

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.

Ruhrgütebericht 2011



o/o
Vereinsitz:
Wasserwerke Westfalen GmbH
Zum Kellerbach 52
58239 Schwerte
Telefon (023 04) 9575-302
Fax (023 04) 9575-333

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

www.awwr.de



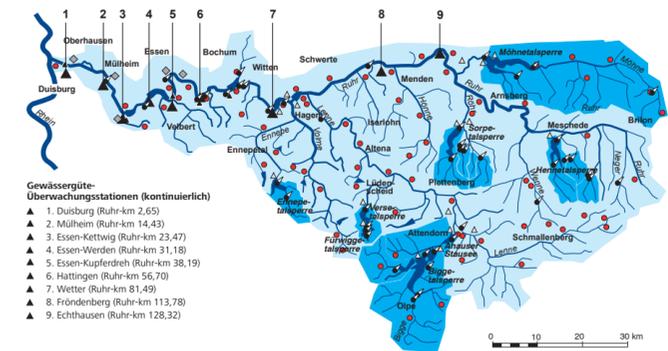
Kronprinzenstraße 37, 45128 Essen
Postfach 103242, 45032 Essen
Telefon (02 01) 1 78-0
Fax (02 01) 1 78-1425
www.ruhrverband.de

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

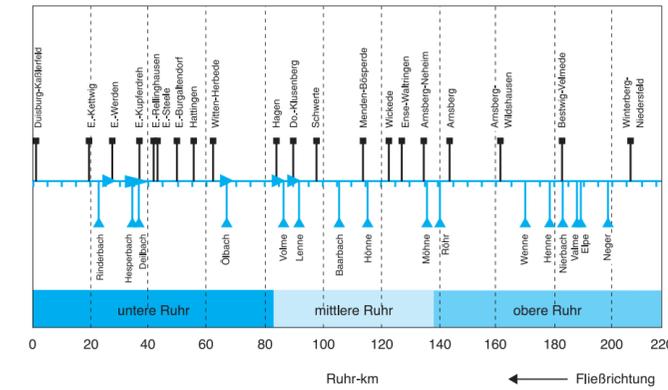


- Gewässergüte-Überwachungsstationen (kontinuierlich)**
- ▲ 1. Duisburg (Ruhr-km 2,65)
 - ▲ 2. Mülheim (Ruhr-km 14,43)
 - ▲ 3. Essen-Kettwig (Ruhr-km 23,47)
 - ▲ 4. Essen-Werden (Ruhr-km 31,18)
 - ▲ 5. Essen-Kupferdreh (Ruhr-km 38,19)
 - ▲ 6. Hattingen (Ruhr-km 56,70)
 - ▲ 7. Wetter (Ruhr-km 81,49)
 - ▲ 8. Fröndenberg (Ruhr-km 113,78)
 - ▲ 9. Eickhausen (Ruhr-km 128,32)

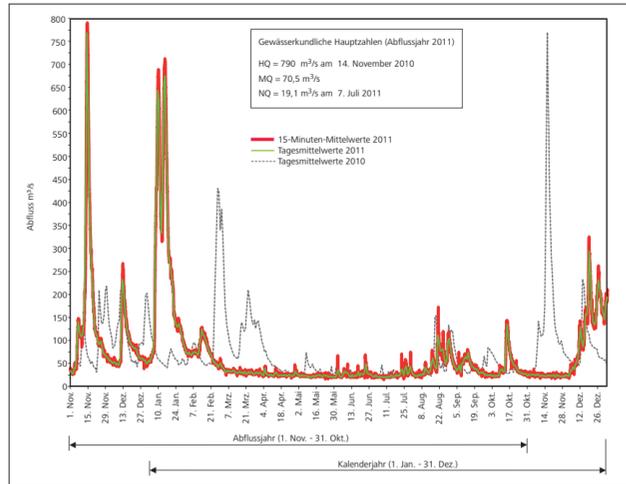
- 8 Talsperren
Einzugsgebiete der Talsperren
- 5 Stauseen
- 69 Kläranlagen mit insgesamt 550 Niederschlagswasserbehandlungsanlagen
- 5 Rückpumpwerke
- 47 Gewässerpegel (RV anteilig)
- 17 Wasserkraftwerke
- 9 Gewässergüte-Überwachungsstationen
- 117 Pumpwerke

Charakterisierung des Ruhreinzugsgebiets 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	



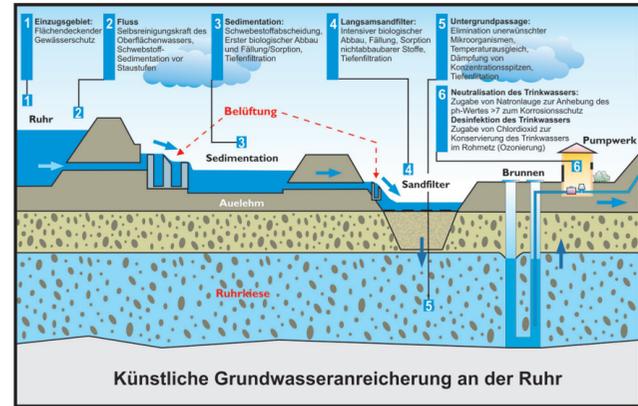
Ruhr-km ← Fließrichtung



15-Minuten-Mittelwerte und Tagesmittelwerte des Abflusses der Ruhr am Pegel Hattingen im Abfluss- und Kalenderjahr 2011
 15-minutes averages and 24-hour averages of the Ruhr River runoff at Hattingen in the German hydrological and calendar year 2011

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 (Summe aus 6 Einzelsubstanzen)	ng/l
BIAS	Bismutaktive Substanzen (nichtionische Tenside)	mg/l	PAKf	Gelöste Polycyclische Aromatische Kohlenwasserstoffe (Summe aus 6 Einzelsubstanzen)	ng/l
BO ₂ -B	Borat-Bor	mg/l	PBDE	Polybromierte Diphenylether	µg/kg
BSB ₅₍₂₎	Biochemischer Sauerstoffbedarf in 5 (2) Tagen	mg/l	PBSM / 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	pH	pH-Wert	m ³ /s
DOC	Gelöster Organisch Gebundener Kohlenstoff	mg/l	Q	Abfluss	m ³ /s
DTPA	Diethylentripropantetraessigsäure	µg/l	S	Saprobienindex	
EDTA	Ethylendinitrotetraessigsäure	µg/l	SAK 254	Spektraler Absorptionskoeffizient bei 254 nm	m ⁻¹
EG-WRRL	EG-Wasserrahmenrichtlinie		SAK 436	Spektraler Absorptionskoeffizient bei 436 nm	m ⁻¹
HMWB	Erheblich veränderter Wasserkörper (Heavily Modified Water Body)		ST	Sichttiefe	dm
ISS	Sauerstoffsättigungsindex (relative Sauerstoffsättigung)	%	TBP	Tributylphosphat	µg/l
IVF	In vivo Fluoreszenz	mV	TCEP	Tris-(2-chloroethyl)-phosphat	µg/l
K _{s,4.3}	Säurekapazität	mmol/l	TCCP	Tris-(2-chloropropyl)-phosphat	µg/l
LAS	Lineare Alkylbenzolsulfonate	µg/l	TEP	Triethylphosphat	µg/l
LF	Elektrische Leitfähigkeit	µS/cm	TIC	Gesamter Anorganisch Gebundener Kohlenstoff	mg/l
LHKW	Leichtflüchtige Halogenkohlenwasserstoffe	µg/l	TIN	Gesamter Anorganisch Gebundener Stickstoff	mg/l
MBAS	Methylenblauaktive Substanzen (anionische Tenside)	mg/l	TN	Gesamtstickstoff	mg/l
m ₁	Trockenmasse	g	TOC	Gesamter Organisch Gebundener Kohlenstoff	mg/l
MTBE	Methy-tert-Butylether	µg/l	TON	Gesamter Organisch Gebundener Stickstoff	mg/l
NH ₄ -N	Ammonium-Stickstoff	mg/l	TP	Gesamtphosphor	µg/l
NO ₂ -N	Nitrit-Stickstoff	mg/l	TPf	Gesamtphosphor im Filtrat (mit Aufschluss)	µg/l
NO ₃ -N	Nitrat-Stickstoff	mg/l	TW	Wassertemperatur	°C
NPE	Nonylphenoethoxylate	mg/kg	w ₁	Trockenrückstand	%
NTA	Nitriotriessigsäure	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 Ruhrreinzugsgebiet Mitglied dieser Kooperation. Der Landwirt bekundet durch Unterzeichnung einer Kooperationserklärung seine Mitgliedschaft und verpflichtet sich, an der Umsetzung gemeinsam festgelegter Ziele und Aufgaben mitzuwirken.

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

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.



Ruhrgütebericht **2011**

Bericht des Ruhrverbands	4	Die Arbeitsgemeinschaft der Wasserwerke an der Ruhr e. V. (AWWR) im Jahr 2011	126
<hr/>		<hr/>	
Vorwort	6	Bericht des Vorsitzenden der AWWR	128
<hr/>		<hr/>	
In Kürze	10	13 AWWR-Ausschusstätigkeit	130
<hr/>		– Ausschuss Wassergüte	130
1 Wasserführung der Ruhr	16	– Ausschuss Wassergewinnung	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	18	14 Kleinsten Teilchen auf der Spur – Wie sich die Ruhrwasser-Analytik in 40 Jahren verändert hat	134
<hr/>		15 20 Jahre Kooperation Landwirtschaft/Wasserwirtschaft im Ruhreinzugsgebiet	135
3 Die Ruhr und ihre Nebengewässer	30	16 Wasserschutzgebiete im Einzugsgebiet der Ruhr	141
– Physikalisch-chemische Ruhrlängsuntersuchung	30	17 Erweiterung der Wasseraufbereitung im Wasserwerk Möhnebogen der Stadtwerke Arnsberg	149
– Physikalisch-chemische Untersuchungen gemäß EG-WRRL	30	18 Organische Spurenstoffe in der Ruhr	154
– Hydrobiologische Untersuchungen	46	19 Dichtwand Wasserwerk Essen-Kettwig – Eine Maßnahme zur Sicherung der dortigen Wassergewinnung mit Blick auf die zu erwartenden Auswirkungen des Klimawandels	163
– Trophische Situation in der Ruhr	68	<hr/>	
<hr/>		20 Organisation der Arbeitsgemeinschaft der Wasserwerke an der Ruhr e.V. (AWWR)	168
4 Talsperrenuntersuchungen	69	– Mitglieder und ständige Gäste	168
– Möhnetalsperre	69	– Kontakte	168
<hr/>		– Ausschüsse und Arbeitskreise	169
5 Organische Mikroverunreinigungen in der Ruhr	78	<hr/>	
<hr/>		21 Die AWWR in Zahlen	171
Spezielle Untersuchungsprogramme	92	<hr/>	
6 Mikroverunreinigungen im Ablauf kommunaler Kläranlagen	92	22 Analyseergebnisse des Ausschusses Wassergüte	172
7 Herkunft und Vorkommen von Benzotriazolen im Gewässer und Abwasser	100	– Einführung	172
8 Das Vorkommen der Neozoe <i>Hemimysis anomala</i> – Schwebgarnele – in der Möhnetalsperre	106	– Erläuterung und Kommentierung	174
9 Konkretisierung von Maßnahmen zur Verbesserung des Gewässerzustands nach EG-WRRL – Folgerungen im Ruhreinzugsgebiet	113	<hr/>	
<hr/>		Auswahl der Veröffentlichungen	214
10 Registrierte Gewässerverunreinigungen des Jahres 2011	117	<hr/>	
<hr/>			
11 Leistungen der Kläranlagen des Ruhrverbands	118		
<hr/>			
12 Der Ruhrverband in Zahlen	124		
<hr/>			

Report of the Ruhrverband	4	Association of Ruhr Waterworks (AWWR) in 2011	126
<hr/>		<hr/>	
Preface	8	Report of the AWWR Chairman	128
<hr/>		<hr/>	
In brief	13	13 Activities of AWWR committees	130
<hr/>		– Water quality committee	130
1 Flow of the River Ruhr	16	– Water catchment committee	132
<hr/>		– Public relations committee	133
2 Continuous physico-chemical Ruhr water monitoring	17	<hr/>	
– Results of the weekly Ruhr examinations	17	Reports from waterworks and institutions	134
– Measuring point Ruhr at Essen-Rellinghausen and water monitoring stations	18	14 Chasing after the smallest particles – how analytics of Ruhr water changed in the course of 40 years	134
<hr/>		15 20 years of cooperation between agriculture and water management in the Ruhr catchment area	135
3 The Ruhr and its tributaries	30	16 Water protection areas in the Ruhr catchment area	141
– Physico-chemical examinations along the Ruhr	30	17 Expansion of water treatment at the waterworks Mönnebogen of the municipal utilities Arnsberg	149
– Physico-chemical examinations in line with the European Water Framework Directive	38	18 Organic trace substances in the Ruhr	154
– Hydrobiological examinations	46	19 Sealing wall waterworks Essen-Kettwig – a measure to secure local water supply in view of the expected consequences of climate change	163
– Trophic situation in the Ruhr	68	<hr/>	
<hr/>		20 Structure of the AWWR	168
4 Reservoir examinations		– Members and permanent guests	168
– Möhne Reservoir	69	– Contacts	168
<hr/>		– Committees and working groups	169
5 Organic micropollutants in the Ruhr	78	<hr/>	
<hr/>		21 The AWWR – facts and figures	171
Special research programmes	92	<hr/>	
6 Micropollution in the outlet of municipal sewage treatment plants	92	22 Analytical findings of the water quality committee	172
7 Origin and occurrence of benzotriazoles in waters and wastewater	100	– Introduction	172
8 Occurrence of the invasive species <i>Hemimysis anomala</i> – bloody-red mysid shrimp – in the Möhne Reservoir	106	– Explanation and annotation	174
9 Concretisation of measures to improve the water condition in line with the European Water Framework Directive – conclusions for the Ruhr catchment area	113	<hr/>	
<hr/>		Selection of publications	214
10 Registered cases of water pollution in 2011	117	<hr/>	
<hr/>			
11 Performance of the Ruhrverband's sewage treatment plants	118		
<hr/>			
12 The Ruhrverband – facts and figures	124		
<hr/>			



Der Stausee Kemnade bereichert seit 1979 die Naherholung im Bochumer Süden



Die Entwicklung der Wasserqualität der Ruhr und ihrer Nebengewässer zu dokumentieren, den Erfolg bisheriger Maßnahmen zu kontrollieren und Hinweise für die Optimierung zukünftigen Handelns zu geben – diese Ziele verfolgt der Ruhrgütebericht, der mittlerweile im 39. Jahr erscheint. Wie schon in den Vorjahren soll auch der vorliegende Bericht die Fachöffentlichkeit und die Bevölkerung in unserer Region transparent und nachvollziehbar über den aktuellen Zustand der Ruhr und ihrer Nebengewässer informieren und zu kritischer Diskussion anregen.

Die Ruhr dient neben vielfältigen weiteren Nutzungen der qualitativ hochwertigen Trinkwasserversorgung von aktuell rund 4,6 Millionen Menschen. Im Jahr 2011 hat das Kooperationslaboratorium von Ruhrverband und Emschergerossenschaft/Lippeverband für den Ruhrverband etwa 10.000 Wasser- und Feststoffproben genommen und diese auf rund 220.000 Beschaffenheitsmerkmale geprüft. Darüber hinaus messen neun Gewässerüberwachungsstationen an Hand von Standardparametern kontinuierlich die Veränderungen der Wasserqualität der Ruhr. Die so gewonnenen Daten werden auf Basis internationaler und nationaler Vorgaben sowie aktuellen wissenschaftlichen Erkenntnissen bewertet.

Mit erfreulichen Ergebnissen: Die noch in den 1990er Jahren in Diskussion stehenden Konzentrationswerte der organischen Summenparameter (BSB₅, CSB), des Sauerstoffs, der Nährstoffe (Phosphor und Stickstoff) und der Schwermetalle bescheinigen der Ruhr nach Maßstäblichkeiten der Europäischen Wasserrahmenrichtlinie (EG-WRRRL) seit Jahren an den meisten Messstellen einen „guten“ bis „sehr guten“ Zustand. Bei den Schwermetallen entsprachen allerdings die Kupfer- und Zink- sowie im Oberlauf der Ruhr die Cadmiumkonzentrationen aufgrund der anthropogenen bzw. geogenen Grundbelastungen wie in den Vorjahren nur einem „mäßigen“ Zustand.

Die hydrobiologischen Untersuchungen zum saprobiellen Zustand der Ruhr und ihrer Nebengewässer bestätigen die Bewertung der oben genannten Kenngrößen. So zeigten 96 Prozent der im Jahr 2011 untersuchten Probenahmestellen einen „guten“ bis „sehr guten“ Zustand an. Zurückzuführen ist dies auch auf die Anfang der 1990er Jahre seitens der Europäischen Union verschärfte Anforderungen an die Reinigungsleistungen der Kläranlagen. Deutschland hat in seiner nationalen Abwasserverordnung geregelt, dass flächendeckend die höchsten Anforderungen gelten sollen, und erfüllt diese Emissionsanforderungen im Gegensatz zu den meisten anderen europäischen Staaten zu 100%. Der Ruhrverband unterschreitet die geforderten Grenzkonzentrationen bei den Parametern CSB, Phosphor, anorganisch gebundener Stickstoff und Ammonium-Stickstoff im Mittel um rund 50%. Die Stickstoffüberwachungswerte für die Kläranlagen gelten dabei ausschließlich für Abwassertemperaturen über 12 °C. Dennoch werden als überobligatorischer Aufwand für die Ruhrverbands-Mitgliedergruppe der Wasserentnehmer auch in den Wintermonaten und damit bei Temperaturen unter 12 °C Ablaufwerte von im Mittel 9,4 mg/l für den anorganisch gebundenen Stickstoff und 2,1 mg/l für Ammonium-Stickstoff durch gezielte Nitrifikation und Denitrifikation auf den Kläranlagen erreicht. Damit liegen wir auch in den Wintermonaten unter den Sommervorgaben.

Die Bewertung der hydrobiologischen Untersuchungen hinsichtlich der Strukturgüte mit dem Modul „Allgemeine Degradation“ fällt allerdings für die Ruhr und ihre Nebengewässer nicht so erfreulich wie die Saprobie aus. Bei rund der Hälfte der Probenahmestellen liegt ein „mäßiger“, „unbefriedigender“ und in wenigen Fällen auch ein „schlechter“ Zustand vor. Die Ursachen sind zu meist veränderte Uferstrukturen, begradigte Fluss- und Bachläufe, ausgebaute Gewässersohlen oder Querbauwerke, Umstände also, die größtenteils außerhalb der Einflusssphäre des Ruhrverbands liegen. Die im Zuge der EG-WRRRL aufgestellten Maßnahmenpläne sehen vielfältige Projekte zur Verbesserung der Strukturgüte vor, die in den nächsten Jahren mit Hilfe von Fördergeldern des Landes Nordrhein-Westfalen durch die Gewässerunterhalter umgesetzt werden sollen. Der Ruhrverband berät seine Mitglieder bei der Umsetzung dieser Vorhaben und setzt eigene Maßnahmen dort um, wo er selbst Gewässereigentümer ist.

Die hohe Globalstrahlung und der geringe Abfluss der Ruhr hatten im Frühjahr 2011 eine vermehrte Algenentwicklung zur Folge, wobei die in der Vegetationsperiode festgestellten Algenarten weiterhin auf eine geringe Nährstoffbelastung hinweisen. Die durch das Plankton hervorgerufene Lichtminderung auf dem Grund der vier oberen Ruhrstauseen reichte allerdings nur im Baldeneysee aus, um das Wachstum von *Elodea nuttallii* auf eine den Wassersport nicht behindernde räumlich begrenzte, kurze Wachstumsphase zu beschränken. – In allen Talsperren des Ruhrverbands wurden die bereits seit vielen Jahren festgestellten meso- und oligotrophen Verhältnisse trotz der ungünstigen meteorologischen Voraussetzungen sicher eingehalten.

Die Tendenz abnehmender PFT-Konzentrationen in Ruhr und Möhne setzte sich auch im Jahr 2011 fort. In der Ruhr bei Essen betrug die durchschnittliche Konzentration der beiden Hauptkomponenten PFOA und PFOS als Summe 26 ng/l. Die PFT-Frachten an der Ruhrmündung sind gegenüber dem Jahr 2007 um 71 % gesunken. Seit dem PFT-Skandal im Jahr 2006 werden oberflächengewässerrelevante organische Mikroverunreinigungen in der Fachöffentlichkeit viel diskutiert. Der Ruhrverband ist mittlerweile in der Lage, in seinen Messprogrammen über 300 organische Einzelverbindungen zu erfassen. Die große Mehrzahl davon hat in der Ruhr keine Relevanz. Bei den endokrin wirkenden Substanzen zeigt Bisphenol A einige Befunde, erreichte aber an keiner Stelle der Ruhr eine mediane Konzentration im Bereich des vorgeschlagenen Qualitätskriteriums von 0,1 µg/l. Von Bedeutung sind in der Ruhr die phosphororganischen Flammschutzmittel und Weichmacher, darunter insbesondere das TCPP und das TBEP. Bei den synthetischen Komplexbildnern DTPA und EDTA waren Belastungsschwerpunkte durch industrielle Einleitungen nachzuweisen. Bei den Arzneimittelrückständen und Diagnostika sind die Röntgenkontrastmittel Iomeprol, Iopamidol und Amidotrizoesäure sowie der Betablocker Metoprolol auffällig.



Professor Dr.-Ing.
Harro Bode

Derzeit wird ein Verordnungsentwurf der EU-Kommission diskutiert, aus dem eine weitere Begrenzung und – gegenüber heute – eine Herabsetzung der Einleitung so genannter prioritärer Stoffe in Oberflächengewässer erwachsen könnte. Die im Entwurf genannten Grenzkonzentrationen wurden aus dem Schutzbedürfnis empfindlicher aquatischer Lebewesen abgeleitet und mit Sicherheitsfaktoren belegt. Zum Teil sind die Grenzwerte so niedrig, dass sie analytisch nicht erfasst werden können. Bei der Ermittlung von Grenzwerten selbst für unser Lebensmittel Nr. 1, das Trinkwasser, werden, z.B. bei kanzerogenen Stoffen, tolerierbare (also sehr geringe) Gesundheitsrisiken einkalkuliert und hingenommen. Daher liegen jetzt die Grenzwerte einiger Parameter im Trinkwasser über denen dieses Verordnungsentwurfes. Dementsprechend müsste ggf. konsequenterweise in solchen Fällen die Einleitung von Trinkwasser in unsere Flüsse und Seen verboten werden, da sie eine unzulässige Belastung mit sich brächte. Vor diesem Hintergrund muss die Frage gestellt werden, ob das beabsichtigte Schutzniveau angemessen abgeleitet wurde und überhaupt noch eine vernünftige Verhältnismäßigkeit gegeben ist.

Seit Oktober 2010 betreibt der Ruhrverband in Schwerte eine großtechnische Versuchsanlage zur Entfernung von Mikroverunreinigungen aus dem Abwasser. Die Versuche sind in ein Forschungsvorhaben des Landes Nordrhein-Westfalen eingebettet, das die erzielbaren Eliminationsleistungen für unterschiedliche organische Mikroverunreinigungen ermitteln soll. Obwohl die Versuche erst Mitte 2013 abgeschlossen werden, ist bereits absehbar, dass ohne größere Investitionen, höhere Betriebskosten und einen deutlich steigenden Energieverbrauch eine weitergehende Entfernung von organischen Mikroverunreinigungen aus dem Abwasser nicht möglich sein wird.

Die intensiven Messprogramme belegen, dass das Wasser der Ruhr in den letzten Jahren immer sauberer geworden ist. Daher wünschen sich viele Menschen an schönen Sommertagen, im kühlen Fluss baden zu können. Das am 1. Januar 2012 begonnene Forschungsvorhaben „Sichere Ruhr“ untersucht derzeit, ob die hygienischen Bedenken dank des intensiven Gewässerschutzes nicht längst überholt sind bzw. welche weiteren Maßnahmen erforderlich sind, um die hygienische Qualität der Ruhr soweit zu verbessern, dass eine Aufhebung des Badeverbots stellen- und zeitweise möglich würde. An dem dreijährigen Verbundprojekt sind neben dem Ruhrverband neun regionale Partner aus Wissenschaft, aus dem Kreis gemeinnütziger Institute und aus der Industrie unter der Projektleitung des Rheinisch-Westfälischen Instituts für Wasserforschung GmbH (IWW) beteiligt.

