palm, N.; Wermter, P.; Grünebaum, T.; Lemmel, P.; Nisipeanu, P.; Pehl, B.; Amrath, N.:
„Kann die Abwasserabgabe zukünftig wieder die Zielerreichung der Wasserwirtschaft unterstützen?“
“Will the waste water tax be able to support the accomplish of the water management again in future?”
(veröffentlicht in: KA Korrespondenz Abwasser Abfall, 59. Jahrgang, Heft 11/2012, S. 1048-1059, ISSN 1866-0029)

Preuß, G.; Remmler, F.; Borgmann, A.; Stolpe, H.; Jurzik, L.; Wilhelm, M.; Nießner, M.:
„Klimabedingte Einflüsse auf das Vorkommen wasserassoziierter Krankheitserreger in Trinkwasserressourcen“
“Climate Change and the behavior of waterborne pathogens”
(veröffentlicht in: gwa Gewässerschutz-Wasser-Abwasser, 230. Jahrgang, 2012, S. 41-1-41/16)

Podraza, P.:

„Wasserwirtschaftliche Auswirkungen des Klimawandels – mit angepassten Gewässerentwicklungskonzepten zum Guten Ökologischen Zustand“

“The impact of global climate change on water management – with adapted strategies of river restoration reaching the good ecological status – Extended summary of the annual meeting of the International Association for Landscape Ecology (IALE). 5 pp.”

(Erweiterte Zusammenfassung der IALE-Jahrestagung, 5 Seiten)

Podraza, P.; Sommerhäuser, M.:

„Neobiota in der Wasserwirtschaft – 10-Punkte-Statement auf Basis des DWA-Workshops „Invasive Tier- und Pflanzenarten erobern die Gewässer“

“The role of neobiota in water management – 10 statements basing on the DWA Workshop invasive animal and plant species conquering surface water bodies”

(veröffentlicht in: Korrespondenz Wasserwirtschaft, 4. Jahrgang, Heft 6/2013, S. 176-178)

Remmler, F.; Gerard, I.; Wölfel, B.; Gehrke, I.; Keuter, V.:

„Elimination trinkwasserrelevanter Spurenstoffe in einem Barriersystem aus nanobeschichteten Filtern und UV-Strahlungsquellen“

“Elimination of drinking-water related micropollutants in a barrier system of nano-coated filters and UV radiation sources”

(Vortrag anlässlich des Instituts für Siedlungswasserwirtschaft der RWTH Aachen (Hrsg.): Gewässerschutz – Wasser – Abwasser (GWA), Heft 59/2012, S. 38-1/-38/13)

Scheier, M.; Nisipeanu, P.:

„Landesrechtliche Versuche einer Bewertung von Bauschutt und Bodenmaterial als „gefährlicher“ Abfall - zugleich ein Beitrag zur Auslegung und Anwendung der Abfallverzeichnis-Verordnung“

“State-juridical attempts to evaluate building(-site) rubble and ground material as „hazardous waste“ – at the same time a contribution on interpretation and use (application) of the Waste list order”

(Veröffentlicht in: KA Korrespondenz Abwasser Abfall, Heft 3/2012, S. 234–239)

Schnatmann, C.:

„Gasmengenmessungen auf kommunalen Kläranlagen – Anspruch und Wirklichkeit“

“Gas flow meter on municipal sewage treatment plants – claim and reality”

(Vortrag anlässlich des des DWA Seminars „Messtechnik auf Kläranlagen richtig einsetzen“ am 24. April 2013 in Göttingen)

Schnatmann, C.:

„Gibt es eine „richtige“ Instandhaltungsstrategie?“

“Is there a „right“ plant maintenance strategy?“

(Vortrag anlässlich der DWA-Kläranlagentage am 18. und 19. Juni 2013 in Bad Soden)

Schnatmann, C.:

„Kostengünstiger Bau und Betrieb von BHKW-Anlagen unter geänderten Rahmenbedingungen – Praxisbeispiele“

“Economical building and operation of combined heat and power plants under changed parameters – practical examples”

(Vortrag anlässlich des DWA-Seminars „Energieoptimierung auf Kläranlagen“ am 12. November 2012 in Kassel und am 19. März 2013 in Hannover)