Die Mitwirkung an den beiden genannten Forschungsvorhaben zeigt, dass der Ruhrverband intensiv mit anderen Partnern zusammenarbeitet, um zu ergründen, ob sich die Ruhrwasserqualität weiter verbessern lässt. Alle innovativen Ansätze müssen allerdings vor ihrer Umsetzung einer kritischen Kosten-Nutzen/Kosten-Risiko Abwägung unterzogen werden.

Den Akteuren der Wasserwirtschaft an der Ruhr danken wir für ihre steten 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

Documenting the development of the water quality of the Ruhr and its tributaries, monitoring the success of activities carried out so far and indicating how to optimise future actions – these are the objectives of the Ruhr Water Quality Report, which meanwhile has been appearing for 39 years. Just like in the years before, this report as well shall serve as a source of transparent and comprehensible information on the current condition of the Ruhr and its backwaters to the expert community and the general public and stimulate a thorough discussion.

Apart from serving many other purposes, the Ruhr supplies high-quality drinking water for currently around 4.6 million people. In 2011, the joint laboratory of the Ruhrverband and the Emschergenossenschaft/Lippeverband took around 10,000 liquid and solid samples for the Ruhrverband and examined these samples regarding around 220,000 quality features. In addition, nine water monitoring stations continuously document any changes in the Ruhr's water quality on the basis of standard parameters. The retrieved data are being evaluated according to international and national requirements as well as up-to-date scientific standards.

The results are pleasing: The concentrations of organic sum parameters (BOD₅, COD), oxygen, nutrients (phosphorus and nitrogen) and heavy metals – which still gave rise to discussions during the 1990s – are proof to the “good” to “very good” condition which the Ruhr has been achieving for several years at most of the sampling points according to the standards of the European Water Framework Directive. Like in the past years, however, the concentrations of the heavy metals copper and zinc as well as cadmium in the upper reaches of the Ruhr could only be classified as “moderate” due to anthropogenic or geogenic basic loads.

The hydrobiological examinations on the saprobic condition of the Ruhr and its tributaries validate the evaluation of the parameters mentioned above. After all, 96 % of all sampling points monitored in 2011 achieved a “good” or “very good” condition. This result can also be attributed to the fact that the European Union reinforced its requirements regarding the treatment performance of sewage treatment plants in the early 1990s. In its national wastewater regulation, Germany laid down that the highest standards shall be applied throughout the nation, and contrary to most other European countries fulfils 100 percent of these emission requirements. The concentrations for COD, phosphorus, inorganically bound nitrogen and ammonium nitrogen measured by the Ruhrverband fall below the required limits by an average of 50 percent. The nitrogen monitoring values for the sewage treatment plants are only applicable to wastewater temperatures of above 12 °C. And still, even during the winter months and thus at temperatures of below 12 °C, average outlet values of 9.4 mg/l for inorganically bound nitrogen and 2.1 mg/l for ammonium nitrogen are being reached through targeted nitrification and denitrification at the sewage treatment plants – an effort on part of the Ruhrverband's member group of water abstractors which goes well beyond their obligation. We thus more than fulfil the summer requirements even during winter.

The evaluation of the hydrobiological examinations regarding the structural quality via the module “general degradation” for the Ruhr and its backwaters, however, is not as satisfactory as that of the saprobic condition. At around half of the sampling points, a “moderate”, “poor” and in some cases also “bad” condition had to be documented, caused mostly by changes in the water structure, rectified rivers and streams, expanded river beds or weirs – and thus circumstances which to a large extent cannot be influenced by the Ruhrverband. The action plans set up in line with the European Water Framework Directive comprise many projects for the improvement of the structural quality, which shall be implemented by the waters' operators during the next few years with the help of funding from the State of North Rhine-Westphalia. The Ruhrverband provides advice to its members when it comes to implementing these projects and carries out its own measures wherever the association itself is the owner of the water in question.

High global radiation and low runoff of the Ruhr led to increased algae development in spring 2011, while the kinds of algae documented during the vegetation period still indicate a low nutrient load. The reduction of light through plankton on the ground of the four upstream impounding lakes, however, did suffice only in case of Lake Baldeney to limit the development of *Elodea nuttallii* to a short growth period of limited extension which wouldn't interfere with water sports. – In all of the Ruhrverband's reservoirs, the mesotrophic and oligotrophic conditions, which have been achieved for many years already, could be safely met despite the unfavourable meteorological circumstances.

The trend of decreasing PFC concentrations in the Ruhr and the Möhne continued in 2011. In the Ruhr at Essen, the average concentration for the two major components PFOA and PFOS combined amounted to 26 ng/l. PFC loads at the Ruhr's mouth declined by 71 % compared to 2007. Ever since the PFC scandal in 2006, organic micropollutants relevant to surface water have been under discussion among the expert community. The Ruhrverband is meanwhile able to monitor more than 300 organic compounds in its measuring programme. The large majority of them has no relevance for the Ruhr. Regarding substances with an endocrine effect, bisphenol A could be detected, but didn't reach a median concentration in the range of the suggested quality standard of 0.1 µg/l at any of the sampling points in the Ruhr. Organic phosphorus flame retardants and softeners are relevant in the Ruhr, among them especially TCPP and TBEP. Regarding the synthetic complexing agents DTPA and EDTA, areas of major loads due to industrial input could be documented. When it comes to pharmaceutical residues and diagnostic agents, the radiocontrast agents iomeprol, iopamidol and amidotrizoic acid as well as the beta blocker metoprolol stick out.

A draft regulation from the EU Commission is currently under discussion, which could lead to further limiting and – compared to today's standards – reducing the input of so-called priority substances. The concentration limits mentioned in the draft have been deducted from the protection requirements of sensitive aquatic creatures and underpinned with safety factors. Part of the

limits are so low that they cannot even be analytically documented. When limits for our most important good – drinking water – are being determined, tolerable (meaning very low) health risks are being factored in and accepted, for instance in case of carcinogenic substances. This is why today's limits for some parameters regarding drinking water are higher than the values foreseen in the draft regulation. As a consequence, the inflow of drinking water into our rivers and lakes would strictly speaking have to be banned in such cases as it would entail inadmissible loads. Against this background, the question needs to be asked whether this level of protection has been determined on the appropriate basis and whether sensible proportions are still being applied here.

Since October 2010, the Ruhrverband has been running a large-scale testing facility for the elimination of micropollutants from wastewater in Schwerte. The tests are part of a research project of the State of North Rhine-Westphalia designed to determine potential elimination rates for different organic micropollutants. Even though the trials will only be completed in mid-2013, it can already be said that further elimination of organic micropollutants from wastewater will not be possible without major investments, higher operating costs and significantly increasing energy consumption.

Thorough measuring programmes are proof to the fact that the Ruhr's water has become cleaner and cleaner during the past years. That's why on nice summer days, many people would like to go swimming in the cool river. As part of the research project "Safe Ruhr", started on January 1, 2012, it is currently being examined whether the sanitary concerns have become obsolete thanks to reinforced water protection or which further actions would be required to improve the sanitary quality of the Ruhr to an extent that lifting the ban on swimming would become possible at certain times and in certain areas. Apart from the Ruhrverband, nine regional partners from science, non-profit institutes and industry are participating in the three-year joint project under the direction of the Rhenish-Westphalian Institute for Water Research (IWW).

The participation in the two research projects mentioned above shows that the Ruhrverband cooperates intensely with other partners to find out how to further improve the Ruhr's water quality. Any innovative approach, however, first has to pass a critical cost-benefit and cost-risk analysis before being implemented.

Our thanks go to the water management stakeholders along the Ruhr for their continuous efforts to maintain and improve the Ruhr's water quality. We wish all of our readers an interesting perusal of this year's Ruhr Water Quality Report.

Wasserführung der Ruhr

Im Ruhreinzugsgebiet wird die Wasserführung maßgeblich durch den Betrieb von Talsperren, Kläranlagen und Wasserkraftanlagen sowie durch die Entnahme seitens der Wasserwerke beeinflusst. Das Abflussjahr 2011 war durch extreme Abflussgegensätze geprägt. Während im November und Januar große Hochwasserereignisse auftraten, erforderte ein sehr trockenes Frühjahr schon im März eine Stützung der Wasserführung durch die Talsperren. Bis Ende Mai erreichte die Zuschusspflicht eine Höhe, wie sie seit Inkrafttreten des Ruhrverbandsgesetzes im Jahr 1990 noch nicht registriert wurde. Der mittlere Abfluss am Pegel Hattingen im Abflussjahr 2011 berechnet sich zu $MQ_{2011} = 70,5 \text{ m}^3/\text{s}$ und entspricht fast exakt dem langjährigen Mittel von $MQ_{1986-2010} = 70,7 \text{ m}^3/\text{s}$.

Zeitlich dichte physikalisch-chemische Überwachung der Ruhr bei Essen

Die Bewertung der ermittelten Daten erfolgte auf der Basis internationaler und nationaler Vorgaben, die Orientierungswerte, Umweltqualitätsnormen, Zielwerte oder sonstige Anforderungen für zahlreiche Kenngrößen benennen. Obwohl eine stärkere Algenentwicklung als in den Vorjahren zu einem Anstieg der Sekundärbelastung in Essen-Rellinghausen führte, wurden die Kriterien für einen „sehr guten“ ökologischen Zustand von den organischen Kenngrößen BSB_5 (ohne ATH) und TOC erfüllt. Das Gleiche galt für den Sauerstoffhaushalt, während im Frühjahr pH-Werte $> 8,5$ eine Einstufung in „mäßig“ erforderten. Die Kenngrößen Wassertemperatur, Chlorid, Gesamt- und o-Phosphat-Phosphor sowie Ammonium-Stickstoff erhielten die Bewertung „gut“. Die Schwermetalle hielten mehrheitlich die Umweltqualitätsnormen „sehr gut“ bzw. „gut“ ein, die Kupfer- und Zinkkonzentrationen entsprachen einem „mäßigen“ Zustand.

Physikalisch-chemische Ruhrlängsuntersuchungen

Die im vierwöchentlichen Abstand durchgeführten Untersuchungen der Ruhr an zwölf repräsentativen Stellen erfassen sowohl den räumlichen als auch den zeitlichen Aspekt, unterschiedliche meteorologische und hydrologische Bedingungen sowie verschiedene Belastungssituationen. Nach den Kriterien der EG-WRRL lag bei fast allen physikalisch-chemischen Kenngrößen ein „guter“ bzw. „sehr guter“ Zustand vor. Aufgrund der ausgeprägten frühjährlichen Primär- und Sekundärproduktion war die Bandbreite der Messwerte für den Gesamtphosphor, die organischen Kenngrößen BSB_5 (ohne ATH), CSB und TOC, den pH-Wert sowie den Sauerstoffgehalt höher als in den vorangegangenen Jahren. Das seit mehreren Jahren erreichte niedrige Konzentrationsniveau wurde bei fast allen Kenngrößen gehalten. Bei den Schwermetallen Zink und Cadmium führte vor allem die geogene Belastung im Oberlauf der Ruhr zu „mäßigen“ bis teilweise „schlechten“ Einstufungen. Im Fließverlauf nahmen die Konzentrationen beider Schwermetalle ab, was in der unteren Ruhr zu einer besseren Bewertung führte.

Physikalisch-chemische Untersuchungen gemäß EG-WRRL

Das operative Monitoring wurde auch im Jahr 2011 in Kooperation mit den Landesbehörden durchgeführt. Die Bewertung der Untersuchungsbefunde von 50 Gewässern aus sieben Planungseinheiten erfolgte auf der Basis von Umweltqualitätsnormen sowie weiterer gesetzlich nicht verbindlicher Orientierungswerte. Die Allgemeinen Chemischen und Physikalischen Parameter dokumentieren überwiegend einen „sehr guten“ oder „guten“ Zustand der Gewässer. Einige Ausnahmen betrafen den pH-Wert, den Gesamtphosphor sowie vereinzelt den Ammonium-Stickstoff und den TOC. Das Verfehlen des „guten“ Zustands beim Phosphor an 15 von 95 Stellen wird sowohl auf diffuse Einträge als auch auf Abschlüsse von Mischwasser bzw. Abspülungen befestigter Flächen zurückgeführt.

In der Gruppe der Schwermetalle wurde der „gute“ Zustand am häufigsten bei den geogen bzw. anthropogen beeinflussten Elementen Zink, Kupfer und Cadmium verfehlt. Überschreitungen der relativ strengen UQN für Silber traten an 13 der 73 untersuchten Stellen auf. An ausgesuchten Stellen wurden die Untersuchungen um Arzneimittelwirkstoffe und Diagnostika, PBSM, PAK, PFT, LHKW, PCB und Phosphorsäureester erweitert. Die häufigsten Bewertungen mit „mäßig“ oder schlechter betrafen dabei das Antirheumatikum Ibuprofen, das Antibiotikum Clarithromycin, das Röntgenkontrastmittel Iopamidol sowie vereinzelt das Schmerzmittel Diclofenac.

Hydrobiologische Untersuchungen gemäß EG-WRRL

Die hydrobiologischen Untersuchungen erfassen die Zusammensetzung der Wirbellosenfauna als eine wichtige Qualitätskomponente zur Beschreibung des ökologischen Gewässerzustands. Von den 152 im Zuge des operativen Monitorings im Jahr 2011 betrachteten Probenahmestellen an ausgewählten Nebengewässern und einzelnen Abschnitten der Ruhr konnten bis auf sechs Stellen alle hinsichtlich des saprobiellen Zustands mit „gut“ oder „sehr gut“ bewertet werden. Die Gesamtheit der seit 2006 untersuchten Probenahmestellen zeigte damit wie bereits im Vorjahr zu 96 % einen „guten“ oder „sehr guten“ saprobiellen Zustand. Hinsichtlich der „Allgemeinen Degradation“ machte dieser Anteil nur rund 50 % aus, was seine Ursache in durch Ausbau und Nutzung veränderten Gewässerstrukturen hat.

Trophische Situation in der Ruhr

Günstige abiotische Bedingungen hatten im Frühjahr 2011 in der mittleren und unteren Ruhr eine vermehrte Algenentwicklung zur Folge. In Essen-Rellinghausen lag das Mittel der Chlorophyll-a-Konzentrationen in der Vegetationsperiode erstmals seit sieben Jahren wieder über der für planktonführende Fließgewässer charakteristischen Konzentration von $20 \mu\text{g}/\text{l}$. Die Zusammensetzung des Phytoplanktons mit der Dominanz der Kieselalgen, dem stetigen Auftreten von Goldalgen und den geringen Anteilen von Grün- und Blaualgen kann als Indiz für einen niedrigen Trophiegrad angesehen werden. Die durch das Plankton verursachte Trübung reichte nicht aus, das Wachstum von *Elodea nuttallii* in den oberen drei Stauseen Hengstey, Harkort und Kernade zu un-

terbinden. Hier stellte sich erneut der Makrophyten-dominierte Zustand ein.

Auch im Baldeneysee kam es im Frühjahr bei geringen Abflüssen und hoher Globalstrahlung zu einer starken Algenentwicklung. Im Jahresverlauf blieb sie – auch als Folge der Fraßaktivität des Zooplanktons – mit Wochenmitteln bis etwa 40 µg/l Chlorophyll-a insgesamt auf einem niedrigen Niveau. Die Lichtlimitierung durch das Plankton reichte aus, das Makrophytenwachstum auf eine räumlich begrenzte, kurze Vegetationsperiode zu beschränken, so dass der Baldeneysee im Jahr 2011 wieder dem Phytoplankton-dominierten Zustand zugerechnet wird. Erstmals wurden die Wasserpflanzenbestände hier nicht von *Elodea nuttallii*, sondern überwiegend vom Igelkolben *Sparganium emersum* gebildet.

Talsperrenuntersuchungen – Möhnetalsperre

Auf Grund der sommerlichen Verhältnisse im Frühjahr und einer lange andauernden strahlungsreichen Periode im Herbst verlängerte sich die Vegetationsperiode um etwa einen Monat. Die Folge waren höhere Chlorophyll-a-Konzentrationen als in den Vorjahren, was in fast allen Talsperren zu einem leichten Anstieg der Trophieindizes führte. Außergewöhnliche Beanspruchungen des Sauerstoffhaushalts waren jedoch trotz der erhöhten Primärproduktion nicht zu verzeichnen, und auch bei den physikalisch-chemischen und biologischen Komponenten traten keine Überschreitungen entsprechend der Vorgaben der EG-WRRRL auf. Meso- oder oligotrophe Verhältnisse wurden trotz der für die Trophie ungünstigen meteorologischen Voraussetzungen an allen Talsperren sicher eingehalten.

In der Möhnetalsperre hatten die Fixierung von Phosphor in der planktischen Biomasse und die oberflächige Abschwemmungen aus landwirtschaftlich genutzten Flächen einen Anstieg der Phosphorkonzentration zur Folge. Die Eintrübung des Epilimnions durch das Phyto- und Zooplankton, das die typische Jahressukzession aufwies, verringerte im Vorjahresvergleich die Sichttiefe. Am Beispiel der Möhnetalsperre konnte gezeigt werden, dass sich die durchschnittlichen Wassertemperaturen in den letzten 30 Jahren geringfügig, aber messbar erhöht haben. Welchen Einfluss die Klimaerwärmung über eine verlängerte Sommerstagnation auf die ökologischen Verhältnisse in der Talsperre hat, wird sich in den nächsten Jahren zeigen.

Organische Mikroverunreinigungen in der Ruhr

Das Messprogramm zur Überwachung der Wasserqualität hinsichtlich organischer Mikroverunreinigungen erfasst ca. 330 organische Einzelverbindungen. Die große Mehrzahl organischer Mikroverunreinigungen hat in der Ruhr keine Relevanz. Von den klassischen Lösemitteln konnten Tetrachlorethen und Trichlormethan am häufigsten nachgewiesen werden, blieben aber ebenso wie die weiteren flüchtigen organischen Stoffe der Verbindungsgruppen LHKW und BTXE im niedrigen Konzentrationsbereich unter 0,1 µg/l. Bei den Benzinzusatzstoffen MTBE und ETBE setzte sich der erfreuliche Trend rückläufiger Konzentrationen im Ruhrwasser fort. Die als prioritär gefährlich eingestufteten kurzkettigen Chloralkane wurden in der Ruhr nicht nachgewiesen (Bestimmungsgrenze 0,1 µg/l). Von den Stoffen mit endokriner Wirkung

hatte das ubiquitär verbreitete Bisphenol A deutlich häufiger Befunde als die Alkylphenole, erreichte aber an keiner Stelle der Ruhr eine mediane Konzentration im Bereich des vorgeschlagenen Qualitätskriteriums von 0,1 µg/l. Aus der Gruppe der Biozide und Pflanzenschutzmittel konnten drei Einzelstoffe in niedrigen Konzentrationen nachgewiesen werden.

Von Bedeutung sind in der Ruhr die phosphororganischen Flammenschutzmittel und Weichmacher, darunter insbesondere das TCPP und das TBEP. Das nichtionische Tensid TMDD zählt zu den Mikroverunreinigungen mit vergleichsweise hohen Konzentrationen in der Ruhr. Noch bedeutsamer sind die Konzentrationen der synthetischen Komplexbildner DTPA und EDTA, für die Belastungsschwerpunkte durch industrielle Einleitungen nachzuweisen waren.

Die Tendenz abnehmender PFT-Konzentrationen in Ruhr und Möhne wurde auch im Jahr 2011 bestätigt. Im Hauptbecken der Möhnetalsperre betrug die durchschnittliche Konzentration der beiden Hauptkomponenten PFOA und PFOS 47 ng/l, in der Ruhr bei Essen waren es im Mittel 26 ng/l. Auch die Konzentrationen der kürzerkettigen Verbindungen waren weiter rückläufig. Eine Überschreitung des Trinkwasserzielwertes von 100 ng/l für die Summe aus PFOA und PFOS ist heute nicht mehr zu erwarten. Die PFT-Frachten an der Ruhrmündung sind von 513 g/d im Jahr 2007 um 71 % auf nunmehr 148 g/d gesunken. Die rückläufige Emission über die kommunalen Kläranlagen ist insbesondere auf erfolgreiche Substitutions- und Abwasserbehandlungsmaßnahmen des metallbe- und -verarbeitenden Gewerbes zurückzuführen. Die Untersuchungen der Ruhr auf Arzneimittelrückstände und Diagnostika wurden im Jahr 2011 fortgesetzt. In Essen-Rellinghausen erreichten die Röntgenkontrastmittel Iomeprol, Iopamidol und Amidotrizoesäure typische Konzentrationen im Bereich von 0,5 bis 1 µg/l. Für die erstmals gemessenen Wirkstoffe Paracetamol, Acetyl-Sulfamethoxazol und Ritalinsäure wurden geringe Konzentrationen von meist unter 0,1 µg/l ermittelt. Das Medikament mit den höchsten Konzentrationen (Median 0,23 µg/l) war wiederum der Betablocker Metoprolol.

Organische Mikroverunreinigungen im Ablauf kommunaler Kläranlagen

Die aktuelle Emission organischer Mikroverunreinigungen durch die Verbandskläranlagen wurde in einer umfassenden Monitoringuntersuchung erfasst. Das Analysenprogramm enthielt insgesamt 99 Stoffe aus den Gruppen der Flammenschutzmittel, Tenside, Konservierungs- und Korrosionsschutzmittel, PFT, Röntgenkontrastmittel sowie Arzneimittelwirkstoffe, zu denen erstmals auch 26 Antibiotika zählten. Bei 24 Verbindungen lag der Anteil positiver Befunde über 90 % der untersuchten Proben. Die für das Flammenschutzmittel TCPP, die Arzneimittelwirkstoffe Diclofenac und Carbamazepin sowie das Diagnostikum Amidotrizoesäure ermittelten Konzentrationen bzw. einwohnerspezifischen Frachten sind in der Größenordnung vergleichbar mit denen aus dem Jahr 2009. Zu den Stoffen mit den höchsten Konzentrationen zählen das TCPP, das Korrosionsschutzmittel 1H-Benzotriazol, das Tensid TMDD sowie der Konservierungsstoff Methylparaben. Bei den Arzneimittelwirkstoffen handelt es sich um Metoprolol, Diclofenac (Medianwert 0,70 µg/l), Carbamazepin (Medianwert 0,42 µg/l), Bezafibrat

sowie die Antibiotika Sulfamethoxazol (Medianwert 0,31 µg/l), Sulfapyridin und Clarithromycin (Medianwert 0,20 µg/l), bei den Diagnostika sind es Amidotrizoesäure, Iomeprol und Iopamidol.

Herkunft und Vorkommen von Benzotriazolen

Die Stoffgruppe der Benzotriazole gehört zu den „neuen“ organischen Stoffen, deren ubiquitäre Verbreitung in der aquatischen Umwelt heute durch eine immer sensitivere Analytik nachweisbar ist. Benzotriazole finden vielfältige Anwendungen in der Industrie und im Haushalt, so z.B. als Korrosionsschutz in Maschinenschirrspülmitteln. In der Ruhr bei Essen-Rellinghausen wurden im Jahr 2011 für drei Verbindungen Medianwerte zwischen 0,16 und 0,67 µg/l ermittelt. Mit steigendem Abfluss abnehmende Konzentrationen weisen darauf hin, dass diffuse Quellen eher von untergeordneter Bedeutung sind. Die Verbandskläranlagen zeigten in zwei Messkampagnen überwiegend geringe Schwankungen für die emittierten einwohnerspezifischen Frachten, wobei Anlagen mit signifikantem gewerblich-industriellen Anteil allerdings durch höhere Belastungen auffielen. Die Eliminationsraten zwischen 14 und 80 % bestätigten die mäßig bis mittel gute Abbaubarkeit im konventionellen Kläranlagenbetrieb.

Das Vorkommen der Neozoe *Hemimysis anomala* – Schwebgarnele – in der Möhnetalsperre

Die Schwebgarnele *Hemimysis anomala* gehört zu den nicht-heimischen Tierarten, den „Neozoen“. Ursprünglich im ponto-kaspischen Raum beheimatet, kommt sie in der unteren Ruhr und isoliert in der Möhnetalsperre vor. Dort wurden Untersuchungen zum Vorkommen und zur Ökologie durchgeführt. Fänge belegen, dass die Art in der Talsperre sowohl am Gewässergrund als auch im Freiwasser in Wassertiefen bis zu 21 m lebt. Als Filtrierer von Phytoplankton und Räuber von Zooplankton ist sie ein Glied des planktischen Nahrungsnetzes in der Möhnetalsperre. Statistisch konnte jedoch weder anhand der Chlorophyll-a-Konzentrationen noch anhand der Phyto- und Zooplanktonentwicklung ein Einfluss von *Hemimysis anomala* auf die trophische Situation nachgewiesen werden. Da sie Barschen als Nahrung dient und seit ihrem Auftreten eine Zunahme der Bestände barschartiger Fische beobachtet werden kann, liegt hier ein kausaler Zusammenhang nahe. Gezielte fischereiwirtschaftliche Anpassungsmaßnahmen sind jedoch bisher nicht erforderlich.

Konkretisierung von Maßnahmen zur Verbesserung des Gewässerzustands nach EG-WRRL

In acht im Ruhreinzugsgebiet eingerichteten Kooperationen erfolgte auf regionaler Ebene die Erarbeitung von so genannten Umsetzungsfahrplänen mit dem Ziel, die im ersten Bewirtschaftungsplan benannten Programmmaßnahmen in konkrete Projekte zu überführen. Diese Umsetzungsfahrpläne haben vor allem Maßnahmen zur Verbesserung der Gewässerstruktur zum Inhalt, deren Konkretisierung auf einer vom Land Nordrhein-Westfalen erstellten Arbeitshilfe zur Anwendung des Strahlursprungs- und Trittssteinkonzeptes basiert. Um den gesamten Arbeitsprozess weitgehend transparent, nachvollziehbar und vor allem partizipativ zu

gestalten, dienten mehrere Workshops der Verständigung zwischen Behörde und potenziellen Maßnahmenträgern über mögliche Maßnahmen an den einzelnen Wasserkörpern. Im Rahmen dieser Workshops hat der Ruhrverband sein Wissen über die Verhältnisse vor Ort sowie fachliche, planerische und organisatorische Zusammenhänge in den Planungs- und Abstimmungsprozess eingebracht.

Registrierte Gewässerverunreinigungen des Jahres 2011

Mit lediglich fünf relevanten Ereignissen war die Zahl der Gewässerversunfälle niedriger als in den Vorjahren. Allerdings war in zwei Fällen, zum einen in der Fürwiggetalsperre und zum anderen im Deilbach, ein Fischsterben zu verzeichnen. Die Ursache des Fischsterbens in der Fürwiggetalsperre im April, bei dem vorrangig Bachforellen verendeten, konnte trotz eines erheblichen Untersuchungsaufwands nicht ermittelt werden. Die Rohwasserentnahme aus der Talsperre durch die Stadtwerke Meinerzhagen wurde vorsorglich vorübergehend eingestellt. Im Mündungsbereich des Deilbachs führte Anfang Dezember die Einleitung stark alkalischen Überstandswassers durch unsachgemäße Reinigungsarbeiten an einem Regenklärbecken der Straßenaubverwaltung zum Tod mehrerer tausend Fische, die durch Verätzungen der Kiemen erstickten. Nach Schätzungen waren etwa 50 bis 80 % des Rotaugenbestandes im Baldeneysee betroffen, da sich die Fische zu diesem Zeitpunkt im Mündungsbereich des Deilbachs aufhielten. Eine nachhaltige Schädigung der Biozönose des Baldeneysees konnte nicht festgestellt werden.

Leistungen der Kläranlagen des Ruhrverbands

Auf 69 Kläranlagen wurden im Jahr 2011 rund 363 Mio. m³ Abwasser gereinigt, was ca. 6 % unter dem Vorjahreswert liegt. Ein Anteil von 71 % der Jahresabwassermenge entfiel auf Schmutzwasser, 29 % waren mitbehandeltes Niederschlagswasser. Aus einer Gesamtzulaufkraft von rd. 103,5 Mio. kg CSB errechnet sich eine mittlere Belastung von 2,36 Mio. Einwohnerwerten (E). Der spezifische Abwasseranfall von 154 m³/(E·a) ist durch Fremdwassereinfluss im bundesweiten Vergleich stark erhöht. Die konform zum bundesweiten DWA-Leistungsvergleich ermittelte Reinigungsleistung der Verbandskläranlagen betrug im Jahr 2011 für die Kenngröße CSB 93,0 %, für den Gesamtstickstoff 73,5 % und für den Gesamtphosphor 88 %. Im wassermengengewichteten Gesamtergebnis unterschritten die 80 %-Perzentile der Ablaufwerte die in den behördlichen Bescheiden geforderten Grenzkonzentrationen deutlich. Weitere Maßnahmen zur Minimierung und Verwertung der bei der Abwasserreinigung anfallenden Reststoffe wurden unter besonderer Beachtung wirtschaftlicher Gesichtspunkte realisiert. Durch die Mitbehandlung von Co-Substraten in den Faulbehältern ausgewählter Anlagen stieg über die letzten fünf Jahre der Gasertrag um 13 % auf rd. 27,6 Mio. Nm³/a.

Flow of the River Ruhr

The water flow in the Ruhr catchment area is significantly being influenced by the operation of reservoirs, sewage treatment plants and hydropower stations as well as by abstraction from the waterworks. The runoff year 2011 was characterised by extreme fluctuations in runoff. While major flooding was registered in November and January, the flow had to be supported by the reservoirs already in March due to an extremely dry spring. Until late May, the necessary inflow reached a level unprecedented ever since the Ruhrverband act entered into force in 1990. The average runoff at the gauging station Hattingen in 2011 is calculated as $MQ_{2011} = 70.5 \text{ m}^3/\text{s}$ and corresponds almost exactly to the long-term average of $MQ_{1986-2010} = 70.7 \text{ m}^3/\text{s}$.

Continuous physico-chemical Ruhr water monitoring

The collected data was evaluated on the basis of international and national regulations laying down reference values, environmental quality standards, target values or other requirements for numerous parameters. Even though stronger algae growth than in the years before led to a higher secondary load in Essen-Rellinghausen, the criteria for a "very good" ecological condition of the organic parameters BOD_5 (without ATH) and TOC could be met. The same was true for the oxygen balance, while pH-values above 8.5 demanded a classification as "moderate" in spring. The parameters water temperature, chloride, total and o-phosphate phosphorus as well as ammonium nitrogen were classified as "good". For heavy metals, mostly "very good" or "good" results could be reached, the copper and zinc concentrations were classified as "moderate".

Physico-chemical examinations along the Ruhr

The examinations at 12 representative points along the Ruhr, carried out every four weeks, record both space and time and different meteorological and hydrobiological conditions as well as different load situations. According to the criteria of the European Water Framework Directive, a "good" or "very good" condition could be reached for almost all physico-chemical parameters. Due to strong primary and secondary production in spring, the spectrum of measured values was larger than in previous years for total phosphorous, the organic parameters BOD_5 (without ATH), COD and TOC, the pH-value as well as the oxygen level. The low concentration levels of the past few years could be maintained for almost all parameters.

Especially the geogenic load in the upper reaches of the Ruhr led to "moderate" to partly "bad" classifications for the heavy metals zinc and cadmium. Concentrations for both heavy metals declined along the course of the river, leading to better results for the lower reaches of the Ruhr.

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

In 2011 as well, operative monitoring was carried out in cooperation with state authorities. The evaluation of monitoring results

for 50 waters from seven planning units took place on the basis of environmental quality standards as well as further reference values that are not legally binding. The general chemical and physical parameters mostly document a "very good" or "good" condition of the waters. Exceptions had to be made regarding the pH-value, total phosphorus and partly ammonium nitrogen and TOC. The fact that the results for phosphorus fell short of a "good" result at 15 of 95 sampling points can be attributed to input from diffuse sources as well as input from combined wastewater or drainage from sealed areas. When it comes to heavy metals, the results fell short of a "good" condition most often for the geogenically or anthropogenically influenced elements zinc, copper and cadmium. Exceedings of the relatively strict environmental quality standards for silver were registered at 13 of 73 sampling points. At selected points, monitoring was extended to include pharmaceuticals and diagnostic agents, pesticides, PAH, PFC, VHH, PCB and phosphoric acid ester. Most classifications as "moderate" or below concerned the rheumatism drug ibuprofen, the antibiotic clarithromycin, the radiocontrast agent iopamidol and in some instances the painkiller diclofenac.

Hydrobiological examinations in line with the European Water Framework Directive

The hydrobiological examinations determine the composition of the invertebrate fauna as an important quality component indicating the ecological water condition. All but six of the 152 sampling points examined in 2011 at selected tributaries and sections of the Ruhr as part of the operative monitoring indicated a "good" or "very good" saprobic condition. Just like in the year before, 96 % of all sampling points monitored since 2006 thus achieve a "good" or "very good" saprobic condition. Regarding "general degradation", this share only amounted to around 50 %, a result caused by changes in the water structure through extension and usage.

Trophic situation in the Ruhr

Favourable abiotic conditions led to reinforced algae development in the middle and lower reaches of the Ruhr in spring 2011. For the first time in seven years, the average concentration of chlorophyll a in Essen-Rellinghausen during the vegetation period exceeded the concentration of $20 \mu\text{g}/\text{l}$, which is characteristic for flowing waters with plankton. The composition of phytoplankton with a dominance of diatoms, a regular occurrence of golden algae and small amounts of chlorobionta and cyanobacteria can be seen as an indication of a low trophic level. The turbidity caused by the plankton was not sufficient to prevent the growth of *Elo-dea nuttallii* in the three upstream impounding lakes Hengstey, Harkort and Kemnade. Here again, a macrophyte-dominated condition was documented.

In Lake Baldeney as well, strong algae growth was observed in spring due to low runoffs and high global radiation. In the course of the year, however, total algae development remained at a low level with weekly averages of around $40 \mu\text{g}/\text{l}$ chlorophyll a. This was also due to the grazing of zooplankton. The limitation of light through the plankton was sufficient to limit macrophyte growth

to a short vegetation period of limited extension, so that Lake Baldey could achieve a phytoplankton-dominated state again in 2011. For the first time, European bur-reed (*Sparganium emersum*) were the dominating water plants, and not *Elodea nuttallii*.

Reservoir examinations – Möhne Reservoir

Due to the summer temperatures in spring and a long period in autumn with intense radiation, the vegetation period was around one month longer. As a consequence, higher chlorophyll a concentrations than in the years before were measured, a situation leading to a slight rise in the trophic index in almost all reservoirs. Extraordinary burdens on the oxygen balance, however, could not be recorded despite the increased primary production. And neither were exceedings of the European Water Framework Directive's stipulations registered for the physico-chemical and biological components. Mesotrophic or oligotrophic conditions could be well achieved in all reservoirs despite the unfavourable meteorological conditions.

The fixation of phosphorus in the planktonic biomass and the surface drainage from agricultural areas led to a higher concentration of phosphorus in the Möhne Reservoir. The turbidity of the epilimnion caused by phytoplankton and zooplankton showing the typical annual succession reduced the degree of water transparency compared to the year before. Taking the Möhne Reservoir as an example, it could be shown that the average water temperatures during the past 30 years have risen slightly but measurably. During the next year, we will be able to see how global warming will influence the ecological conditions in the reservoir via the extended summer stagnation.

Organic micropollutants in the Ruhr

The measuring programme to monitor the water quality with regard to organic micropollutants comprises around 330 organic compounds. Most of the organic micropollutants have no relevance for the Ruhr. Tetrachloroethene and trichloroethene were the classical solvents most frequently detected, but just like the other volatile organic substances in the compound groups VHH and BTXE, they showed low concentrations of below 0.1 µg/l. Regarding the fuel additives MTBE and ETBE, the positive trend of declining concentrations in the Ruhr water continued. Short-chain chloroalkanes, which are classified as highly hazardous, were not detected in the Ruhr (quantification limit 0.1 µg/l). In the group of substances with endocrine effects, the ubiquitous bisphenol A was detected much more often than alkylphenols, but didn't reach a median concentration in the range of the suggested quality standard of 0.1 µg/l at any of the sampling points in the Ruhr. In the group biocides and pesticides, low concentrations were documented for three substances.

Organic phosphorus flame retardants and softeners are relevant in the Ruhr, among them especially TCPP and TBEP. The non-ionic surfactant TMDD counts among the micropollutants with relatively high concentrations in the Ruhr. Even more significant are the concentrations of the synthetic complexing agents DTPA and EDTA, for which areas of major loads were found due to industrial input.

The trend of declining PFC concentrations in the Ruhr and the Möhne continued in 2011. In the main body of the Möhne Reservoir, the average concentration for the two main components PFOA and PFOS amounted to 47 ng/l. An average of 26 ng/l was recorded for the Ruhr at Essen. Concentrations of shorter-chain compounds have also declined further. Today, we no longer expect the target value for drinking water of 100 ng/l for PFOA and PFOS combined to be exceeded. The PFC loads at the Ruhr's mouth have decreased from 513 g/d in 2007 by 71 % to now 148 g/d. The declining emission via municipal sewage treatment plants can be attributed in particular to the successful substitution and wastewater treatment measures on part of the metal-processing industry.

Monitoring of pharmaceutical residues and diagnostic agents in the Ruhr also continued in 2011. In Essen-Rellinghausen, the radiocontrast agents iomeprol, iopamidol and amidotrizoic acid reached typical concentrations in the range of 0.5 to 1 µg/l. Low concentrations of below 0.1 µg/l were recorded for the active ingredients paracetamol, acetyl sulfamethoxazole and ritalinic acid, which were monitored for the first time. The drug with the highest concentrations (median 0.23 µg/l) was once again the beta blocker metoprolol.

Organic micropollution in the outlet of municipal sewage treatment plants

The current emission of organic micropollutants on part of the Ruhrverband's sewage treatment plants was documented with a comprehensive monitoring programme. The analysis covered a total of 99 substances from the following groups: flame retardants, surfactants, preservatives and anticorrosives, PFC, radiocontrast agents as well as pharmaceuticals comprising for the first time also 26 antibiotics. Regarding 24 compounds, the share of positive results came in above 90 % of the samples analysed. The concentrations or inhabitant-specific loads found for the flame retardant TCPP, the pharmaceuticals diclofenac and carbamazepine as well as the diagnostic agent amidotrizoic acid are comparable to the results documented for 2009. TCPP, the anticorrosive 1H-benzotriazole, the surfactant TMDD and the preservative methylparaben count among the substances with the highest concentrations. The same applies to metoprolol, diclofenac (median 0.70 µg/l), carbamazepine (median 0.42 µg/l), bezafibrate as well as the antibiotics sulfamethoxazole (median 0.31 µg/l), sulfapyridine and clarithromycin (median 0.20 µg/l) among the pharmaceuticals, and amidotrizoic acid, iomeprol and iopamidol among the diagnostic agents.

Origin and occurrence of benzotriazoles

The substance group of benzotriazoles counts among the "new" organic substances for which an ubiquitous distribution in the aquatic environment can now be detected thanks to increasingly sensitive analytics. There are many domestic and industrial applications for benzotriazoles. It is used for instance as an anticorrosive in dishwashing detergents. In 2011, medians of between 0.16 and 0.67 µg/l were found for three compounds in the Ruhr at Essen-Rellinghausen. Declining concentrations in times of incre-

asing runoff are an indication that input from diffuse sources is rather of minor importance. During two field campaigns, the Ruhrverband's sewage treatment plants showed mostly only slight fluctuations in their emissions of inhabitant-specific loads. Higher loads could be registered in the plants with a significant share of industrial wastewater. Elimination rates of between 14 and 80 % corroborate the moderate to median degradability with conventional sewage treatment operations.

Occurrence of the invasive species *Hemimysis anomala* – bloody-red mysid shrimp – in the Möhne Reservoir

The bloody-red mysid shrimp *Hemimysis anomala* is an invasive species. Originally native to the Ponto-Caspian area, populations can be found in the lower Ruhr and isolated occurrences were registered in the Möhne Reservoir. Examinations on occurrence and ecology were carried out in the reservoir. Catches show that this species lives on the ground and in open water of the reservoir in depths of up to 21 metres. It forms part of the planktonic food web in the Möhne Reservoir as a filter feeder of phytoplankton and predator of zooplankton. Statistically, however, neither the chlorophyll a concentrations nor the development of phytoplankton and zooplankton could substantiate an impact of *Hemimysis anomala* on the trophic situation. As perches feed on it and as the population of perch-like fish has been observed to increase since the shrimp's occurrence, there seems to be a causal relation between these two factors. No targeted fisheries adjustment measures, however, are required at this point.

Concretisation of measures to improve the water condition in line with the European Water Framework Directive

Eight partnerships in the Ruhr catchment area worked on a regional level to develop so-called implementation plans with the aim to translate the measures laid down in the first management plan into specific projects. These implementation plans focus on measures to improve the water structure, which are being specified based on a guide helping with the application of the radiation effect and stepping stone concept drawn up by the State of North Rhine-Westphalia. In order to make the entire working process to a large extent transparent, comprehensible and above all participatory, several workshops were organised to exchange views about potential measures at the different water bodies between the authorities and the players potentially carrying out these measures. As part of these workshops, the Ruhrverband contributed its know-how on the local conditions and the technical, planning-related and organisational context to the planning and coordination process.

Registered cases of water pollution in 2011

With only five relevant incidents, the number was lower than in the previous years. Fish die-offs, however, had to be registered in two cases – one in the Fürwigge Reservoir and one in the Deilbach stream. Despite thorough investigations, the cause of the fish die-off in the Fürwigge Reservoir in April, mostly affecting brown trout, could not be determined. The abstraction of raw

water from the reservoir by the municipal utilities of the city of Meinerzhagen was suspended as a precaution. In the area close to the mouth of the Deilbach, an input of highly alkaline supernatant through incorrect cleaning of a rainwater treatment tank operated by the road construction authority in early December led to the death of thousands of fish, suffocating due to burned gills. According to estimations, around 50 to 80 % of the roach population were affected, as these fishes were present around the mouth of the Deilbach at the time of the incident. Long-term damage to the biocoenosis in Lake Baldeney, however, could not be determined.

Performance of the Ruhrverband's sewage treatment plants

Around 363 million m³ of wastewater were treated at 69 sewage treatment plants in 2011, about 6 % less than last year. A share of 71 % of the total annual volume was accounted for by wastewater and 29 % by stormwater. Based on the total input load of around 103.5 million kg of COD, an average load of 2.36 million PTs can be calculated. The specific wastewater volume of 154 m³/(PT•a) is much larger than the national average due to the influence of infiltration. In 2011, 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 93.0 % for COD, 73.5 % for total nitrogen and 88 % for total phosphorus. The flow-weighted total results showed that the outlet values as 80th percentiles significantly remained below the concentration limits stipulated by the authorities. Further measures to minimize and recycle the residues generated during wastewater treatment have been implemented with a special focus on economic aspects. By also treating co-substrates in the digestion tanks of selected plants, gas yield increased by 13 % to around 27.6 million Nm³/a during the past five years.

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 Ganglinie auf Basis von 15-Minuten- und Tagesmittelwerten für das Abflussjahr 2011 dargestellt. Ergänzend sind die gewässerkundlichen Hauptzahlen und zum Vergleich die Tagesmittelwerte des vorangegangenen Abflussjahres aufgeführt. Die Ganglinien sind geprägt durch die großen Hochwasserereignisse im November und Januar sowie eine andauernde Niedrigwasserphase zwischen Anfang März und Mitte Juli. Damit war das Winterhalbjahr abflussreicher und das Sommerhalbjahr abflussärmer als im Vorjahr.

Die Hochwasserereignisse wiesen eine unterschiedliche Genese auf. Waren Mitte November dreitägige Niederschläge, die näherungsweise die Größenordnung eines Monatsniederschlags erreichten, hochwasserbildend, führte Anfang Januar Regen in Verbindung mit milden Temperaturen zu Tauwetter, das ein für die

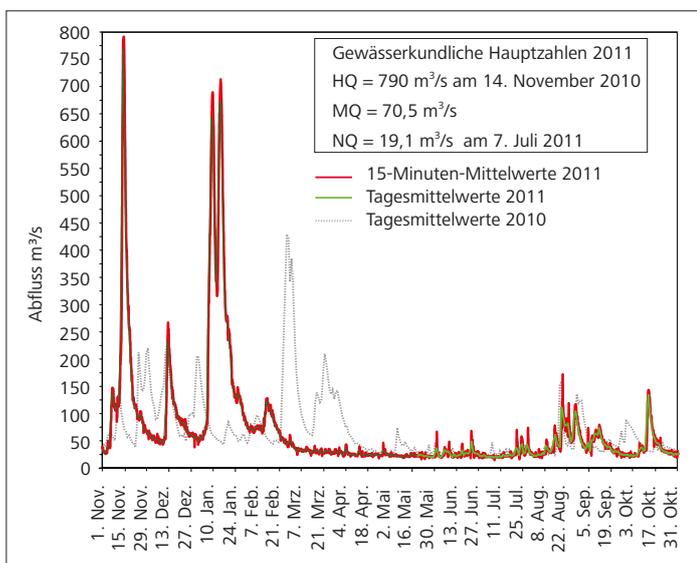


Bild 1.1: 15-Minuten-Mittelwerte und Tagesmittelwerte am Pegel Hattingen/Ruhr im Abflussjahr 2011

Fig. 1.1: 15-min.-values and mean daily runoff recorded at the gauging station Hattingen/Ruhr during the 2011 water year

Jahreszeit typisches Hochwasserereignis mit zwei Abflussspitzen verursachte. Der höchste Abfluss im Abflussjahr 2011 wurde am Pegel Hattingen am 14. November 2010 mit $HQ_{2011} = 790 \text{ m}^3/\text{s}$ (Tagesmittelwert $769 \text{ m}^3/\text{s}$) registriert. Hochwasserereignisse dieser Größenordnung sind im Vorjahr nicht aufgetreten.

Ein außergewöhnlich niederschlagsarmer Zeitabschnitt, der im Februar begann und bis Mai andauerte, führte zu einem trockenen Frühjahr, wie es seit über 100 Jahren nicht beobachtet wurde. Es fielen nur etwa 40 % der für diesen Zeitraum durchschnittlich zu erwartenden Niederschlagsmengen. Als Folge davon wurde mit den Talsperren schon im März die Wasserführung an der Ruhr durch erhöhte Abgaben gestützt. Bis Ende Mai herrschte Zuschusspflicht in einer Höhe vor, wie sie seit Inkrafttreten des Ruhrverbandsgesetzes im Jahre 1990 noch nicht registriert worden war. Der August war der einzige Monat des Sommerhalbjahres, in dem die Abflussverhältnisse aufgrund wiederholt auftretender konvektiver Niederschlagsereignisse über dem Durchschnitt lagen. Der niedrigste Tagesmittelwert des Abflusses im Abflussjahr 2011 wurde am Pegel Hattingen/Ruhr am 7. Juli 2011 mit $NQ_{2011} = 19,1 \text{ m}^3/\text{s}$ gemessen.

Der mittlere Abfluss am Pegel Hattingen/Ruhr im Abflussjahr 2011 berechnet sich zu $MQ_{2011} = 70,5 \text{ m}^3/\text{s}$. Er entspricht damit fast exakt dem langjährigen mittleren Abfluss von $MQ_{1968-2010} = 70,7 \text{ m}^3/\text{s}$. Die oben beschriebenen extremen Abflussgegensätze haben sich in ihrer Auswirkung auf die mittleren Abflussverhältnisse somit aufgehoben. Ist der Abfluss im Durchschnitt zu 69 % auf das Winterhalbjahr und 31 % auf das Sommerhalbjahr verteilt, gab es im Abflussjahr 2011 aufgrund der beiden außergewöhnlich abflussreichen Monate November und Januar eine Verschiebung der Abflussverteilung zum Winterhalbjahr hin (76 % zu 24 %).

Eine ausführliche Beschreibung der Wassermengenwirtschaftlichen Gegebenheiten des Abflussjahres 2011 findet sich im Bericht Ruhrwassermenge 2011 (<http://www.ruhrverband.de/presse/publikationen/wissen/>).

2 Zeitlich dichte physikalisch-chemische Überwachungen der Ruhr

Die Ruhr dient neben vielfältigen weiteren Nutzungen insbesondere der Trinkwasserversorgung. Um dem Anspruch einer qualitativ hochwertigen Wasserversorgung für etwa 4,6 Mio. Menschen gerecht werden zu können, wurden schon vor 90 Jahren Messprogramme zur Überwachung der Ruhr ins Leben gerufen, die im Laufe der Zeit aktualisiert, erweitert, ergänzt, revidiert oder komprimiert wurden. Heute wird die Ruhr zum einen an sieben Probenahmestellen und an der Mündung der Lenne wöchentlich vor allem auf Nährstoffe und organische Inhaltsstoffe untersucht – ein Messprogramm, welches seit 1965 kontinuierlich durchgeführt wird. Zum anderen wird die Ruhr dreimal wöchentlich bei Essen-Rellinghausen („Zornige Ameise“), also noch oberhalb des Baldeneysees, physikalisch-chemisch sowie biologisch untersucht. Die Parameter entstammen entsprechenden internationalen und nationalen Vorgaben wie etwa Richtlinien, Gesetzen, Verordnungen und speziellen Güteanforderungen. Zum Untersuchungsumfang, der jeweils an die aktuelle Relevanz angepasst wird, gehören darüber hinaus auch die Mikroverunreinigungen und weitere organische Verbindungen, die jedoch in gesonderten Kapiteln behandelt werden.