Schnatmann, C.:

„Optimierung der Instandhaltungsorganisation beim Ruhrverband und Einführung eines Instandhaltungsmanagementsystems“

“Optimization of maintenance organization at the Ruhrverband and introduction of a maintenance management system”

(Vortrag anlässlich der GSB (Gewässerschutzbeauftragten)-Tagung am 28. November 2012 in Fulda)

Schnatmann, C.:

„Sicherer Betrieb von Faulgasanlagen“

“Safety operation of digester gas plants”

(Vortrag anlässlich des 2-tägigen DWA-Seminars am 11. und 12. Juni 2013 in Kassel)

Schweder, H.; Rullich, L.; Weyand, M.:

„Renaturierungsmaßnahmen am Sprockhöveler Bach - Verbesserung des ökologischen Potentials im urbanen Bereich“

“Rehabilitation Measures at the Sprockhoevel creek – Improving the Ecological Potential in urban water bodies”

(Deutsche Gesellschaft für Limnologie (DGL), Erweiterte Zusammenfassungen der Jahrestagung 2011 (Freising-Weihenstephan), S. 339-343, Hardeggen 2012: ISBN-Nr. 978-3-9813095-2-2)

Schweder, H.; Podraza, P.:

„Analyse der Makrozoobenthosbesiedlung zur Beurteilung von bestehenden Einleitungen der Siedlungsentwässerung auf Basis von PERLODES-/ASTERICS-Auswertungen“

“Analysis of the stream-bottom macroinvertebrates for the Assessment of the Impact of Existing Discharges from Combined and Separate Sewer Systems on the Basis of PERLODES-/ASTERICS Evaluations”

(Deutsche Gesellschaft für Limnologie (DGL), Erweiterte Zusammenfassungen der Jahrestagung 2012 in Koblenz, Hardeggen 2013, in Druck)

Storck, F.R.; Skark, C.; Remmler, F.; Zullei-Seibert, N.; Brauch, H.-J.:

„Eignung von Acesulfam als Tracer für die Quantifizierung von Oberflächenwassereinfluss in Uferfiltrat“

“Applicability of Acesulfam as tracer for the quantification of surface water influence to bank filtrate”

(Vom Wasser. Das Journal, 110. Jahrgang, Heft 3/2012, S. 63-110)

Thöle, D.; Kaste, A.:

„Mit dem neuen DWA-A216 zur Energieeffizienz von Abwasseranlagen“

“With the new guideline DWA-A216 towards energy efficiency of wastewater plants”

(DWA Energietage – Energiewende und Wasserwirtschaft in Wiesbaden 2012)

Weyand, M.:

„Gewässer als zentraler Bestandteil der Stadtentwicklung – Planung und Umsetzung von Maßnahmen“

“Rivers as a Central Element of Urban Development – Planning and Implementation of Measures”

(Vortrag anlässlich des RV-Forums am 21. Juni 2012 in Essen)

Weyand, M.:

„Zielverfolgung zwischen Theorie und Praxis; 12. Workshop Flussgebietsmanagement“

“Pursuance of Objectives between Theory and Practise; 12th Workshop on river basin management”

(KW Korrespondenz Wasserwirtschaft, 5. Jahrgang, Heft 5/2012, S. 238-243, ISSN 1865-9926)

Weyand, M.:

„Zusammenspiel zwischen hydromorphologischem Gewässerzustand und Einleitungen aus der Siedlungsentwässerung“

“Interaction between the Hydromorphological Status of Rivers and Discharges of Urban Sewer Systems”

(KW Korrespondenz Wasserwirtschaft, 5. Jahrgang, Heft 12/2012, S. 649-652, ISSN 1865-9926)

zur Strassen, G.; Harder, L.:

„Der Beitrag der Möhnetalsperre zum Hochwasserschutz“

(veröffentlicht im Buch „Die Möhnetalsperre im Wandel der Zeit“, Mosaiksteine, Daten und Fakten zu Wasser, Natur und Landschaft, Heimatverein Möhnesee e.V., ISBN: 978-3-943973-06-8, Ausgabe: März 2013)