Diese beiden manuellen Untersuchungsprogramme werden durch automatisierte Gewässerüberwachungsstationen ergänzt, die im Fließverlauf der Ruhr mit der Messung von Standardparametern zeitnah Veränderungen der Wasserqualität anzeigen. Eine besondere Bedeutung kommt den Stationen im Unterlauf der Ruhr zu, in dem der Sauerstoffhaushalt durch biologische Prozesse in der Vegetationsperiode stark beansprucht werden kann. Durch kontinuierliche Sauerstoffmessungen können ggf. frühzeitig Belüftungsmaßnahmen eingeleitet werden, um möglichen Schädigungen der Gewässerfauna vorzubeugen.

Die Bewertung der Analysenergebnisse erfolgt zunächst auf der Grundlage der im Rahmen der Umsetzung der Europäischen Wasserrahmenrichtlinie (EG-WRRRL) festgelegten Qualitätskriterien, die für die relevanten Stoffe in den Anlagen D4 und D5 des Leitfadens „Monitoring Oberflächengewässer“ des Landes NRW [2.1] bzw. in der Oberflächengewässerverordnung (OGewV) [2.2] festgelegt wurden. In der Anlage D4 finden sich Umweltqualitätsnormen (UQN), die für prioritäre und prioritär gefährliche (EU-weit) oder national geregelte Stoffe gelten. Die in der Anlage D5 festgelegten Orientierungswerte (OW) dienen der Bewertung der allgemeinen chemisch-physikalischen Parameter (ACP), die unterstützend zur Beurteilung des ökologischen Zustands herangezogen werden. Weitere Bewertungsmaßstäbe, die parameterabhängig bedeutsam sind, finden sich in den „Allgemeinen Güteanforderungen für Fließgewässer (AGA)“ des Landes NRW [2.3], der Fischgewässerverordnung –FischgewV [2.4], den LAWA Zielvorgaben – LAWA-ZV [2.5, 2.6] und in Einzelfällen auch in der Trinkwasserverordnung –TrinkwV [2.7].

Ergebnisse der wöchentlichen Ruhruntersuchungen

Die Ergebnisse der wöchentlichen Ruhruntersuchungen (einschließlich der Lennemündung) für Gesamtphosphor, Ammoniumstickstoff und den Chemischen Sauerstoffbedarf sind in Tabelle 2.1 als 90-Perzentile und Mittelwerte zusammengefasst. Diese werden zum einen mit den (weiterhin gültigen) „Allgemeinen Güteanforderungen für Fließgewässer (AGA)“ des Landes NRW und zum anderen mit den zur Beurteilung des ökologischen Zustands herangezogenen Orientierungswerten verglichen und bewertet. Es zeigt sich, dass sich bei den dargestellten Kenngrößen sowohl auf dem Ruhrabschnitt zwischen „oberhalb Wildshausen“ und „Mündung“ als auch im Unterlauf der Lenne die Konzentrationen auf einem niedrigen Niveau stabilisiert haben.

An der überwiegenden Anzahl der Probenahmestellen war beim CSB im Vorjahresvergleich ein weiterer Rückgang festzustellen. Lediglich unterhalb der Stauhaltungen Kraftwerk Westhofen, Kraftwerk Hohenstein und Baldeney war eine Erhöhung sowohl der 90-Perzentile als auch der Mittelwerte zu verzeichnen. Diese wurden nicht durch abwasserbürtige Bestandteile, sondern vielmehr durch die Biomasse planktischer Organismen hervorgerufen, die sich während der außergewöhnlich warmen und trockenen Witterung in den Monaten März bis Mai, aber auch im Herbst in den Ruhrabschnitten mit einer längeren Aufenthaltszeit des Wassers entwickeln konnten (vgl. auch „Plankton in der Ruhr“). Bei den Phosphorkonzentrationen waren bis oberhalb des Baldeneysees annähernd gleiche Werte wie im letzten Jahr vorhanden. Mit der höheren Biomasseproduktion im Baldeneysee nahmen auch die Konzentrationen des Gesamtphosphors zu, was bis zur Mündung in den Rhein Bestand hatte. Der Anstieg des Jahresmittels

-
- [2.1] Ministerium für Umwelt und Naturschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz (MUNLV) des Landes NRW (Hrsg.): Leitfaden Monitoring Oberflächengewässer, Anhang D4 (Stand August 2009) und Anhang D5 (Stand Oktober 2011)
 - [2.2] Ministerium für Umwelt und Naturschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz (MUNLV) des Landes NRW (Hrsg.): Verordnung zum Schutz der Oberflächengewässer (Oberflächengewässerverordnung - OGewV). In: Bundesgesetzblatt Jahrgang 2011, Teil I Nr. 37 vom 25. Juli 2011
 - [2.3] Ministerium für Umwelt und Naturschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz des Landes NRW (Hrsg.): Runderlass v. 14. Mai 1991 – Allgemeine Güteanforderungen für Fließgewässer (AGA) des Landes Nordrhein-Westfalen. In: Ministerialblatt für das Land Nordrhein-Westfalen Nr. 42 vom 3. Juli 1991
 - [2.4] 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 (FischgewV). In: Gesetz- und Verordnungsblatt für das Land Nordrhein-Westfalen, 51. Jahrgang, Nummer 41 vom 27. August 1997
 - [2.5] 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
 - [2.6] Länderarbeitsgemeinschaft Wasser (LAWA) 1998 (Hrsg.): Beurteilung der Wasserbeschaffenheit von Fließgewässern in der Bundesrepublik Deutschland, Chemische Gewässergüteklassifikation
 - [2.7] Bundesministerium für Gesundheit (Hrsg.): Erste Verordnung zur Änderung der Trinkwasserverordnung (Trinkwasserverordnung – TrinkwV 2011). In: Bundesgesetzblatt Jahrgang 2011, Teil I Nr. 21 vom 11. Mai 2011

Tabelle 2.1: Vergleich der statistischen Auswertung des Abflussjahres 2011 mit den allgemeinen Qualitätsanforderungen
 Table 2.1: Comparison of the statistical evaluation of the runoff year 2011 with general quality requirements

Anforderung		Allgemeine Güteanforderung für Fließgewässer (AGA)		Beurteilung ökologischer Zustand, gem. EG-WRRL	
Bewertungsbasis		90 % Perzentil		Mittelwert	
Chemischer Sauerstoffbedarf	CSB	≤ 20 mg/l		k.A.	
Ammonium-Stickstoff	NH ₄ -N	≤ 1,0 mg/l		≤ 0,30 mg/l	
Phosphor, gesamt	TP	≤ 0,30 mg/l		≤ 0,10 mg/l	
Vergleich der statistischen Auswertung der Gewässergütemessstellen mit den Anforderungen		90% Perzentil mg/l	Bewertung	Mittelwert mg/l	Bewertung
Oberhalb Wildshausen Ruhr-km: 164,73	CSB	7,0	eingehalten	6,3	n.b.
	NH ₄ -N ¹⁾	0,07	eingehalten	0,03	sehr gut
	TP	0,10	eingehalten	0,07	gut
Neheim Fußgängerbrücke Ruhr-km: 137,52	CSB	9,0	eingehalten	8,1	n.b.
	NH ₄ -N ¹⁾	0,10	eingehalten	0,05	gut
	TP	0,09	eingehalten	0,07	gut
Kraftwerk Westhofen Unterwasser Ruhr-km: 95,15	CSB	11,2	eingehalten	8,8	n.b.
	NH ₄ -N ¹⁾	0,08	eingehalten	0,04	sehr gut
	TP	0,10	eingehalten	0,07	gut
Kraftwerk Hohenstein Unterwasser Ruhr-km: 74,45	CSB	12,2	eingehalten	9,3	n.b.
	NH ₄ -N ¹⁾	0,09	eingehalten	0,04	sehr gut
	TP	0,11	eingehalten	0,08	gut
Essen Zornige Ameise Ruhr-km: 42,76	CSB	10,4	eingehalten	7,8	n.b.
	NH ₄ -N ¹⁾	0,14	eingehalten	0,06	gut
	TP	0,12	eingehalten	0,09	gut
Essen Wehr Baldeney Ruhr-km: 31,18	CSB	16,8	eingehalten	11,0	n.b.
	NH ₄ -N ¹⁾	0,13	eingehalten	0,07	gut
	TP	0,14	eingehalten	0,10	gut
Duisburg Aakerfähre Ruhr-km: 5,43	CSB	13,7	eingehalten	10,1	n.b.
	NH ₄ -N ¹⁾	0,14	eingehalten	0,07	gut
	TP	0,13	eingehalten	0,09	gut
Lenne, an der Mündung Lenne-km: 2,74 Ruhr-km: 92,72	CSB	9,8	eingehalten	7,6	n.b.
	NH ₄ -N ¹⁾	0,09	eingehalten	0,05	gut
	TP	0,12	eingehalten	0,07	gut

Legende:

k.A.: keine Anforderungen definiert

n.b.: nicht bewertet

Differenzierte Bewertungskriterien OW

„sehr gut“: Wert ≤ (0,5 • OW)

„gut“: (0,5 • OW) < Wert ≤ OW

¹⁾ NH₄-N „sehr gut“: Wert 0,04 ≤ mg/l

der Ammonium-Stickstoff-Gehalte vor allem an den mündungsnaheeren Probenahmestellen war auf höhere Konzentrationen in den Monaten Januar/Februar zurückzuführen, als die mit 2 bis 7 °C sehr kalten Wassertemperaturen die Nitrifikation im Gewässer verlangsamen. Die AGA wurden an allen Stellen für die dargestellten Parameter eingehalten. Hinsichtlich der Orientierungswerte erreichten die Phosphorkonzentrationen im betrachteten Ruhrabschnitt und in der Lenne wie in den Vorjahren überall sicher den „guten“ Zustand. Eine Änderung des OW-Grenzwerts für den sehr guten Zustand von ≤ 0,15 auf ≤ 0,04 mg/l NH₄-N hat zur Folge, dass von den acht Stellen, die bisher in „sehr gut“ eingestuft waren, nunmehr noch drei mit „sehr gut“ und fünf mit „gut“ bewertet werden.

Bild 2.1 zeigt für die Ruhr von Westhofen bis zur Mündung sowohl räumlich als auch zeitlich die Entwicklung der „klassischen“ Ruhrwasserbeschaffenheit am Beispiel der Kenngrößen CSB, NH₄-N und TP. Dargestellt sind die Summenhäufigkeiten der Konzentrationen für die letzten vier Dekaden im Vergleich zum aktuellen Abflussjahr. Anhand dieser Ergebnisse lassen sich für die einzelnen Kenngrößen unterschiedliche Perioden differenzieren, in denen bestimmte Stoffgruppen hinsichtlich der Abwasserreinigung im Fokus standen. Beim CSB war ein starker Rückgang zwischen der Dekade 1970 bis 1980 und dem darauf folgenden Jahrzehnt sowie zwischen den Dekaden 1990 bis 2000 und 2000 bis 2010 festzustellen. Bei der früheren Reduzierung um 1980 war hauptsächlich die verbesserte Reinigungsleistung der Kläranlagen ausschlaggebend. Die gesunkenen CSB-Konzentrationen im ersten Jahrzehnt dieses Jahrhunderts waren neben einer weiter verbesserten Abwasserreinigung aber vor allem auf den Wechsel der unteren Ruhr von einem Plankton- zu einem Makrophyten-dominierten Gewässer zurückzuführen, wodurch die BSB₅- und damit auch die CSB-Konzentrationen im Wasser abnahmen. Auch wenn sich beim Ammonium ähnliche Verhältnisse beim Konzentrationsverlauf zeigen, war zumindest der Grund des Rückgangs in den 2000er Jahren ein anderer. In dieser Zeit wurde das große Kläranlagenausbauprogramm beendet, in dem die Verbandskläranlagen gemäß Anhang 1 der Abwasserverordnung mit einer Nitrifikation/Denitrifikation ausgestattet wurden. Dadurch ging in dieser Zeit der Ammonium-Stickstoff-Gehalt nochmals um 50 bis 80 % zurück. Auch die Gesamtphosphor-Konzentrationen erfuhren eine Abnahme. Diese fand allerdings vor allem in den ersten beiden Jahrzehnten statt, als eine Sensibilität gegenüber Eutrophierung aufkam und entsprechende Maßnahmen (Phosphathöchstmengenverordnung, Phosphatfällung auf Kläranlagen, Düngemittelverordnung) zur Folge hatte. In den letzten 20 Jahren bis heute nahmen die Gehalte zwar noch ab, aber im Vergleich zu den Jahren zuvor in einem viel geringeren Maße. Heute befinden sich die Konzentrationen an allen dargestellten Probenahmestellen in einem Bereich, der den aktuellen Anforderungen genügt.

Messstelle Ruhr bei Essen-Rellinghausen und Gewässerüberwachungsstationen

Die Tabellen 2.2 und 2.3 zeigen wesentliche statistische Parameter verschiedener an der Probenahmestelle „Essen-Rellinghausen“ im Abflussjahr 2011 untersuchter Kenngrößen, die zur Charakterisierung

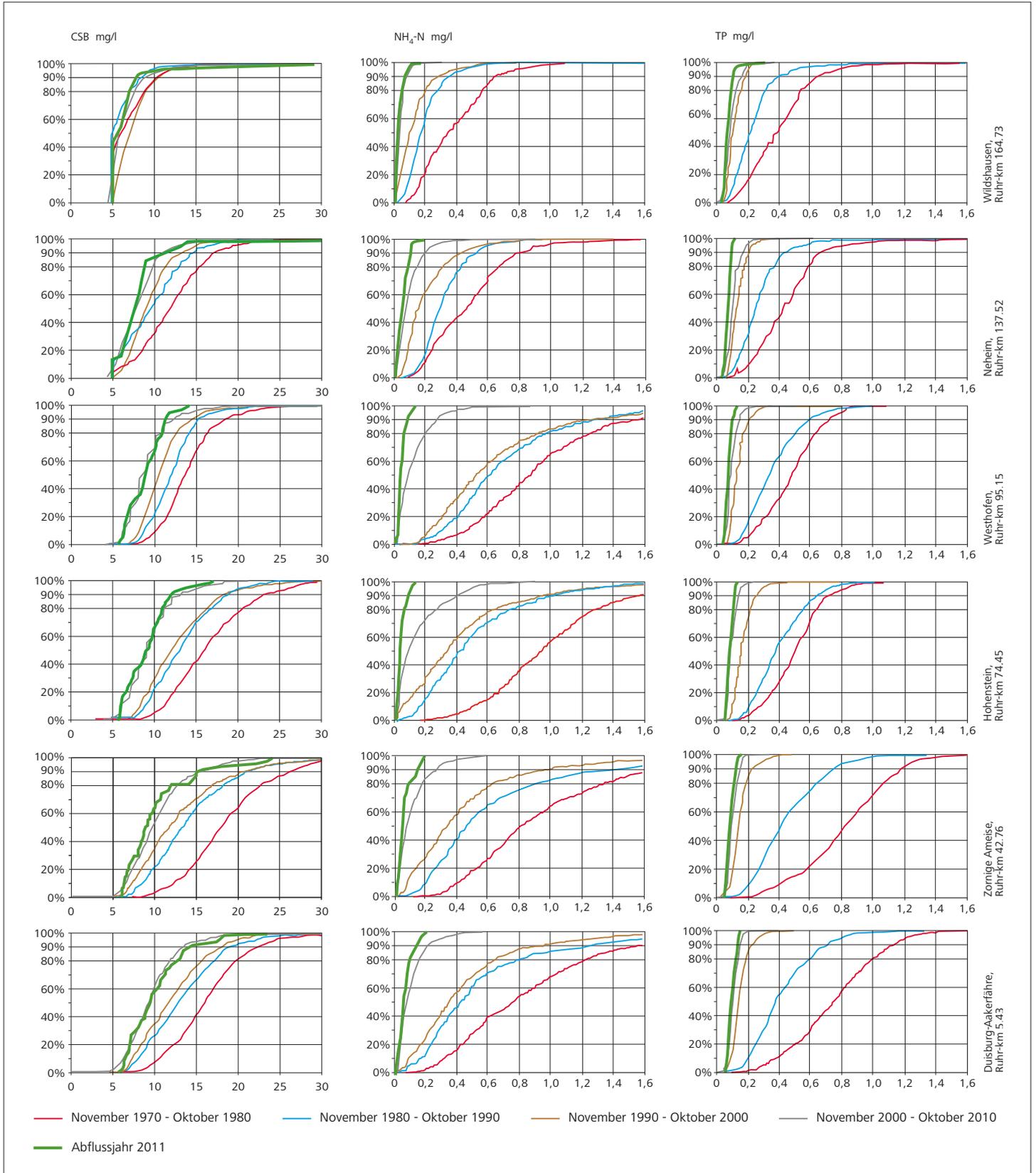


Bild 2.1: Ruhrwasserbeschaffenheit nach den Ergebnissen der wöchentlichen Ruhruntersuchung, dargestellt als Summenhäufigkeiten
 Fig. 2.1: Ruhr water condition according to the results of weekly examinations, shown as cumulative frequencies

Tabelle 2.2: Mittelwerte verschiedener Kenngrößen der Ruhr bei Essen-Rellinghausen, Probenahmestelle „Zornige Ameise“, Abflussjahr 2011
 Table 2.2: Means of several parameters for the Ruhr at Essen-Rellinghausen, sampling point "Zornige Ameise", runoff year 2011

	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 2010	164	8,9	7,6	330	17,8	14,4	10,7	92	1,3	10,0	6,7	6,2	3,0	0,06	3,4	0,08	0,04
Dezember 2010	84,6	2,5	7,8	424	3,1	2,2	13,0	95	1,7	6,4	5,7	4,3	2,3	0,12	3,7	0,06	0,04
Januar 2011	258	4,7	7,9	354	26,8	23,5	12,5	97	2,1	9,9	5,8	4,9	3,2	0,13	3,5	0,10	0,04
Februar 2011	74,0	5,1	7,8	415	3,1	2,2	12,3	97	1,9	6,4	5,7	4,2	2,1	0,10	3,7	0,06	0,04
März 2011	30,8	8,5	8,1	515	5,2	2,7	12,3	106	2,9	10,4	7,2	4,5	3,7	0,02	3,5	0,05	0,01
April 2011	25,6	14,2	8,7	570	13,6	6,3	12,3	120	5,8	19,9	9,9	6,1	6,0	0,02	2,5	0,08	0,01
Mai 2011	22,4	17,7	8,4	600	14,6	8,3	10,8	113	4,3	18,8	11,1	6,9	5,2	0,02	2,1	0,10	0,02
Juni 2011	26,5	19,7	7,8	561	5,5	3,9	7,7	84	0,9	11,3	9,9	7,3	4,0	0,07	2,5	0,12	0,08
Juli 2011	25,8	19,4	7,9	552	4,9	3,8	7,9	86	0,8	10,3	9,5	7,1	3,7	0,06	2,4	0,11	0,08
August 2011	52,3	18,8	7,8	448	7,2	5,6	8,4	90	0,8	10,2	8,7	7,3	3,3	0,04	2,6	0,12	0,07
September 2011	39,9	16,7	7,9	471	3,2	1,9	8,9	92	1,1	8,7	8,0	5,9	3,1	0,03	2,8	0,09	0,07
Oktober 2011	41,1	12,3	7,9	496	3,0	1,8	10,1	94	1,2	8,7	7,9	6,2	2,9	0,05	2,9	0,10	0,07
Winterhalbjahr	107	7,2	7,9	430	12,2	9,1	12,2	101	2,6	10,4	6,7	5,0	3,4	0,08	3,4	0,07	0,03
Sommerhalbjahr	34,7	17,5	7,9	517	6,2	4,1	8,9	92	1,4	11,1	9,1	6,8	3,6	0,05	2,6	0,11	0,07
Abflussjahr 2011	70,5	12,3	7,9	474	9,2	6,6	10,5	97	2,0	10,8	7,9	5,9	3,5	0,06	3,0	0,09	0,05
Abflussjahr 2010	66,6	12,1	7,8	416	8,4	6,4	10,3	94	1,5	9,4	7,2	5,6	3,4	0,06	3,2	0,08	0,05

Tabelle 2.3: Mittelwerte verschiedener Kenngrößen der Ruhr bei Essen-Rellinghausen, Probenahmestelle „Zornige Ameise“, Abflussjahr 2011
 Table 2.3: Means of several parameters for the Ruhr at Essen-Rellinghausen, sampling point "Zornige Ameise", runoff year 2011

	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 2010	35	33	0,09	0,06	3,4	0,12	3,4	1,4	4,9	34	0,66	73	6	3	< 2	6	0,05	< 1
Dezember 2010	54	38	0,09	0,08	0,8	0,07	2,5	< 1,0	2,6	23	0,17	42	6	3	3	5	0,06	< 1
Januar 2011	37	32	0,11	0,05	4,7	0,16	4,3	1,7	6,1	47	0,97	85	5	< 2	5	< 2	0,04	< 1
Februar 2011	41	38	0,11	0,07	0,8	0,07	2,6	< 1,0	10	23	0,15	36	8	3	< 2	5	0,05	< 1
März 2011	57	47	0,11	0,11	0,7	0,08	3,1	< 1,0	6,6	16	0,14	41	10	4	< 2	9	0,09	28
April 2011	74	51	0,12	0,14	0,9	0,10	3,5	< 1,0	7,9	16	0,18	55	10	4	< 2	15	0,12	116
Mai 2011	78	50	0,12	0,14	1,1	0,09	3,8	< 1,0	4,7	15	0,20	61	8	6	< 2	6	0,12	95
Juni 2011	70	45	0,11	0,11	1,2	0,09	3,6	< 1,0	5,1	16	0,28	47	8	5	< 2	7	0,11	5
Juli 2011	72	47	0,11	0,14	1,3	0,12	3,6	< 1,0	5,4	18	0,20	44	9	8	< 2	10	0,11	1
August 2011	49	39	0,10	0,09	1,7	0,11	3,2	< 1,0	6,2	20	0,26	46	8	5	< 2	8	0,08	1
September 2011	48	39	0,10	0,09	0,9	0,07	2,5	< 1,0	3,3	12	0,13	24	7	5	< 2	7	0,08	< 1
Oktober 2011	55	41	0,10	0,10	1,0	0,08	3,0	< 1,0	3,8	14	0,14	23	12	4	< 2	9	0,09	2
Winterhalbjahr	49	39	0,10	0,08	2,0	0,10	3,3	1,0	6,4	27	0,40	56	7	3	< 2	9	0,07	24
Sommerhalbjahr	61	43	0,11	0,11	1,2	0,09	3,3	< 1,0	4,8	16	0,20	41	9	5	< 2	8	0,10	17
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
Abflussjahr 2010	51	39	0,10	0,08	1,8	0,09	3,3	< 1,0	5,1	30	0,30	56	6	5	< 2	7	0,08	7

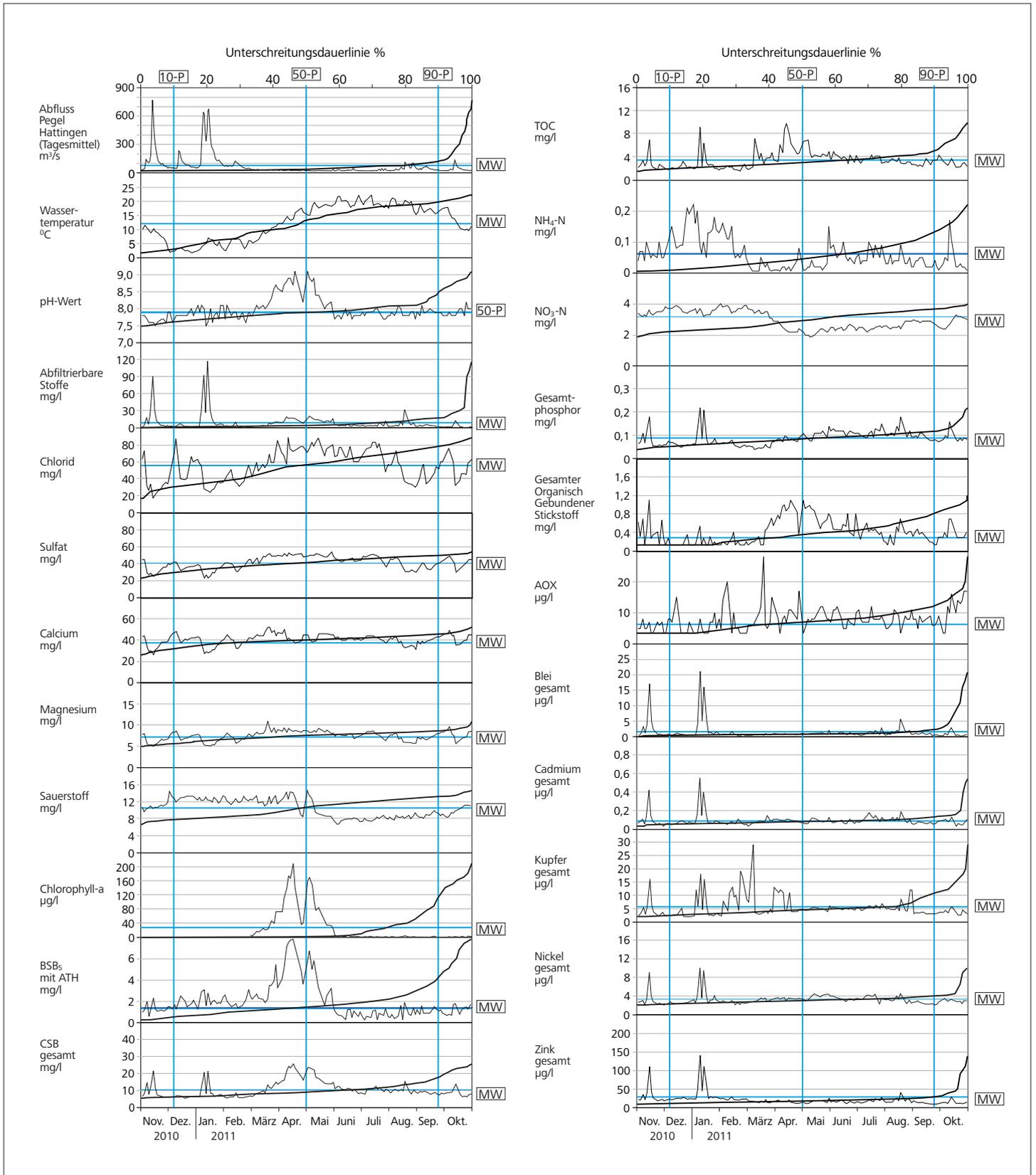


Bild 2.2: Ganglinien und Unterschreitungsdauerlinien verschiedener Kenngrößen, Ruhr bei Essen-Rellinghausen im Abflussjahr 2011
 Fig. 2.2: Time-variation curves and curves showing the durations below limit for selected parameters, Ruhr at Essen-Rellinghausen in the runoff year 2011

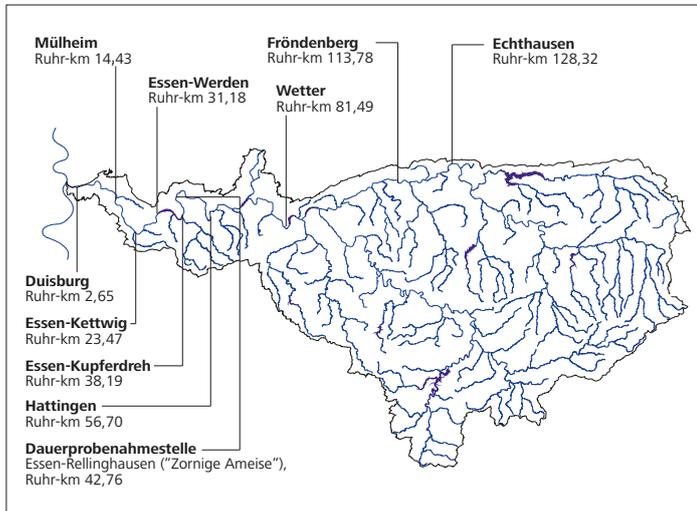


Bild 2.3: Lage der Gewässerüberwachungsstationen an der Ruhr
 Fig. 2.3: Location of water quality monitoring stations along the Ruhr

der Ruhrwassergüte im Unterlauf herangezogen werden, sowohl als Monats- als auch als Jahreswerte. Darüber hinaus sind für den gleichen Zeitraum in Bild 2.2 die Ganglinien ausgewählter Kenngrößen zusammen mit den Summenhäufigkeiten als Unterschreitungs-dauerlinie zusammengefasst. Als wichtige Kriterien für eine Beurteilung der Wasserqualität in der Ruhr sind die entsprechenden 10-, 50- und 90-Perzentile als senkrechte Linien (Schnittpunkt mit der Unterschreitungs-dauerlinie) und das arithmetische Jahresmittel (waagerechte Linie) dargestellt.

In die Bewertung bzw. Interpretation der Ergebnisse fließen ebenfalls die Daten der Gewässergütemessstationen mit ein. Diese zwischen Echthausen und der Ruhrmündung liegenden Stationen (Bild 2.3) 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 Stationen beteiligt sich die Arbeitsgemeinschaft der Wasserwerke an der Ruhr (AWWR) an den Betriebskosten. In Tabelle 2.4 sind die entsprechenden Ausstattungen jeder Station zusammengefasst.

Allgemeine chemische und physikalische Kenngrößen

Wassertemperatur

Im Abflussjahr 2011 war sowohl im Vergleich zum Vorjahr als auch zum langjährigen Mittel mit durchschnittlich 12,3 °C (2010: 12,1 °C) ein geringfügiger Anstieg der Wassertemperaturen festzustellen. Während aufgrund recht kühler Verhältnisse im August/September die Durchschnittstemperaturen im hydrologischen Sommerhalbjahr mit 17,5 °C ähnlich niedrig waren wie im Vorjahr, zeigten die Wintertemperaturen mit 7,2 °C etwas höhere Werte. Vor allem in den Frühjahrsmonaten März und April, aber auch noch bis in den Mai hinein, führten sommerliche Verhält-

Tabelle 2.4: Einrichtungen der Gewässergüte-Überwachungsstationen an der Ruhr
 Table 2.4: 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

nisse mit überdurchschnittlichen Strahlungswerten zusammen mit sehr geringen Abflüssen um 25 bis 30 m³/s am Pegel Hattingen zu einem frühen Anstieg der Wassertemperaturen. Das letzte Mal, dass solch ein starker frühjährlicher Anstieg auftrat, war im April 2007, als das Tagesmaximum der Wassertemperatur beispielsweise im Baldeneysee bis zu 22 °C betrug. Aufgrund der diesjährigen kalten Verhältnisse von Dezember bis Februar blieb das winterliche Mittel allerdings noch deutlich unter dem damaligen Wert von 8,9 °C. Am 27. Dezember 2010 war mit 1,7 °C das Minimum und am 13. Juli 2011 in einer abflussarmen Periode mit 22,1 °C das Maximum des Abflussjahres 2011 zu verzeichnen.

Sowohl die Vorgaben der FischgewV für Cyprinidengewässer (Imperativwert von 28 °C als 95-Perzentil), die für den Ruhrabschnitt vom Zufluss der Möhne bis zur Mündung maßgeblich sind, als auch der Orientierungswert (OW) von 25 °C, der für Gewässer des Epipotamals (Barbenregion) maßgeblich ist, wurden in diesem Jahr sicher eingehalten.

pH-Wert

Das Winterhalbjahr wies bis einschließlich Februar pH-Werte im üblichen Bereich von pH 7,5 bis 8,1 auf. In der oben schon erwähnten, außergewöhnlich frühen Schönwetterperiode, die im März 2011 begann und zu Chlorophyll-a-Spitzenwerten bis 208 µg/l führte, stiegen die pH-Werte aufgrund des photosynthetischen CO₂-Entzugs bis auf pH 9,1 an, dem Maximum des Jahres 2011 in Essen-Rellinghausen. Dieses wurde im aktuellen Jahr zweimal (20. April und 4. Mai 2011) erreicht. Im übrigen Jahr blieben alle gemessenen Werte unterhalb von pH 9,0. Schon im Laufe des Monats Mai nahmen die pH-Werte bei zurückgehenden Chlorophyll-Gehalten wieder ab und blieben bis zum Ende des Sommerhalbjahres in einem recht engen Bereich zwischen pH 7,7 und 8,2. Der Jahresmedian betrug in diesem Jahr pH 7,9 (2010: pH 7,8).

Der für die Ruhr festgelegte untere Orientierungswert von pH 6,5 wird und wurde auch bei den langjährigen Untersuchungen nie unterschritten. Während im Vorjahr lediglich unterhalb des Baldeyesees der obere Orientierungswert von pH 8,5 zeitweise geringfügig überschritten wurde, waren während des Frühjahrsmaximums der Algenentwicklung im Jahr 2011 an allen Messstationen unterhalb des Harkortsees, also ab Messstation Wetter bis Duisburg, Werte bis zu pH 9,0 bzw. 9,2 festzustellen. Auch in den Sommermonaten wurde dieser Orientierungswert unterhalb der Stauhaltungen Harkort, Kemnade, Baldey und Kettwig sowie an der Mündung zeitweise geringfügig überschritten.

Trübung/Abfiltrierbare Stoffe

Die Konzentrationen Abfiltrierbarer Stoffe wurden wie die hier nicht dargestellte Trübung vor allem durch den Abfluss beeinflusst. Hohe Trübungswerte traten immer dann auf, wenn Abflussanstiege innerhalb kurzer Zeit zu verzeichnen waren. So führten die Anstiege am 14. November 2010 (Tagesmittel von 769 m³/s, Maximum des Abflussjahres 2011) und am 9. bzw. 15. Januar 2011 (Tagesmittel von 644 bzw. 675 m³/s) zu Konzentrationen Abfiltrierbarer Stoffe von 90 bzw. knapp 120 mg/l. Bei diesen Ereignissen, die durch Abschwemmungen Trübungszunahmen bewirkten, betrug der mineralische Anteil der Abfiltrierbaren Stoffe erwartungsgemäß zwischen 84 und 90%. Die Perioden höherer Trübungen in der Ruhr bei Essen von März bis Mai, die mit höchstens 20 mg/l Abfiltrierbare Stoffe nicht annähernd die Höhe der Wintermaxima erreichten, hatten ihre Ursache im Frühjahrsmaximum planktischer Organismen, wie auch der durchschnittlich 50-%ige Anteil organischer Partikel verdeutlichte. Im Vorjahresvergleich hat eine Zunahme der mittleren Konzentration Abfiltrierbarer Stoffe auf durchschnittlich 9,2 mg/l stattgefunden, die hauptsächlich auf die höhere Biomasseproduktion am Anfang der Vegetationsperiode aber auch auf die genannten Abflussspitzen zurückzuführen war. Die Anforderung der FischgewV von 25 mg/l (als Mittelwert) wurde dennoch mit einem hohen Abstand eingehalten. Auch die kontinuierlichen Trübungsmessungen an einigen Messstationen ließen keine Auffälligkeiten im Abflussjahr 2011 erkennen.

Elektrische Leitfähigkeit

Wie zu erwarten war, wurden die höchsten Werte der Elektrischen Leitfähigkeit (nicht grafisch dargestellt), die stark durch das Abflussgeschehen beeinflusst ist, während lang anhaltender Niedrigwasserphasen gemessen. Das Maximum an der Probenahmestelle Essen-Rellinghausen betrug im Abflussjahr 2011 664 µS/cm und trat am 16. Mai 2011 auf. Die niedrigsten Leitfähigkeiten traten nach Abklingen von hohen Abflüssen auf. Dies führte am 15. November 2010 zum diesjährigen Minimum von 204 µS/cm.

Mineralische Inhaltsstoffe

Chlorid und Sulfat

Für die beiden wichtigsten Anionen im Ruhrwasser, Chlorid und Sulfat, waren im Vorjahresvergleich mit 55 bzw. 41 mg/l um 5 bis 7% höhere Durchschnittswerte zu verzeichnen. Den größten Anteil hatte daran das Winterhalbjahr, das nach den früh abklingenden Hochwässern ab Mitte Februar durch anhaltendes Niedrigwasser geprägt war. Im weiteren Verlauf der insgesamt fünf Monate andauernden abflussarmen Phase stiegen die Gehalte von Chlorid und Sulfat auf ein Niveau von etwa 70 bzw. 50 mg/l an. Die jeweiligen Maxima betrugen für Chlorid 88 mg/l (13. April und 16. Mai 2011) und für Sulfat 54 mg/l (30. Mai 2011). Die entsprechenden Minima wurden am 15. November mit 17 mg/l Chlorid und 23 mg/l Sulfat während des diesjährigen Abflussmaximums (an den Messtagen) von 712 m³/s gemessen. Der Orientierungswert für Chlorid von 200 mg/l, der für den Mittelwert gilt, wurde wie in den Vorjahren sicher eingehalten (Einstufung „gut“). Auch die LAWA-Zielvorgaben und die Grenzwerte der TrinkwV wurden weit unterschritten.

Fluorid und Bromid

Aufgrund des oben beschriebenen Abflussgeschehens waren bei diesen beiden Kenngrößen (nicht grafisch dargestellt) ebenfalls Anstiege der Konzentrationen vor allem im späten Winterhalbjahr festzustellen, die jedoch im Vergleich zu Chlorid oder Sulfat gering ausfielen. Trotzdem stiegen auch die Jahresdurchschnittswerte etwas an, blieben wie in den letzten Jahren jedoch mit 0,11 mg/l Fluorid und 0,10 mg/l Bromid auf einem niedrigen Niveau. Als Vergleich wird hier für Fluorid aufgrund fehlender Vorgaben für Oberflächengewässer der Grenzwert der TrinkwV (1,5 mg/l) herangezogen, der von allen gemessenen Werten in der Ruhr deutlich unterschritten wurde. Eine niedrige Konzentration des nicht limitierten Anions Bromid ist ebenfalls erwünscht, da es für die Trinkwasseraufbereitung im Hinblick auf eine eventuelle Bromatbildung bei einer Ozonung von Bedeutung ist.

Alkali- und Erdalkalimetalle

Im Vergleich zu dem oben betrachteten Anion Chlorid bewegten sich die Gehalte der Alkali- und Erdalkalimetalle, die als Kationen vorliegen, innerhalb einer geringeren Schwankungsbreite. Während höhere Werte auch hier vor allem während der Niedrigwasserphasen vorkamen – die Maxima traten am 23. März 2011 mit

52 mg/l Calcium bzw. 11 mg/l Magnesium auf –, waren während des Novemberhochwassers mit 26 mg/l Calcium bzw. 5,1 mg/l Magnesium die diesjährigen Minima zu beobachten. Wie schon seit einigen Jahren, seitdem die Ruhr deutlich planktonärmer geworden ist, spielten auch in diesem Jahr der Kohlendioxid-Entzug durch Planktonalgen und damit die biogene Entkalkung kaum noch bzw. lediglich während des Frühjahrsmaximums eine Rolle. So waren die Schwankungen der Konzentrationen fast ausschließlich abflussgeprägt. In Tabelle 2.5 sind die Härtebereiche sowohl mit den jetzt gültigen Einheiten mmol/l als auch mit den nicht mehr zulässigen Einheiten °dH zusammengefasst. Das Wasser der Ruhr ist mit Härtegraden zwischen 0,7 und 1,3 mmol/l CaCO₃ (3,9 bis 7,3 °dH) wie in den letzten Jahren als „weich“ einzustufen.

Tabelle 2.5: Härtebereiche mit der Angabe in mmol/l Calciumcarbonat und mit der nicht mehr zulässigen Einheit °dH
 Table 2.5: Hardness range in mmol/l of calcium carbonate and using the no longer valid unit °dH

Härtebereich	mmol CaCO ₃ /l	°dH
weich	< 1,5	< 8,4
mittel	1,5 – 2,5	8,4 – 14
hart	> 2,5	> 14

Durch die langen Trockenwetterperioden im Frühjahr/Sommer mit einhergehenden niedrigen Abflüssen stieg im Abflussjahr 2011 sowohl im Vergleich zum Vorjahr als auch zu den langjährigen Werten die mittlere Konzentration von Natrium auf 38 mg/l an. Der hier zur Beurteilung herangezogene Grenzwert der TrinkwV (2001) von 200 mg/l Natrium wurde demnach für die Ruhr ganzjährig sehr sicher eingehalten.

Organische Summenparameter

Die wichtigsten Summenparameter zur Charakterisierung eines Gewässers im Hinblick auf organische Substanzen und deren Abbaubarkeit 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). Die Ergebnisse für einige dieser Parameter werden in den folgenden Abschnitten erörtert.

Biochemischer Sauerstoffbedarf nach fünf Tagen

Der diesjährige Anstieg des mittleren BSB₅ (ohne Nitrifikationshemmer) auf 2,3 mg/l, der damit etwa 20 bis 30% über den durchschnittlichen Werten der drei Vorjahre lag, war vor allem eine Folge der starken und anhaltenden Primärproduktion mit planktischen Algen in den Monaten März bis Mai, in denen die Monatsmittel zwischen 3,2 und 6,1 mg/l BSB₅ lagen. Zusätzlich zu der erhöhten Sekundärbelastung trugen die in den Wintermonaten wechselnden Abflüsse zu einer Erhöhung bei, die zu einem entsprechenden Eintrag biochemisch abbaubarer Substanzen aus Abschwemmungen, aber auch zu vermehrten Entlastungsereignis-

sen aus der Siedlungsentwässerung führten. Das diesjährige Maximum für den BSB₅ von 8,1 mg/l (ohne ATH) bzw. 7,8 mg/l (mit ATH) wurde zwischen dem 18. und 20. April 2011 gemessen, als bei niedrigen Abflüssen um 24 m³/s und hohen Chlorophyllwerten von 204 µg/l eine starke Sekundärbelastung vorhanden war. Der nach der EG-WRRL als Mittelwert definierte Orientierungswert von 6 mg/l BSB₅ (ohne ATH), der für die Beurteilung des ökologischen Zustands herangezogen wird, wurde in diesem Jahr trotz der außergewöhnlichen Phytoplanktonentwicklung im Frühjahr und einem Anstieg des mittleren BSB₅ auf 2,3 mg/l um mehr als die Hälfte unterschritten, so dass diesbezüglich weiterhin ein „sehr guter“ Zustand vorhanden ist. Die Anforderung von 6 mg/l, die die FischgewV für Cyprinidengewässer für das 95-Perzentil vorschreibt, wurde 2011 aufgrund der genannten Verhältnisse mit 6,2 mg/l unwesentlich überschritten.

Chemischer Sauerstoffbedarf und Gesamter Organisch Gebundener Kohlenstoff

Die Zunahme des Biochemischen Sauerstoffbedarfs zeigte sich ebenfalls im Anstieg des Chemischen Sauerstoffbedarfs (CSB) in der unfiltrierten Probe. Nachdem die Vorjahreswerte durchschnittlich 9,3 bzw. 9,4 mg/l CSB betragen, war im Abflussjahr 2011 mit 10,8 mg/l ein um etwa 15% höherer Durchschnittswert festzustellen. Die höchsten Konzentrationen wurden nicht, wie meist üblich, während eines Abflussanstiegs gemessen, sondern vielmehr wie beim BSB₅ während des Algenfrühjahrsmaximums Mitte April. Die entsprechenden Maxima blieben mit 25,7 mg/l für den CSB und 9,8 mg/l für den TOC hinter denen des Vorjahrs zurück. Das mit dem Vorjahr vergleichbare Jahresmittel für den TOC erreichte mit 3,5 mg/l den halben Orientierungswert von 7 mg/l, so dass auch dieses Jahr eine Einstufung mit „sehr gut“ erfolgen konnte. Auch der Wert der LAWA-ZV von 5 mg/l, der als 90-Perzentil definiert ist, wurde 2011 eingehalten.

Adsorbierbare Organisch Gebundene Halogene

Die Adsorbierbaren Organisch Gebundenen Halogene (AOX) stellen einen Summenparameter dar, mit dem praktisch alle organischen Halogenverbindungen im Wasser erfasst werden. Da die AOX-Belastung vornehmlich auf Einleitungen von kommunalen und industriellen Abwässern beruht, wurden die höchsten Konzentrationen vor allem während der länger andauernden Niedrigwasserperioden im März/April und Oktober gemessen, als sich das Mischungsverhältnis von gereinigtem Abwasser zu Oberflächenwasser erhöhte. Der Mittelwert betrug im Abflussjahr 2011 8 µg/l bei einer Bandbreite von <5 bis 28 µg/l. Trotz des mit 13 µg/l etwas höheren 90-Perzentilwerts als im Vorjahr (9 µg/l) wird die LAWA-ZV für AOX von 25 µg/l sicher eingehalten.

Sauerstoffhaushalt

Die monatlichen Mittelwerte und die Bandbreite der mittleren Tageswerte der Sauerstoffkonzentrationen im aktuellen Abflussjahr sind in Bild 2.4 für die sieben Messstationen im Ruhrverlauf von Fröndenberg bis Duisburg dargestellt. Während beim Abflussanstieg im November die Sauerstoffgehalte noch bis auf 9,3 mg/l

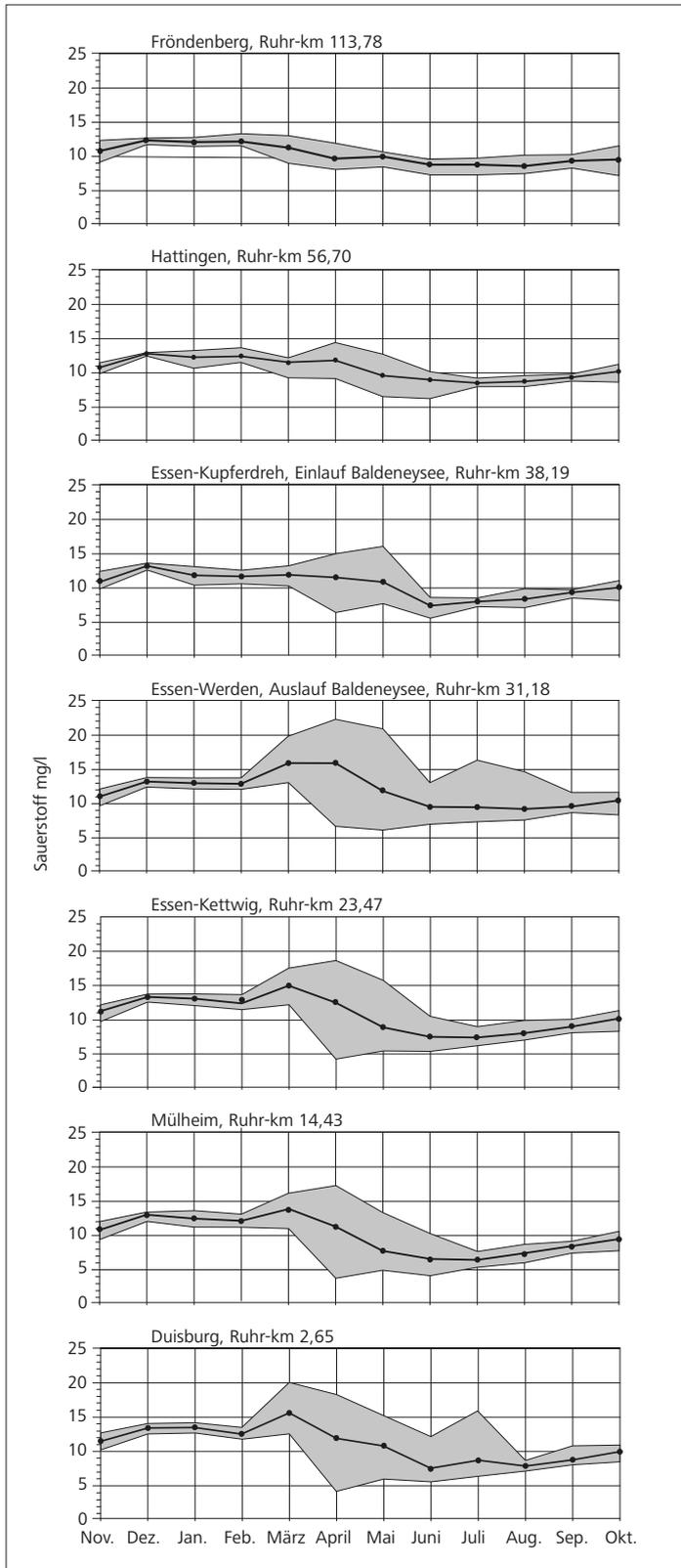


Bild 2.4: Sauerstoffgehalte in der Ruhr, monatliche Durchschnittswerte und Bandbreite der Tagesdurchschnittswerte, Abflussjahr 2011
 Fig. 2.4: Oxygen in the Ruhr, monthly means and spread of daily means, runoff year 2011

sanken, bewegten sich die Konzentrationen in den folgenden drei Monaten in der Ruhr zwischen Fröndenberg und Duisburg in einem engen Bereich zwischen 11,2 und 13,6 mg/l O₂. Der Abflussanstieg im Januar hatte bei den niedrigen Wassertemperaturen zwischen 5 und 6 °C nur einen geringen Einfluss auf die Sauerstoffkonzentrationen. Mit Einsetzen der frühjährlichen Algenentwicklung im März, die sich bis Mitte Mai erstreckte, nahm die Bandbreite der O₂-Konzentrationen vor allem auf dem Ruhrabschnitt vom Baldeneysee bis zur Mündung aufgrund biogener Prozesse kontinuierlich zu. Im März betrug das Minimum auf diesem Gewässerabschnitt zunächst noch 10,1 mg/l bei Maximalwerten bis zu knapp 20 mg/l (Essen-Werden, Duisburg). Die intensive biogene Belüftung durch Photosyntheseprozesse der vorhandenen Planktonalgen, die auch noch in den nächsten Monaten Bestand hatte, führte in den Monaten April bis Mai direkt unterhalb des Baldeneysees zu einer Zunahme der Maxima, die in dieser Zeit bis zu 22,2 mg/l O₂ (entsprechend einer Sättigung von 222 %) betragen. Auf der weiteren Fließstrecke, aber vor allem in Duisburg, nahmen jedoch sowohl die Monatsmittel als auch die Maxima allmählich ab, was eine Folge geringerer Algendichten aufgrund von Zooplanktonfraß, Mortalität und Sedimentation war. Ab April waren die Folgen mikrobieller Sauerstoffzehrung und nächtlicher Veratmung von Sauerstoff durch Planktonalgen (nachts findet keine Photosynthese statt) im Unterlauf zu erkennen. In dieser Zeit wurden auch die diesjährigen Sauerstoffminima mit 3,6 mg/l (Mülheim) bzw. 3,9 mg/l (Duisburg) erreicht, als die aus dem Baldeneysee stammende und mikrobiell abgebaute Planktonbiomasse zu einer Belastung des Sauerstoffhaushalts führte. Im weiteren Jahresverlauf stiegen mit zurückgehenden Algenentwicklungen im Unterlauf die Sauerstoffminima wieder an.

Bild 2.5 zeigt für das Sommerhalbjahr 2011 die Sauerstoffdauerlinie der Tagesmittelwerte im Vergleich zu den langjährigen Werten an der Gewässerüberwachungsstation Essen-Werden (Auslauf Baldeneysee). Wie im Vorjahr erreichten etwa drei Viertel aller Messwerte einen Sauerstoffsättigungsindex von 90 % oder mehr. Noch vor 20 Jahren wurde dieser Wert lediglich an 90 Tagen (50 %) und vor 30 Jahren sogar nur an 80 Tagen (43 %) überschritten. Dies zeigt anschaulich, wie sich die Gewässergüte in der Ruhr, für die der Sauerstoffhaushalt eine entscheidende Rolle spielt, kontinuierlich verbessert hat. So ist es inzwischen die Regel (2010 war eine Ausnahme), dass die ab dem Baldeneysee vorgehaltenen Belüftungsmöglichkeiten nicht in Betrieb genommen werden müssen. Dies war auch 2011 bei einem Minimum von 62 % bzw. 5,9 mg/l O₂ in Essen-Werden nicht erforderlich.

Im Sommerhalbjahr waren extreme Übersättigungen über 150 % an zehn Tagen vorhanden. Bemerkenswert ist in diesem Zusammenhang, dass in den letzten fünf Wochen des Winterhalbjahres dieser Wert an 27 Tagen (als Tagesdurchschnittswert) überschritten wurde, so dass bezogen auf das Abflussjahr 2011 an 10 % der Tage deutliche O₂-Übersättigungen vorhanden waren. Dieses dokumentiert, wie günstige hydrologische und meteorologische Bedingungen, wie sie im Frühjahr vorlagen, das Planktonwachstum und damit die biogene Belüftung fördern können. Außergewöhnliche Stresssituationen für die Fischfauna, wie hohe Ammoniakkonzentrationen während der Laichzeit oder ausgeprägte

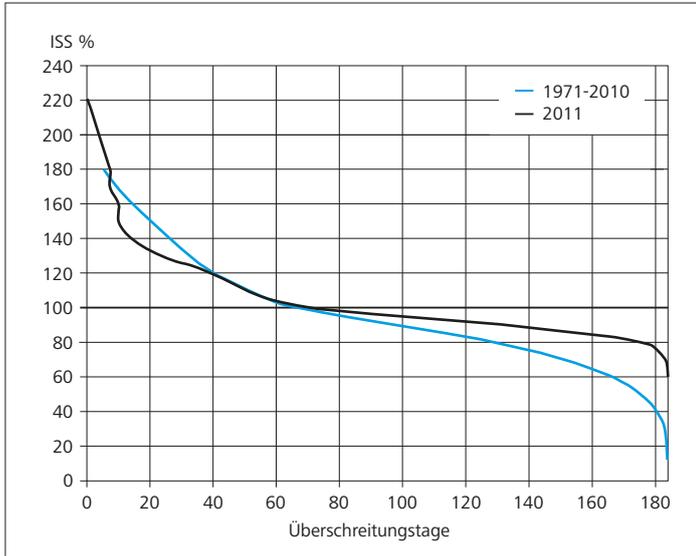


Bild 2.5: Sauerstoffdauerlinie der Tagesmittelwerte im Sommerhalbjahr 2011 und Vergleich mit den langjährigen Werten an der Gewässergüte-Überwachungsstation Essen-Werden (Baldeneysee Auslauf)

Fig. 2.5: Oxygen duration curve of daily means during the six summer months in 2011 and comparison with the long-term results of the water quality monitoring station Essen-Werden (outflow Lake Baldeney)

Sauerstoffdefizite, die noch bis in die 1990er Jahre vereinzelt durchaus zu einer Beeinträchtigung der aquatischen Lebensbedingungen oder zu Fischsterben geführt haben, traten auch 2011 nicht auf.

Die zeitliche Verteilung der Sauerstoffkonzentrationen in der unteren Ruhr (Messstationen Hattingen bis Duisburg) im Abflussjahr 2011 zeigt Bild 2.6. Diese Darstellung basiert auf der Farbgebung entsprechend der Chemischen Gewässergüteklassifikation nach LAWA. Für das Erreichen der „Güteklasse II“ müssen an mindestens 90 % der Tage eines Jahres mehr als 6 mg/l O₂ vorhanden sein. Diese Vorgabe wurde für die Gewässergüteüberwachungsstationen Hattingen, Essen-Kupferdreh, Essen-Werden, Essen-Kettwig und Duisburg sicher eingehalten. Lediglich im Bereich der Station Mülheim, in dem der Sauerstoffbedarf zum Abbau der im Baldeneysee gebildeten Biomasse am höchsten war, wurde diese Anforderung mit 87 % knapp verfehlt. Insgesamt ist der Ruhr im Unterlauf, wo noch bis Anfang der 2000er Jahre durch Belüftungsmaßnahmen kritischen Sauerstoffverhältnissen entgegengewirkt wurde, hinsichtlich des O₂-Haushalts ein guter Zustand zu bescheinigen.

Nährstoffe/Trophie

Neben Kohlendioxid und Licht sind für die Photosynthese und damit für die Primärproduktion die Nährstoffe Phosphor und Stickstoff die wichtigsten Regelgrößen. Da im Ruhreinzugsgebiet geogen und anthropogen bedingt Stickstoff immer in ausreichendem Maße vorhanden ist, stellt das Vorhandensein von Phosphorverbindungen den limitierenden Faktor für Algenentwicklungen dar. Dieser Tatsache wurde sowohl in der Vergangenheit als auch in

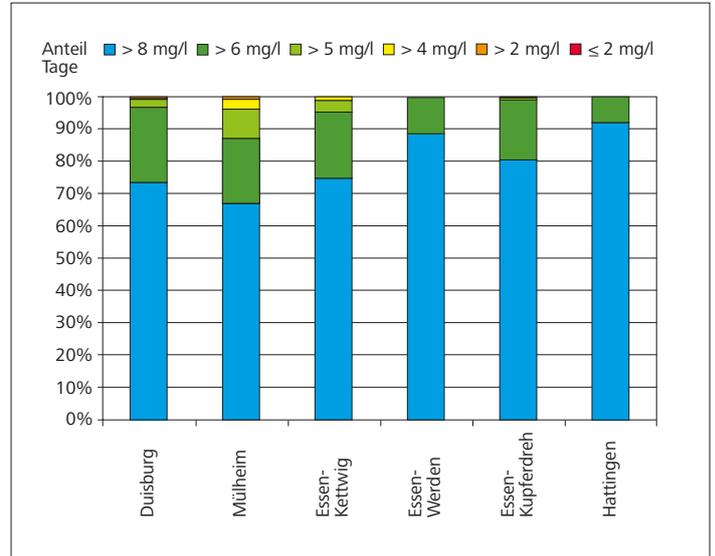


Bild 2.6: Zeitliche Verteilung der Sauerstoffgehalte in der unteren Ruhr, Abflussjahr 2011

Fig. 2.6: Temporal distribution of oxygen levels in the lower Ruhr, runoff year 2011

den letzten Jahren u.a. durch die Einführung und Optimierung einer Phosphatfällung auf allen Kläranlagen des Ruhrverbands Rechnung getragen. Darüber hinaus wurde der Stickstoffeintrag vor allem in den letzten zehn Jahren durch den Ausbau der Stickstoffelimination auf den Kläranlagen minimiert.

Phosphor

Im Abflussjahr 2011 betrug in Essen-Rellinghausen der durchschnittliche Gesamtphosphorgehalt 0,09 mg/l TP und lag damit auf dem Niveau der letzten Jahre. Die höchsten Werte wurden vor allem nach Abklingen der Frühjahrspopulation der Planktonalgen beobachtet, als bei der Mineralisierung der vorhandenen Biomasse lösliche Phosphorverbindungen freigesetzt wurden. Durch die im Anschluss nahezu fehlende Algenentwicklung wurden diese löslichen Bestandteile nicht photosynthetisch verbraucht, so dass sich die Konzentrationen von gelöstem und gesamtem Phosphor mit 0,010 bzw. 0,011 mg/l auf fast gleichem Niveau bewegten. Das Jahresmaximum wurde allerdings während der hohen Abflüsse am 10. Januar 2011 mit 0,22 mg/l TP gemessen. Da hier ein großer Teil des Phosphors aus Abschwemmungen oder Sedimentverfrachtungen stammte, lag naturgemäß der ungelöste Anteil bei über 80 %. Das Maximum des gelösten o-Phosphat-Phosphors trat allerdings erst gegen Ende der Vegetationsperiode im Oktober 2011 auf, als vorhergehende niedrige Abflüsse und Freisetzung gelöster Phosphor-Verbindungen bei einem Abflussanstieg einen Wert von 0,12 mg/l o-PO₄-P zur Folge hatten. Zu dieser Zeit lagen lediglich 8 % des Phosphors ungelöst vor. Die Einhaltung der Orientierungswerte für Gesamtphosphor von 0,1 mg/l bzw. für o-PO₄-P von 0,07 mg/l, die als Mittelwerte definiert sind, führten auch dieses Jahr für beide Kenngrößen zu einer Einstufung in „gut“.

Nitrat-Stickstoff

Mit einem Durchschnittswert von 3,0 mg/l NO₃-N befand sich das Jahresmittel wieder auf dem vergleichsweise niedrigen Niveau der Jahre 2008/2009. Der Rückgang im Vergleich zum Vorjahr betraf sowohl das Winter- als auch das Sommerhalbjahr. Vor allem aufgrund verlangsamter Denitrifikationsprozesse sowohl auf den Kläranlagen als auch im Gewässer war das Konzentrationsniveau in den kalten Monaten etwa 1 mg/l höher als in den warmen Sommermonaten. Das Maximum wurde mit 4,0 mg/l NO₃-N am 2. Februar bei Wassertemperaturen von 2,4 °C und einer abklingenden Abflussspitze gemessen. Die niedrigsten Werte traten nach Absterben während und nach der Phase einer hohen Biomasseproduktion auf. Zu dieser Zeit führten die Aufnahme von Nitrat durch pflanzliche Organismen und eine erhöhte Denitrifikation aufgrund anoxischer Verhältnisse am Gewässergrund durch den Biomasseabbau zu einer Abnahme bis auf 1,9 mg/l NO₃-N. Mit einem 90-Perzentil von 3,7 mg/l (2010: 4,0 mg/l) kann wie auch in den Vorjahren die strenge LAWA-ZV von 2,5 mg/l NO₃-N nicht eingehalten werden.

Ammonium-Stickstoff

Im Abflussjahr wurde mit einem Jahresdurchschnitt von 0,06 mg/l NH₄-N wieder das niedrige Niveau der letzten Jahre erreicht. Selbst in der langen Kälteperiode zwischen Dezember und Anfang Februar betrug die Monatsmittel höchstens 0,13 mg/l bei einem Maximalwert von 0,22 mg/l zum Jahreswechsel, als mit 1,7 °C auch das Jahresminimum der Wassertemperatur erreicht wurde. Mit dem Einsetzen steigender Temperaturen und einer ausgeprägten Algenentwicklung im März gingen die Ammoniumkonzentrationen bis unter die Bestimmungsgrenze von 0,01 mg/l NH₄-N zurück und überschritten auch im weiteren Jahresverlauf bis auf zwei Ausnahmen einen Wert von 0,10 mg/l NH₄-N nicht mehr. An den Gütemessstationen oberhalb von Essen-Rellinghausen zeigte sich ein ähnliches Bild, allerdings mit insgesamt noch niedrigeren Werten. Der als Mittelwert festgelegte Orientierungswert von 0,3 mg/l NH₄-N wurde in der Ruhr sowohl bei Essen-Rellinghausen als auch an allen anderen Messstationen selbst von den jeweiligen Maximalwerten nicht überschritten. Bei einem Mittelwert von 0,06 mg/l NH₄-N in Essen-Rellinghausen wurde der „sehr gute“ Zustand, der mit 0,04 mg/l festgelegt ist, auch in diesem Jahr knapp verfehlt. Die Anforderungen, die sich aus der FischgewV und der LAWA-ZV ergeben, werden in der Ruhr sowohl von den Einzelwerten als auch dem 90-Perzentilwert (0,14 mg/l) sicher eingehalten.

Schwermetalle

Seit vielen Jahren haben die Konzentrationen der Schwermetalle ein sehr niedriges Niveau erreicht. Lediglich bei stark ansteigenden Abflüssen (vor allem der ungelöste Anteil) oder in langen Niedrigwasserphasen (hier mehr der gelöste Anteil) fanden Konzentrationserhöhungen statt. Entsprechend der Vorgaben der EG-WRRL wird für die prioritären Stoffe Blei und Nickel bzw. die prioritär gefährlichen Stoffe Cadmium und Quecksilber die Schwermetallbelastung an Hand des gelösten Anteils (membranfiltriert) bewertet.

Da alle Analysenergebnisse für Quecksilber selbst in der unfiltrierten Probe unterhalb der Nachweisgrenze von 0,05 µg/l Hg blieben, wird dieses Schwermetall im weiteren Text nicht behandelt. Neben den genannten Schwermetallen werden im Weiteren die Ergebnisse der Metalle Chrom, Kupfer und Zink, entsprechend der Vorgabe in der unfiltrierten Probe gemessen, erläutert.

Blei

Das in Oberflächengewässern fast ausschließlich partikulär gebundene Blei erreichte seine höchsten Konzentrationen bei auftretenden Abflussspitzen (vermehrte Remobilisierung aus dem Sediment, oberflächennahe Abspülungen aus dem Uferbereich), wie dies auch im aktuellen Jahr am 10. Januar 2011 mit dem Jahresmaximum von 21 µg/l Pb bei einem Abfluss von 624 m³/s der Fall war. Der gelöste Anteil betrug zu dieser Zeit lediglich 1,5 %. Die UQN für Blei (filtriert) von 7,2 µg/l wird mit einem Jahresmittel von 0,17 µg/l sicher eingehalten, was zu einer Einstufung in „sehr gut“ führt. Die Anforderungen der LAWA-ZV von 3,4 µg/l und der zum Vergleich herangezogenen TrinkwV von 10 µg/l werden ebenfalls weit unterschritten.

Cadmium

Im Oberlauf der Ruhr stammt Cadmium vor allem aus der geogenen Grundbelastung und dem ehemaligen Erzbergbau im östlichen Ruhreinzugsgebiet, in dem es zusammen mit Zink zu höheren Konzentrationen führte. Auf der weiteren Fließstrecke nahmen sowohl durch Verdünnung als auch durch Sedimentation die Gehalte wieder ab (vgl. „Die Ruhr und ihre Nebengewässer“). Das Maximum dieses hauptsächlich an Partikel gebundenen Schwermetalls wurde wie beim Blei ebenfalls am 10. Januar 2011 mit 0,55 µg/l gemessen, mit einem ungelösten Anteil von 87 %. In den lang anhaltenden Niedrigwasserphasen lagen die Cadmium-Gehalte zum Teil unterhalb der Bestimmungsgrenze von 0,05 µg/l. Die Jahresmittelwerte betragen für die unfiltrierte Probe 0,10 µg/l Cd_{ges.} und für die filtrierte Probe 0,06 µg/l Cd_{filtr.}

Da die toxische Wirkung von Cadmium, vor allem gegenüber Fischen, mit steigender Wasserhärte abnimmt, sind für die einzelnen Härteklassen unterschiedliche UQN's festgelegt. Für den Härtebereich „weich“, in den die Ruhr bei Essen-Rellinghausen eingestuft ist, ist eine UQN von 0,09 µg/l für die filtrierte Probe festgeschrieben. Während in den letzten beiden Jahren bei einem durchschnittlichen Cadmiumgehalt in der filtrierten Probe von <0,05 µg/l eine Einstufung mit „sehr gut“ erfolgte, wird 2011 bei einem Mittelwert von 0,06 µg/l, also einem nur geringfügig höheren Wert, der „gute“ Zustand erreicht. Die LAWA-ZV von 0,07 µg/l für das 90-Perzentil der unfiltrierten Probe kann dagegen auch in diesem Jahr bei einem Wert von 0,13 µg/l nicht eingehalten werden.

Nickel

Im Gegensatz zu den beiden bisher beschriebenen Metallen liegt Nickel hauptsächlich gelöst vor. Die Haupteintragspfade in die Ruhr und ihre Nebengewässer sind zum einen die Abwässer

metallbe- und -verarbeitender Betriebe und zum anderen die Hintergrundbelastungen häuslicher Abwässer sowie die atmosphärische Deposition. In Perioden geringer Abflüsse nehmen aufgrund des steigenden Abwasseranteils die Konzentrationen entsprechend zu. Die höchsten Werte wurden jedoch, wie auch bei anderen Schwermetallen, während starker Abflussanstiege gemessen. So erreichte die Nickel-Konzentration am 10. Januar 2011 mit 10 µg/l, davon nur 1 % ungelöst, das diesjährige Maximum. Das Jahresmittel von 2,8 µg/l Ni_{filtr.} unterschreitet die UQN um mehr als 50 %, was für Nickel in der Ruhr bei Essen-Rellinghausen eine Bewertung mit „sehr gut“ nach sich zieht.

Chrom

Das früher hauptsächlich aus der Galvanikindustrie stammende Chrom (nicht grafisch dargestellt) kommt schon seit vielen Jahren in der Ruhr kaum noch in nennenswertem Maße vor, wie auch die geringe Befundhäufigkeit von 12 % belegt. Das Maximum betrug 6,4 µg/l Cr_{ges.} und wurde ebenfalls am 10. Januar 2011 gemessen. Das Jahresmittel von <1,0 µg/l führte wie auch in den Vorjahren bei einer UQN von 5 µg/l zu einer Einstufung in „sehr gut“. Die LAWA-ZV von 10 µg/l, die als Median definiert ist, kann ebenfalls sicher eingehalten werden.

Kupfer

Kupfer gelangt überwiegend über die kommunalen Abwässer in die Oberflächengewässer. Nachdem in der 1980er Jahren, aber auch noch in den 1990er Jahren ein starker Rückgang der Kupferemissionen stattgefunden hat, bewegen sich seit 2000 die mittleren Kupferkonzentrationen in einem Bereich zwischen 5 und 6 µg/l. Wie bei den übrigen dargestellten Schwermetallen erfolgte zusammen mit einem Abflussanstieg eine Erhöhung der Konzentration des ungelösten Kupfers. In Zeiten andauernder Niedrigwasserhältnisse nahm das mittlere Konzentrationsniveau zu, allerdings fast ausschließlich das des gelösten Anteils. In diesem Jahr wurde am 9. März 2011 mit dem Maximum von 29 µg/l Cu (gelöst: 22 µg/l) einmal ein Wert über 20 µg/l gemessen. Der diesjährige Mittelwert von 5,6 µg/l Cu_{ges.} erfüllt auch 2011 die mit 4 µg/l limitierte UQN nicht und führt zu einer Einstufung von „mäßig“. Dagegen wird die Anforderung der FischgewV, die einen Wert von 40 µg/l Cu_{filtr.} als 95-Perzentil vorschreibt, sicher eingehalten.

Zink

Im Oberlauf der Ruhr führen die Einträge von Zink aus der geogenen Vorbelastung und dem ehemaligen Erzbergbau, ähnlich wie beim Cadmium, zu einem Konzentrationsanstieg. Im weiteren Fließverlauf nehmen mit zunehmender Besiedlungsdichte und Industrialisierung die punktuellen und diffusen Zinkeinträge zu. Hinsichtlich des zeitlichen Konzentrationsverlaufs war auch für Zink ein ähnliches Verhalten wie für die übrigen Schwermetalle zu beobachten, mit den höchsten Konzentrationen während der Winterhochwässer. Mit einem Jahresmittel von 22 µg/l und einem 95-Perzentil von 41 µg/l Zn_{ges.} wird die Anforderung der FischgewV für Cyprinidengewässer von <1 mg/l Gesamtzink sicher eingehalten. Die sehr strenge UQN von 14 µg/l Zn_{ges.} wird auch 2011 über-

schritten, was zu einer „mäßigen“ Einstufung führt. Wegen der genannten geogenen Vorbelastungen und dem hohen häuslichen Abwasseranteil ist jedoch in naher Zukunft eine Zielerreichung unwahrscheinlich.

Spezielle Einzelstoffe

Borat-Bor

Die Konzentrationen von Borat-Bor (nicht grafisch dargestellt) haben sich auf einem Niveau zwischen 0,02 und 0,13 mg/l eingependelt, wie die weitestgehend gleich bleibenden Ergebnisse der letzten vier Jahre zeigen. Das Konzentrationsniveau ist in den abflussreicheren Wintermonaten um etwa 0,03 mg/l niedriger als in den Sommermonaten bei anhaltenden Niedrigwasserphasen. Mit einem mittleren Borat-Bor-Gehalt von 0,08 mg/l wird auch 2011 der von der TrinkwV vorgeschriebene Grenzwert von 1 mg/l, der hier zur Bewertung herangezogen wird, sicher eingehalten.

Zusammenfassende Bewertung

Tabelle 2.6 gibt für die Ruhr bei Essen-Rellinghausen einen Überblick über die relevanten statistischen Daten der Kenngrößen, die mit Orientierungswerten, Umweltqualitätsnormen oder sonstigen Anforderungen belegt sind. Sie stellt die Daten den entsprechenden Anforderungen gegenüber und zeigt auf dieser Grundlage die jeweilige Bewertung. Die Farbgebung in den beiden Spalten ACP-OW (Allgemeine chemisch-physikalische Parameter-Orientierungswerte) und UQN geschieht entsprechend der Einstufung des chemischen Monitorings gemäß EG-WRRL. In den weiteren Spalten bedeuten eine grüne Farbgebung das Einhalten und ein grauer Hintergrund das Nichteinhalten der genannten Norm.

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

Einstufung des chemischen Monitorings gemäß WRRL

■ sehr gut	Wert ≤ ½ UQN/OW
■ gut	½ UQN/OW < Wert ≤ UQN/OW
■ mäßig	UQN/OW < Wert ≤ 2 x UQN/OW
■ unbefriedigend	2 x UQN/OW < Wert ≤ 4 x UQN/OW
■ schlecht	Wert > 4 x UQN/OW

Sonstige Einstufungen

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

Tabelle 2.6: Statistische Daten ausgewählter Kenngrößen und Vergleich mit gesetzlichen Anforderungen, Ruhr bei Essen-Rellinghausen im Abflussjahr 2011
 Table 2.6: Statistical data on selected parameters and comparison with legal requirements, Ruhr at Essen-Rellinghausen in the runoff year 2011

		Anzahl Messungen	Minimum	Mittelwert	Maximum	50-Perzentil	90-Perzentil	95-Perzentil	ACP-OW	UQN	FischgewV / G bzw. I	LAWA ZV	AGA	TrinkwV
Wassertemperatur	°C	132	1,7	12,3	22,1	13,2	19,8	20,4	■		■		■	
pH-Wert		132	7,5	8,0	9,1	7,9	8,5	8,8	■		■		■	
Abfiltrierbare Stoffe	mg/l	132	0,5	9,2	117	4,3	17,3	27,1			■			
Elektrische Leitfähigkeit	µS/cm	132	204	474	664	492	599	610						■
Chlorid	mg/l	132	17	55	88	57	78	83	■			■		■
Sulfat	mg/l	132	23	41	54	42	50	51				■		■
Fluorid	mg/l	131	0,07	0,11	0,13	0,11	0,12	0,12						■
Natrium	mg/l	132	11	38	68	40	55	56						■
BSB ₅ ohne ATH	mg/l	132	0,4	2,3	8,1	1,9	4,3	6,2	■		■			
BSB ₅ mit ATH	mg/l	132	0,3	2,0	7,8	1,5	4,1	5,7					■	
CSB	mg/l	132	5,6	10,8	26	9,3	17,7	22,4					■	
TOC	mg/l	131	1,6	3,5	9,8	3,1	5,0	6,9	■			■	■	
AOX	µg/l	130	< 5	8	28	8	13	15				■	■	
Sauerstoff	mg/l	132	6,7	10,5	14,6	10,7	13,3	13,4	■		■	■		
Gesamtposphor	mg/l	132	0,04	0,09	0,22	0,09	0,12	0,14	■			■	■	
o-Phosphat-Phosphor	mg/l	132	< 0,01	0,05	0,12	0,05	0,08	0,09	■			■		
Nitrat-Stickstoff	mg/l	132	1,9	3,0	4,0	2,9	3,7	3,8				■	■	■
Nitrit-Stickstoff	mg/l	132	< 0,05	< 0,05	0,09	< 0,05	< 0,05	0,05			■	■		■
Ammonium-Stickstoff	mg/l	132	< 0,01	0,06	0,22	0,05	0,14	0,16	■		■	■	■	■
Blei	µg/l	132	0,14	1,6	21,0	0,92	2,1	4,6				■	■	■
Blei (filtriert)	µg/l	131	< 0,10	0,17	0,61	0,14	0,31	0,36		■				
Cadmium	µg/l	131	< 0,05	0,10	0,55	0,08	0,13	0,16				■	■	■
Cadmium (filtriert)	µg/l	127	< 0,05	0,06	0,13	0,06	0,09	0,10		■				
Nickel	µg/l	132	2,1	3,3	10	3,1	4,1	4,4				■	■	■
Nickel (filtriert)	µg/l	78	1,7	2,8	9,9	2,6	3,5	3,9		■				
Quecksilber	µg/l	45	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05		■		■	■	■
Chrom	µg/l	132	< 1,0	< 1,0	6,4	< 1,0	1,2	1,6		■		■	■	■
Kupfer	µg/l	132	2,0	5,6	29	4,6	11	13		■		■	■	■
Kupfer, (filtriert)	µg/l	117	1,5	3,6	22	3,3	5,1	5,9			■			
Zink	µg/l	131	9,1	22	140	18	28	41		■	■	■	■	
NTA	µg/l	97	< 2	< 2	8	< 2	< 2	< 2		■				
EDTA	µg/l	97	< 2	5	14	4	8	9		■				
DTPA	µg/l	52	< 2	8	23	8	13	15		■				
Borat-Bor	mg/l	129	0,02	0,08	0,13	0,09	0,12	0,12						■

Die hier dargestellten allgemeinen physikalisch-chemischen Kenngrößen, die mit Orientierungswerten (ACP-OW) belegt sind, dienen unterstützend zur Bewertung des ökologischen Zustands der Ruhr. Die Kenngrößen BSB₅ (ohne ATH) und TOC können wie in den Vorjahren in „sehr gut“ eingestuft werden. Für die Kenngrößen Wassertemperatur, Chlorid, Gesamt- und o-Phosphat-Phosphor erfolgt eine „gute“ Bewertung. Das Gleiche gilt für den Ammonium-Stickstoff, da durch eine Verschärfung der Anforderung diese Kenngröße bei fast unveränderter Konzentration nunmehr mit „gut“ (2010: „sehr gut“) bewertet werden muss. Die Vorgaben für den Sauerstoffgehalt konnten in diesem Jahr wieder eingehalten werden, nachdem im Vorjahr aufgrund erhöhter Zehrvorgänge durch abzubauende Biomasse diese knapp verfehlt wurde. Dagegen überschritt der pH-Wert an mehreren Tagen im Frühjahr während einer Algenmassenentwicklung die Anforderung pH 8,5, was eine Einstufung in „mäßig“ erfordert.

Die UQN der prioritären Schwermetalle Blei, Nickel und Cadmium können auch 2011 sicher eingehalten werden. Für Quecksilber, das wie Cadmium zu den prioritär gefährlichen Schwermetallen zählt, sind die Bestimmungsgrenze, der Mittelwert und die UQN gleich. Hier erfolgt eine Bewertung mit „gut“. Während das Schwermetall Chrom die UQN mit „sehr gut“ einhält, überschreiten Kupfer und Zink diese auch 2011 und werden in „mäßig“ eingestuft.

Die Vorgaben der FischgewV und der TrinkwV werden 2011 mit Ausnahme des BSB₅ (ohne ATH) für alle untersuchten Parameter eingehalten, während die Kenngrößen Kupfer, Zink, Cadmium und Nitrat-Stickstoff die LAWA-ZV überschreiten. Die Stoffe, die durch eine erhöhte geogene Grundbelastung (z.B. Cadmium) [2.8] oder anthropogene Beanspruchung durch Abwässer oder Landwirtschaft (z.B. Nitrat) beeinflusst sind, werden auch in absehbarer Zeit die entsprechenden LAWA-ZV nicht einhalten können.

[2.8] Ruhrverband: Die Hintergrundbelastung der Gewässer im Ruhreinzugsgebiet. In: Ruhrgütebericht 2005, Essen, S. 82-92

3 Die Ruhr und ihre Nebengewässer

Die Fließgewässer im Einzugsgebiet der Ruhr werden seit fast 100 Jahren hinsichtlich ihrer physikalisch-chemischen Beschaffenheit und ihrer hydrobiologischen Gewässergüte untersucht. Das Hauptaugenmerk liegt in der Gewässerüberwachung des Hauptflusses, der Ruhr. Eines der physikalisch-chemischen Messprogramme ist das der Ruhrlängsuntersuchungen, bei dem die Ruhr im vierwöchentlichen Abstand an zwölf repräsentativen Stellen im Längsverlauf beprobt wird. Bei diesem Untersuchungsprogramm werden sowohl der räumliche als auch der zeitliche Aspekt, unterschiedliche meteorologische und hydrologische Bedingungen sowie verschiedene Belastungssituationen der Ruhr erfasst, quantifiziert und unter Berücksichtigung langjähriger Trends sowie aktueller gesetzlicher Vorgaben bewertet. Darüber hinaus finden gemäß den Vereinbarungen mit der AWWR quartalsweise weitere Ruhrlängsuntersuchungen mit erhöhtem Parameterumfang statt. Diese werden abwechselnd vom Ruhrverband und vom Hygieneinstitut Gelsenkirchen (im Auftrag der AWWR) durchgeführt.

Physikalisch-chemische Ruhrlängsuntersuchungen

Von den zwölf Probenahmestellen an der Ruhr (Bild 3.1), die innerhalb dieses Untersuchungsprogramms beprobt werden, liegen fünf Stellen auf dem oberen Ruhrabschnitt von der Quelle bis zur Mündung der Möhne, drei auf dem mittleren zwischen Möhne-mündung und der Wehranlage am Harkortsee und weitere vier auf der Fließstrecke zwischen der Wehranlage Harkortsee und der Mündung in den Rhein. Die geografische Lage der untersuchten Probenahmestellen ist in Bild 3.2 dargestellt. Die Flusskilometerangaben für die einzelnen Probenahmestellen basieren auf der dritten Auflage der Gewässerstationierung des Landesamtes für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz (LANUV) [3.1].



Bild 3.1: Ruhr, oberhalb des Kemnader Stausees
Fig. 3.1: River Ruhr, upstream Lake Kemnade

[3.1] Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz (LANUV) NRW: Gewässerstationierungskarte des Landes Nordrhein-Westfalen (GSK3B), 3. Auflage, 31. Juli 2006

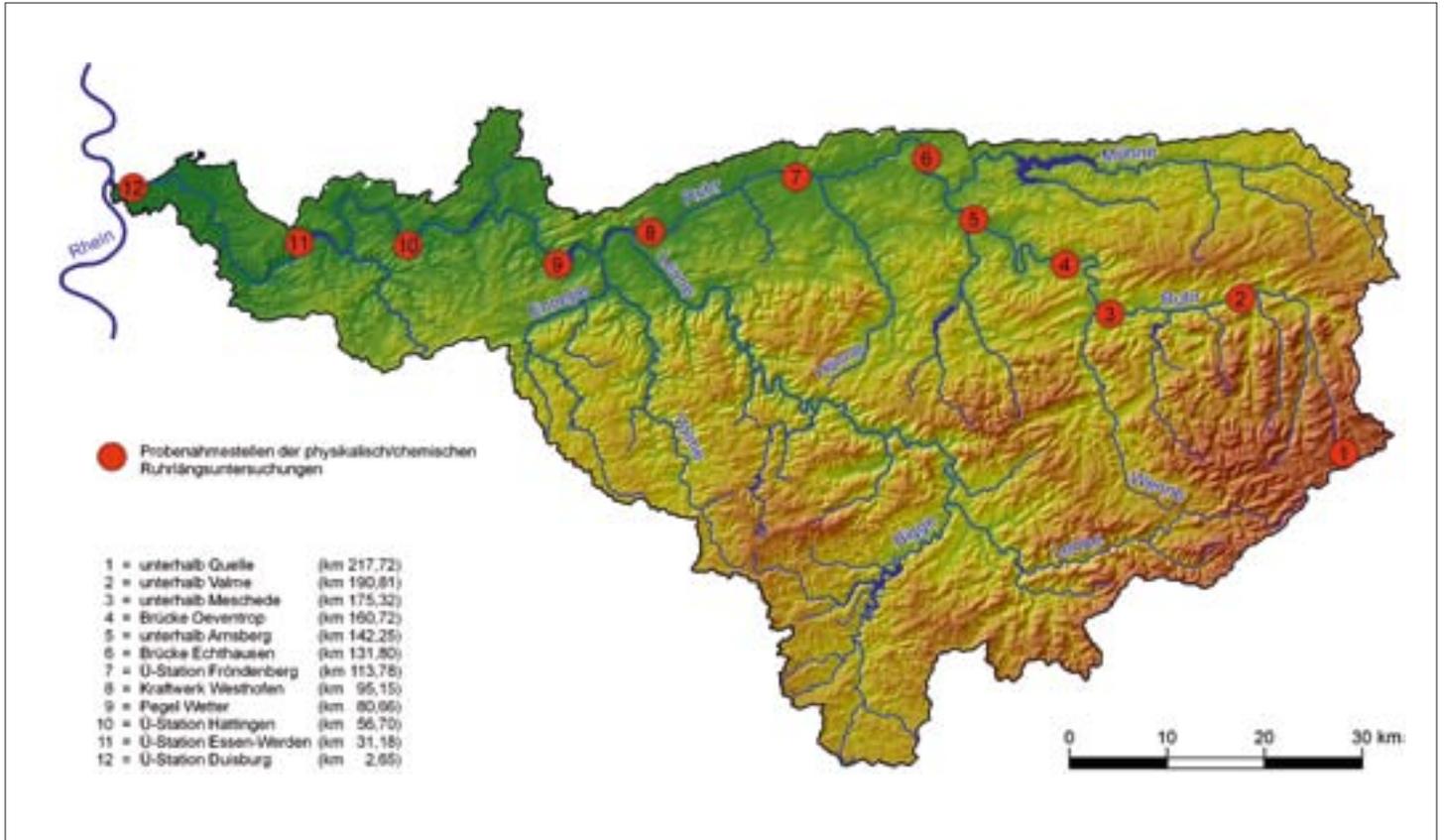


Bild 3.2: Geografische Lage der zwölf Probenahmestellen der Ruhrlängsuntersuchungen
 Fig. 3.2: Location of the 12 sampling points for quality monitoring along the Ruhr

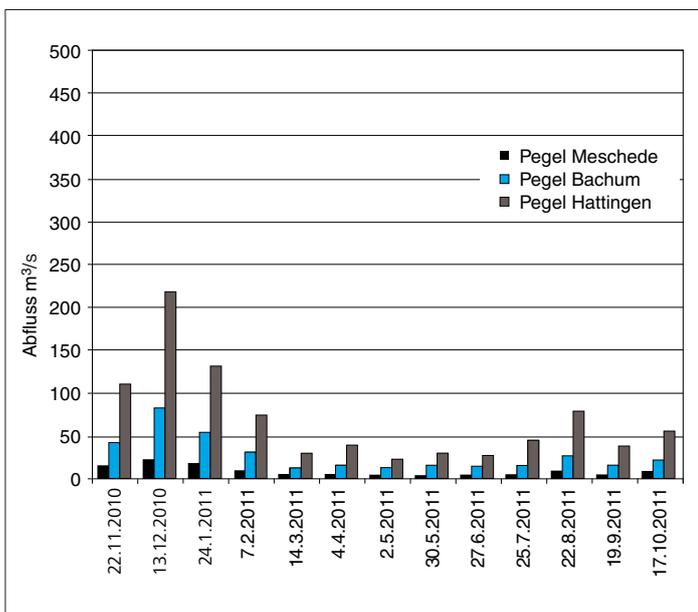


Bild 3.3: Abflüsse an den Pegeln Meschede 1, Bachum und Hattingen an den Probenahmestellen des Abflussjahres 2011 (Tagesmittelwerte)
 Fig. 3.3: Ruhr runoff at the gauging stations Meschede 1, Bachum and Hattingen at the sampling points of 2011 (daily means)

Bild 3.3 zeigt die Abflusstagesmittelwerte als Säulen an den jeweiligen Probenahmeterminen im Abflussjahr 2011 für die Ruhrpegel Meschede 1, Bachum und Hattingen. Im Vergleich der Untersuchungstage mit den Verhältnissen während des gesamten Abflussjahres 2011 (Bild 1.2) zeigt sich, dass die Bandbreite an den Untersuchungsterminen am Pegel Hattingen mit 21,5 bis 201 m³/s nicht vollständig repräsentativ ist. Während die Phasen der Niedrigwasserführung mit dem Untersuchungsprogramm gut erfasst wurden, sind die Abflussspitzen im Winter hier unterrepräsentiert. Dadurch weist der mittlere Abfluss für die Tage der Ruhrlängsuntersuchungen mit 66,8 m³/s einen etwas geringeren Wert auf als das Mittel des Abflussjahres mit 70,5 m³/s. Trotzdem kommen insgesamt die Abflussverhältnisse an den Untersuchungstagen den Abflussbedingungen des Gesamtjahres relativ nahe.

In Bild 3.4 sind die statistischen Daten für eine Auswahl der untersuchten Kenngrößen sowohl des aktuellen Abflussjahres als auch der Jahresreihe 2002 bis 2010 dargestellt. Im „Box-Whisker-Diagramm“ der Messwerte des Abflussjahres 2011 entsprechen die Endpunkte der Linien den Minima bzw. Maxima, das graue Rechteck dem Bereich zwischen dem 10- und 90 Perzentil und der schwarze Punkt dem Median. Die 10- und 90-Perzentile der langjährigen Untersuchungen 2002 bis 2010 sind als graue Fläche hinterlegt, die entsprechenden Mediane als rote Linie dargestellt.

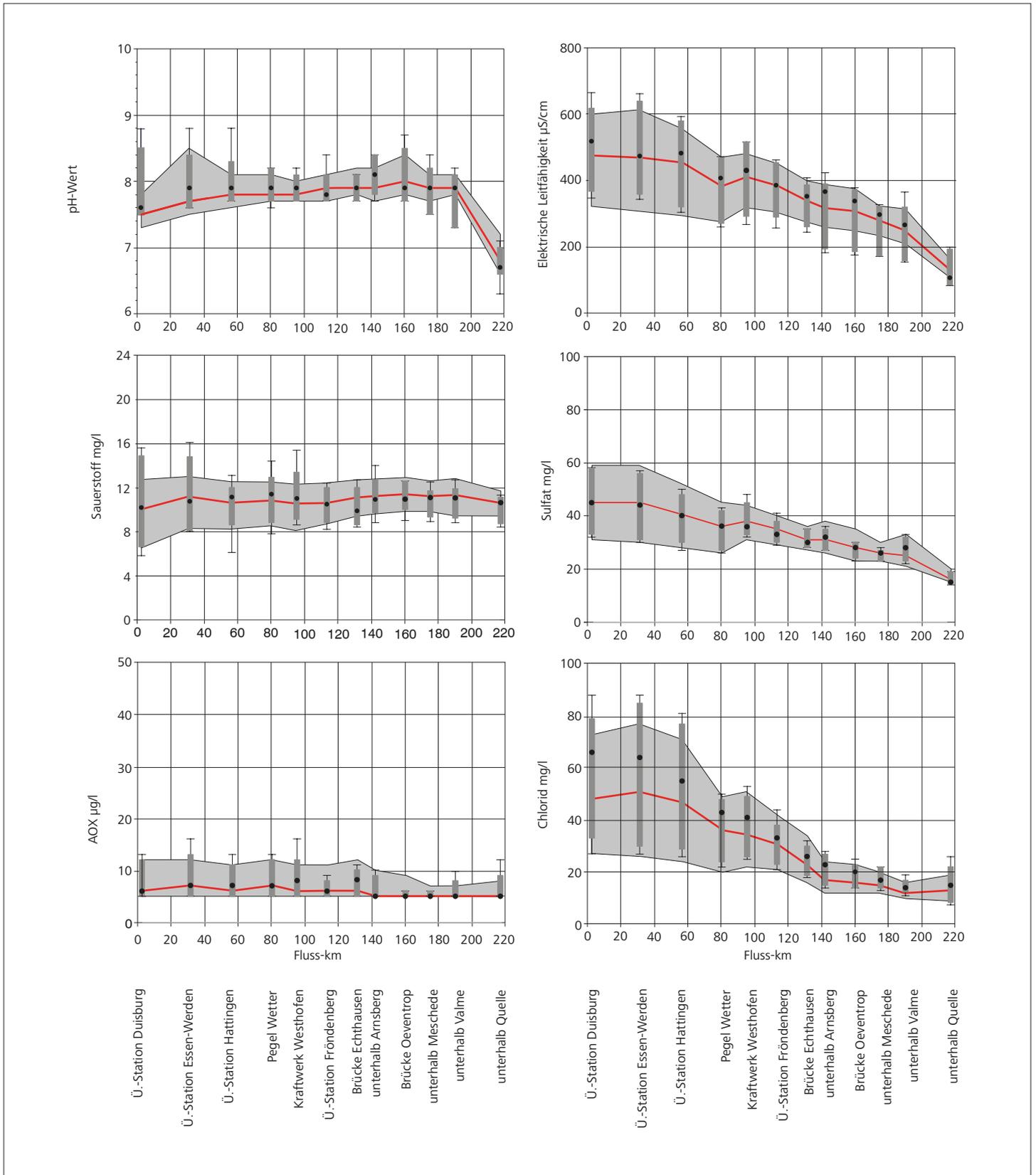


Bild 3.4: Ruhrlängsuntersuchungen im Abflussjahr 2011, statistische Daten ausgewählter Kenngrößen
 Fig. 3.4: Examinations along the Ruhr during the runoff year 2011, statistical data of selected parameters

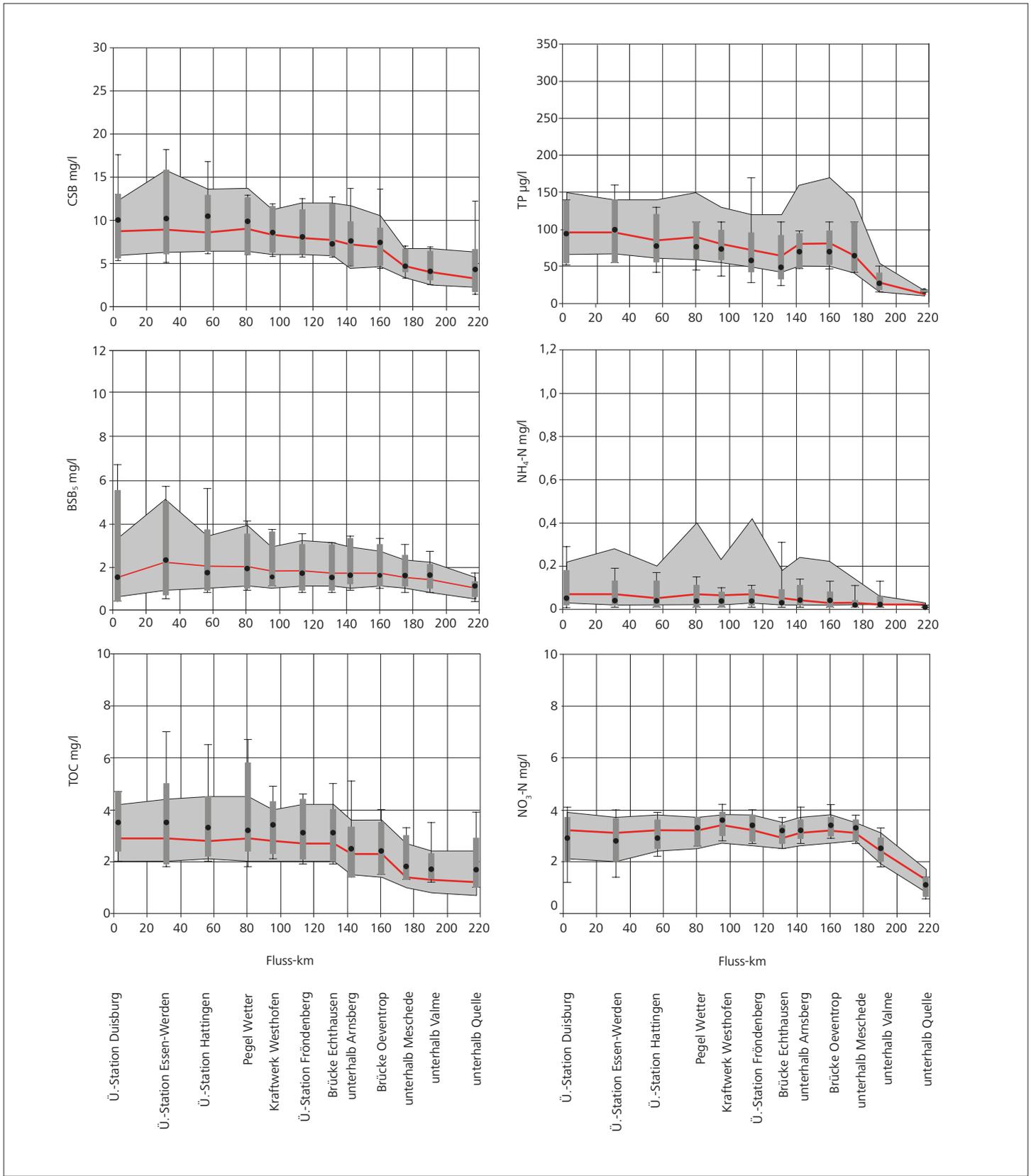


Bild 3.4: Ruhrlängsuntersuchungen im Abflussjahr 2011, statistische Daten ausgewählter Kenngrößen
 Fig. 3.4: Examinations along the Ruhr during the runoff year 2011, statistical data of selected parameters

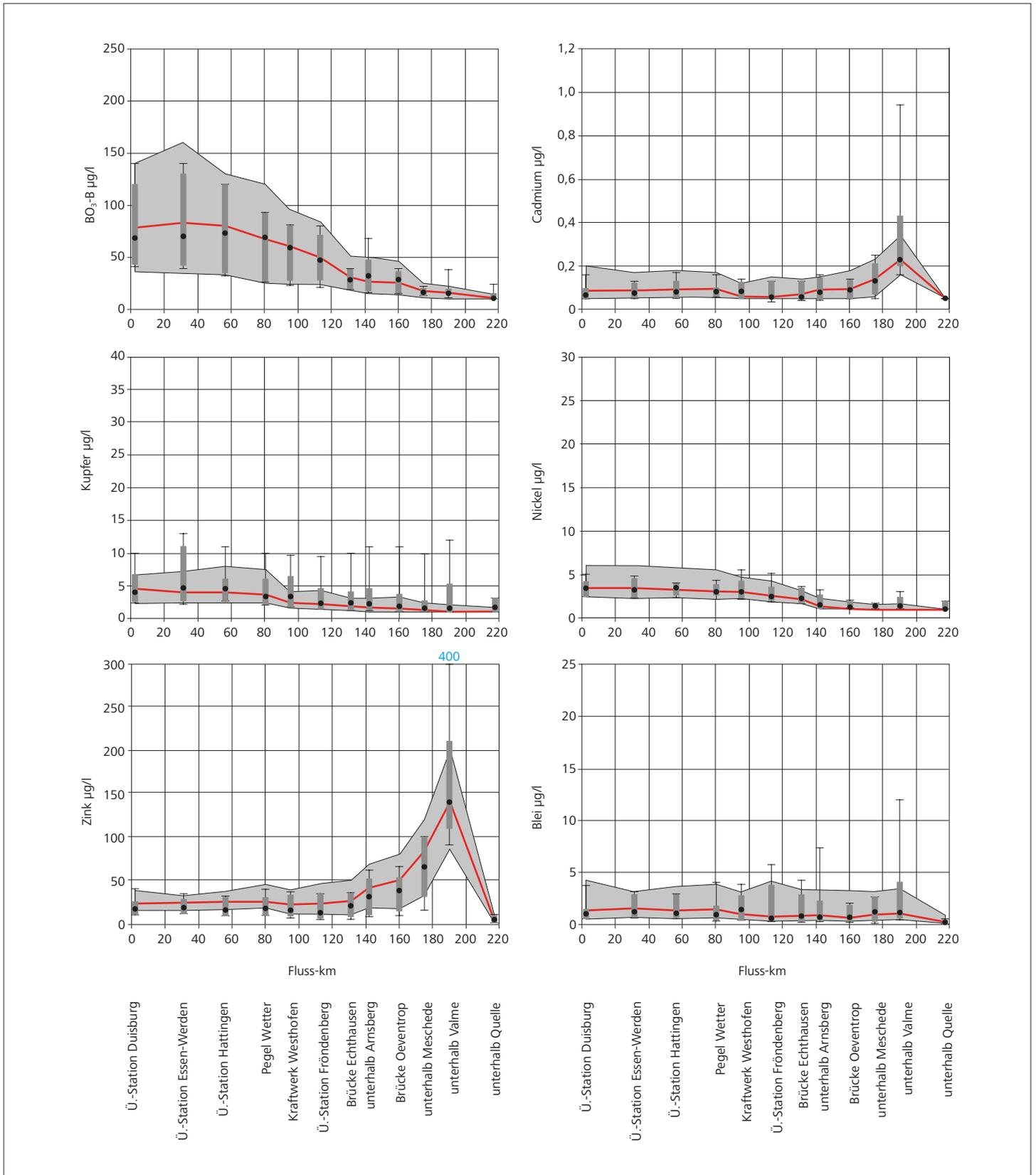


Bild 3.4: Ruhrlängsuntersuchungen im Abflussjahr 2011, statistische Daten ausgewählter Kenngrößen
 Fig. 3.4: Examinations along the Ruhr during the runoff year 2011, statistical data of selected parameters

Im folgenden Text werden die wesentlichen Befunde der Ruhr-längsuntersuchungen erläutert. Die Bewertung erfolgt auf der Basis der Umweltqualitätsnormen (UQN) und der Orientierungswerte, die sich aus der Umsetzung der EG-WRRL des Landes NRW und der Oberflächengewässerverordnung (OGewV) ergeben [2.1, 2.2], sowie der Fischgewässerverordnung [2.4].

Allgemeine physikalisch-chemische Kenngrößen

pH-Wert

Der zeitliche und räumliche Verlauf des pH-Werts wird stark durch Algenentwicklungen und die damit einhergehenden photosynthetischen Prozesse bestimmt. Im Vergleich zu den langjährigen Ergebnissen, aber auch zu den Vorjahren fällt auf, dass sich alle statistischen Werte 2011, vor allem im Unterlauf, auf einem höheren Niveau befanden. Dieses war auf die außergewöhnlich starke Primärproduktion durch Planktonalgen im Frühjahr und den entsprechenden CO₂-Entzug zurückzuführen. Zu dem Chlorophyllanstieg kam es jedoch nicht durch höhere Nährstoffkonzentrationen, sondern vielmehr durch die ausgesprochen günstigen hydrologischen und meteorologischen Verhältnisse, die ab Mitte März bis in den Mai vorhanden waren. In dieser Zeit stiegen vor allem in den Stauhaltungen die pH-Werte an, was an den Messstellen unterhalb der Wehre zu höheren Werten bis zu pH 8,8 (an den Untersuchungstagen) führte. Die vorjährigen Maxima in dem makrophytenreichen Gewässerabschnitt zwischen „Brücke Oeventrop“ und „Arnsberg“ waren auch dieses Jahr vor allem während des späten Frühjahrs vorhanden. Mit pH 8,7 wurde allerdings nur einmal (30. Mai 2011) die Anforderung der EG-WRRL, die für diesen Gewässerabschnitt einen pH-Bereich von 6,5 bis 8,5 vorschreibt, überschritten.

Elektrische Leitfähigkeit

Als Maß für eine erste Einschätzung und Beurteilung der Gesamtkonzentration ionischer Inhaltsstoffe wird häufig die Elektrische Leitfähigkeit verwendet. Erwartungsgemäß stieg diese im Fließverlauf durch geogene und anthropogene Einträge an. Während im Bereich der Quelle im Mittel noch 141 µS/cm gemessen wurden, stieg die Leitfähigkeit bis zur Mündung auf einen Wert von 500 µS/cm an. Die Einträge der salzhaltigen Grubenwässer des Bergwerks „Robert Müser“, die über den Ölbach zwischen dem „Pegel Wetter“ und der „Überwachungsstation Hattingen“ in die Ruhr gelangen, machten sich in einem Anstieg der Elektrischen Leitfähigkeit um etwa 65 µS/cm bemerkbar. Insgesamt waren im gesamten Fließverlauf der Ruhr im Abflussjahr 2011 überdurchschnittliche mittlere Leitfähigkeiten zu verzeichnen. Dies war vor allem auf die lange Trockenwetterperiode im Frühjahr/Frühsummer, in denen die Abflüsse kaum 25 m³/s überschritten, zurückzuführen.

Mineralische Inhaltsstoffe

Die Konzentrationen der mineralischen Inhaltsstoffe, hier sind vor allem Calcium, Magnesium, Natrium und Kalium als Kationen und Chlorid, Sulfat, Nitrat, Hydrogencarbonat, Fluorid und Bromid als

Anionen zu nennen, bewegen sich schon seit vielen Jahren auf einem niedrigen Niveau. Sowohl den Kationen als auch den Anionen ist gemein, dass die Konzentrationen mit zunehmender Fließstrecke zunehmen.

Während Sulfat für alle statistischen Parameter im gesamten Fließverlauf nahezu identische Konzentrationen wie die langjährigen Werte aufwies, waren beim Chlorid insgesamt etwas höhere, bei den Medianen sogar meist deutlich höhere Gehalte festzustellen. Hier machte sich, wie es schon bei der Elektrischen Leitfähigkeit beschrieben wurde, die andauernde Niedrigwasserphase vom Frühjahr bis Frühsommer deutlich bemerkbar. In diesen Zeiten wurde mit 88 mg/l Chlorid das diesjährige Maximum erreicht. Da aufgrund der langen Zeiten mit niedrigen Abflüssen die salzhaltigen Grubenwässer einen größeren Einfluss als üblich hatten, lagen die 90-Perzentile ab der „Messstation Hattingen“ über den langjährigen Werten.

Die Konzentrationen der hier nicht dargestellten Anionen Fluorid und Bromid zeigten einen ähnlichen zeitlichen und räumlichen Verlauf wie Chlorid und Sulfat mit den höchsten Werten im Frühjahr. In dieser Zeit erreichte der Bromidgehalt einmalig einen Wert von 0,21 mg/l, ansonsten blieben die Konzentrationen bei den Kenngrößen wie in den Vorjahren kleiner als 0,20 mg/l. Die Kationen Calcium und Magnesium waren wie im Vorjahr hinsichtlich ihrer Konzentrationen unauffällig.

Organische Stoffe

Im Abflussjahr 2011 stagnierte der seit Jahren zu beobachtende Rückgang der organischen Belastung der Ruhr. Zum Teil wiesen die mittleren Konzentrationen an den einzelnen Messstellen sogar etwas höhere Werte als in den Vorjahren auf. Hier spielten im aktuellen Jahr weniger die Einträge aus den kommunalen Kläranlagen, sondern vielmehr die besonderen Abflussverhältnisse und biologischen Prozesse eine entscheidende Rolle. Dieses wird im Folgenden an Hand der Kenngrößen BSB₅ (ohne ATH), CSB und TOC, die stellvertretend für die organische Belastung der Ruhr stehen, diskutiert.

Die Medianwerte für den BSB₅ (ohne ATH) bewegten sich im Abflussjahr 2011 im gesamten Ruhrverlauf im Bereich der langjährigen Mediane. Für die 90-Perzentile zeigte sich hier im Vergleich zu den letzten Jahren ein leichter Anstieg, vor allem im von mehreren Stauhaltungen geprägten Ruhrabschnitt ab etwa Westhofen. Hier spielten neben den abflussbedingten Anstiegen im Dezember die ausgeprägten Algenentwicklungen, die zwischen Mitte März und Mitte Mai den Unterlauf der Ruhr dominierten und Chlorophyllwerte über 100 µg/l zur Folge hatten, eine entscheidende Rolle. Zu dieser Zeit wurden auch die diesjährigen Maxima des BSB₅ mit bis zu 6,7 mg/l (90-Perzentil: 5,6 mg/l) im Mündungsbereich der Ruhr gemessen. Im Anschluss an die algenreiche Zeit blieben die Abflüsse immer noch niedrig, so dass sich bei einer nahezu nicht mehr vorhandenen Planktonproduktion und nur geringen Einträgen aufgrund kaum vorhandener Niederschläge ein ausgesprochen niedriges Niveau mit Werten um 1,0 mg/l BSB₅ (ohne ATH) einstellte. Die noch im Vorjahr auffälligen Maxima im

Oberlauf der Ruhr, die auf eine außergewöhnliche Algenentwicklung schon im Quellbereich zurückzuführen waren, traten in diesem Jahr nicht mehr auf.

Wie auch beim BSB₅ zeigten die CSB-Konzentrationen im aktuellen Jahr vor allem im Unterlauf eine Tendenz zu etwas höheren Werten. Neben dem Abflussanstieg am 13. Dezember 2010, als die Konzentrationen unterhalb des „Kraftwerks Westhofen“ zwischen 11 und 13 mg/l lagen, hatten die Phyto- und Zooplanktonentwicklungen in den Monaten März bis Mai 2011 den größten Einfluss auf den CSB-Gehalt. In dieser Zeit wurden Werte bis zu 18,2 mg/l (Überwachungsstation Essen-Werden) gemessen. Auch in den folgenden Monaten blieben die CSB-Konzentrationen noch überdurchschnittlich, erreichten allerdings nicht mehr die Höhe der Maxima im Frühjahr. Betrachtet man die Abfiltrierbaren Stoffe während des Abflussanstiegs im Dezember 2011, so zeigte sich, dass zu dieser Zeit der Glührückstand und damit der mineralische Anteil über 80 % betrug, was eine Folge von Abschwemmungen und Sedimentremobilisierungen war. Dagegen nahm bei den Algenentwicklungen im Frühjahr und Sommer dieser deutlich ab und erreichte oftmals nur noch 50 %, zum Teil sogar lediglich 40 % (unterhalb Baldeneysee bzw. Essen-Werden). Auch der TOC wies einen ähnlichen Konzentrationsverlauf wie der CSB auf, jedoch führte die intensive Biomasseproduktion zu höheren Werten als beim CSB. Sowohl der BSB₅ als auch der TOC halten die Vorgaben der EG-WRRL, die hier mit den ACP-OW in der OGewV festgelegt sind, im Abflussjahr 2011 sicher ein, so dass für beide Kenngrößen im gesamten Ruhrverlauf der „sehr gute“ Zustand erreicht wird. Die Anforderungen, die in der Fischgewässerverordnung festgelegt sind, werden ebenfalls an allen Probenahmestellen erfüllt.

Sauerstoffhaushalt

Im Vorjahresvergleich wiesen die Sauerstoffkonzentrationen an allen Probenahmestellen, bezogen auf den Median, ähnliche Werte auf. Im Oberlauf bis Arnsberg zeigten die Konzentrationen den üblichen Verlauf mit nahezu identischen statistischen Werten wie in den letzten neun Jahren. Unterhalb Arnsberg lagen auch 2011 für etwa 30 km die Konzentrationen unterhalb der langjährigen Daten, aber mit Medianen von mindestens 9,9 mg/l O₂ immer noch auf einem hohen Niveau. Die niedrigsten Werte traten hier gegen Ende der Vegetationsperiode auf, als absterbende Makrophyten, wie zum Beispiel der Flutende Hahnenfuß *Ranunculus fluitans*, unter Sauerstoffverbrauch mineralisiert wurden.

Auffällig war im weiteren Fließverlauf die deutlich größere Spannweite der Konzentrationen. So bewegten sich die Minimal- und Maximalgehalte an fast allen Stellen unter- bzw. oberhalb der langjährigen 10- bzw. 90-Perzentilwerte, im gestauten Teil der Ruhr war dies sogar für die diesjährigen 90-Perzentile der Fall. Hier spiegeln sich in den Frühjahrsmonaten die Photosynthese auf der einen Seite und Atmungs- und Abbauprozesse auf der anderen Seite wider. Kritische Sauerstoffverhältnisse für die Fischfauna, die eine künstliche Belüftung erforderlich gemacht hätten, traten zu keinem Zeitpunkt auch nur annähernd auf. Alle Grenzwerte oder Anforderungen der zur Bewertung herangezogenen Richtlinien oder Verordnungen wurden im gesamten Fließverlauf der Ruhr

eingehalten. Das Thema Sauerstoffhaushalt wird im Beitrag „Zeitlich dichte physikalisch-chemische Überwachungen der Ruhr“ ausführlich für das Sommerhalbjahr behandelt. Hier werden auch kurzfristige Änderungen der Sauerstoffverhältnisse aufgezeigt, die mit der vierwöchentlichen Probenahme nicht erfasst wurden.

Nährstoffe

Für die Produktion pflanzlicher Biomasse in Gewässern, wie planktische oder benthische Pflanzen, sind neben Aufenthaltszeit, Licht, Kohlenstoff oder ggf. Silizium vor allem die Nährstoffe Phosphor und Stickstoff unentbehrlich. Da sich die Konzentrationen von Stickstoff, hier ist vor allem Nitrat zu nennen, im Ruhreinzugsgebiet auf einem stets ausreichend hohen Niveau befinden, werden pflanzliche Entwicklungen in der Regel vom Phosphorgehalt limitiert. Zusammen mit den Einflüssen der Nahrungsnetze werden diese Abhängigkeiten im Abschnitt „Trophische Situation in der Ruhr“ ausführlich dargestellt. Im folgenden Text werden die Konzentrationen und die Entwicklungen der Nährstoffe Gesamtphosphor, Nitrat- und Ammonium-Stickstoff für den Verlauf der Ruhr beschrieben und bewertet.

Auch wenn die Mediane des Gesamtphosphors sich im aktuellen Abflussjahr bis auf eine Ausnahme unter den langjährigen Werten befanden, war es schon bemerkenswert, dass die Bandbreite im gesamten Fließverlauf im Vergleich zu den letzten Jahren deutlich zugenommen hatte. So erreichten beispielsweise im Unterlauf die 90-Perzentile den oberen Rand der Jahresreihe 2002 bis 2010. Die Bandbreite, die im gestauten Bereich in den letzten Jahren bis auf 30 µg/l TP (10- bis 90-Perzentile) abgenommen hatte, betrug nunmehr zwischen 50 und 80 µg/l TP. Eine Zunahme der Phosphorgehalte war beim Abflussanstieg Mitte Dezember zu verzeichnen, als hauptsächlich partikulärer Phosphor aus Abschwemmungen eingetragen oder aus dem Sediment remobilisiert wurde. Im Anschluss an die Frühjahrsentwicklung der Planktonalgen, die vor allem in den Stauhaltungen stattfand, wurden bei den Mineralisierungsprozessen der Planktonbiomasse vermehrt lösliche Phosphorverbindungen freigesetzt. Unterhalb des Baldeneysees wurde so im Juni mit 160 µg/l TP das diesjährige Maximum in diesem Ruhrabschnitt gemessen. Im Vergleich zur algenreichen Phase, als der filtrierte Anteil des Phosphors zeitweise nur noch 10 bis 20 % betrug, wurde in der Phase des mikrobiellen Abbaus bis zu 90 % des Phosphors in seiner löslichen Form nachgewiesen. Das Maximum von 170 µg/l TP in der Ruhr, das im August 2011 an der Messstation Fröndenberg registriert wurde, war auf ein lokales Regenereignis zurückzuführen, bei dem aus landwirtschaftlich genutzten Flächen partikulärer Phosphor in die Ruhr und die Hönne eingetragen wurde. Wie in den letzten Jahren kann mit Mittelwerten von 15 bzw. 30 µg/l TP die Ruhr auf ihren ersten 30 Kilometern entsprechend der EG-WRRL in „sehr gut“ eingestuft werden. Im weiteren Fließverlauf bleibt der Mittelwert des Gesamtphosphors an jeder Probenahmestelle sicher unterhalb des Wertes von 100 µg/l, der die Grenze für den „guten“ Zustand darstellt.

Die Ammonium-Stickstoff-Konzentrationen blieben weiterhin auf dem sehr niedrigen Niveau der letzten Jahre. Lediglich zwei Werte überschritten im Abflussjahr 2011 einen Gehalt von 0,2 mg/l NH₄-N,

und zwar einmal an der Probenahmestelle Echthausen durch ein Regenereignis Anfang April und einmal an der Mündung, als im Dezember bei Wassertemperaturen zwischen 2 und 3 °C die Nitrifikation stark herabgesetzt war. Die Wassertemperaturen blieben beispielsweise in der Ruhr bei Essen von Dezember bis Anfang März stets unterhalb von 7 °C, so dass in dieser Zeit die Ammonium-Konzentrationen mit knapp über 0,1 mg/l naturgemäß ein höheres Niveau erreichten. Insgesamt wird jedoch für die Ruhr ab der „Brücke Oeventrop“ bei Mittelwerten zwischen 0,04 und 0,09 mg/l NH₄-N nach den Vorgaben der EG-WRRL (\leq 0,3 mg/l) sicher der „gute“ Zustand erreicht, auf der Fließstrecke von der Quelle bis Oeventrop sogar der „sehr gute“ Zustand.

Hinsichtlich der Nitrat-Stickstoff-Konzentrationen ergab sich im Abflussjahr 2011 für die Ruhr ein zweigeteiltes Bild. Während im Oberlauf bis zum „Pegel Wetter“ (Ausnahme Quellbereich) durchweg überdurchschnittliche Werte vorhanden waren, blieben ab der „Überwachungsstation Hattingen“ die Nitrat-Stickstoff-Gehalte zum Teil deutlich unter den langjährigen Werten. Die verhältnismäßig hohen Konzentrationen im Oberlauf – schon ab Meschede betragen die Mittelwerte deutlich über 3 mg/l NO₃-N – sind eine Folge der hohen Hintergrundkonzentrationen im Einzugsgebiet der Ruhr, hervorgerufen z.B. durch die ansässige Landwirtschaft. Allerdings fehlten hier aufgrund der nur geringen Biomasseproduktion die anoxischen Verhältnisse am Gewässergrund, die für eine Denitrifikation nötig sind. Diese traten im Unterlauf mit steigender Algendichte und anschließender sauerstoffverbrauchender Mineralisierung immer häufiger auf, so dass in den Sommermonaten auch eine umfangreiche Denitrifizierung, insbesondere in den Ruhrstauseen, stattfinden konnte. Die Folge waren ab dem „Kraftwerk Westhofen“ abnehmende Nitrat-Stickstoff-Konzentrationen. Trotzdem kann bis auf den Quellbereich die strenge LAWA-ZV von 2,5 mg/l NO₃-N, die als 90-Perzentil festgelegt ist, an keiner Probenahmestelle eingehalten werden. Die Umweltqualitätsnorm, die in der Oberflächengewässerverordnung festgelegt ist, und der Grenzwert der Trinkwasserverordnung von je 50 mg/l Nitrat (11,3 mg/l NO₃-N) werden dagegen im gesamten Fließverlauf weit unterschritten.

Schwermetalle

Es werden in Bild 3.4 die Gesamtkonzentrationen der ökotoxikologisch bedeutsamen Schwermetalle Blei, Cadmium, Kupfer, Nickel und Zink dargestellt. Zu dieser Stoffgruppe gehören auch die nicht abgebildeten Schwermetalle Chrom (10 % Befundhäufigkeit) und Quecksilber (kein Nachweis), die jedoch im Ruhrwasser keine Rolle spielten. Die Schwermetallbelastung ist, abgesehen von der geogenen Hintergrundbelastung im östlichen Einzugsgebiet der Ruhr, seit Jahren abnehmend und hat inzwischen meist ein niedriges Niveau erreicht.

Für die Elemente Blei, Cadmium, Nickel und Zink bewegten sich auch im aktuellen Abflussjahr die Mediane im Bereich der Jahresreihe von 2002 bis 2010 oder, wie beim Zink und streckenweise auch beim Cadmium, sogar darunter. Die während der andauernden Niedrigwasserphase in den Sommermonaten kurzen, aber heftigen Niederschläge führten im Juli 2011 in der Ruhr „unter-

halb Valme“ – die Valme fließt durch ein ehemaliges Erzbergbaugebiet – zu einem deutlichen Anstieg von Zink und Cadmium. Mit 400 µg/l Zn und 0,94 µg/l Cd wurden hier die diesjährigen Maxima gemessen. Aber auch die Begleitelemente Blei und Nickel erreichten zu diesem Zeitpunkt ihre höchsten Konzentrationen. Im weiteren Fließverlauf waren bis auf einige wenige und nicht einmal hohe lokale Maxima (z.B. Blei) die Konzentrationen der genannten Schwermetalle unauffällig. Beim Kupfer, das überwiegend in seiner gelösten Form vorliegt, stiegen die Konzentrationen von der Quelle bis zum Baldeneysee stetig an. Die vergleichsweise höheren Konzentrationen in diesem Jahr über die gesamte Fließstrecke traten in der fast sechsmonatigen Niedrigwasserphase auf, als produktionsbedingte Schwankungen der Konzentrationen in industriellen Abwässern bei einem zunehmenden Verhältnis Abwasser/Oberflächenwasser die Kupfergehalte in der Ruhr stärker beeinflussten.

Da die Vorbelastung durch den ehemaligen Erzbergbau im östlichen Teil des Ruhreinzugsgebiets nach wie vor noch präsent ist, erreichten die Zink-Konzentrationen „unterhalb der Valme“ bis „unterhalb von Meschede“ Werte, die nach den Vorgaben der EG-WRRL nur eine Bewertung mit „schlecht“ zulassen. Bis „unterhalb von Arnsberg“ bleibt der Zustand noch „unbefriedigend“, um auf der restlichen Fließstrecke bis zur Mündung in den Rhein in „mäßig“ überzugehen. Das mit Zink zusammen vorkommende Cadmium zeigt zwar einen ähnlichen Verlauf wie die Konzentrationen des Zinks, allerdings reicht hier die entsprechende Bewertung nach EG-WRRL im Fließverlauf ab „unterhalb Valme“ von „unbefriedigend“ über „mäßig“ bis „gut“.

Bis zur „Brücke Oeventrop“ ist der Kupfergehalt in der Ruhr in „sehr gut“ einzustufen. Auf der weiteren Fließstrecke, auf der der Abwasseranteil zunimmt und bei den frühjährlichen und sommerlichen niedrigen Abflüssen noch an Bedeutung gewinnt, stiegen die Kupferkonzentrationen leicht an und bewegten sich im Bereich von 4 bis 5 µg/l. Damit überschreiten diese geringfügig den vorgegebenen Wert für den „sehr guten“ Zustand. Hinsichtlich der Schwermetalle Blei und Nickel kann die Ruhr wie in den Vorjahren sicher mit „sehr gut“ bewertet werden.

Spezielle Einzelstoffe

Borat-Bor

Die Konzentrationen von Borat-Bor zeigten den üblichen Verlauf in der Ruhr auf dem Weg von der Quelle bis zur Mündung. Mit zunehmendem Abwasseranteil aus kommunalen Kläranlagen, dem Haupteintragspfad für lösliche Bor-Verbindungen, stiegen die Gehalte allmählich an. Dieser Anstieg wurde lediglich durch den Zufluss der „sauberen“ Möhne unterbrochen, die zwischen der Möhnetalsperre und der Mündung keine Kläranlage im Einzugsgebiet aufweist. Insgesamt setzte sich der Trend niedrigerer Werte auch in diesem Jahr weiter fort. So blieben die Mittelwerte der Borat-Bor-Konzentrationen über weite Strecken unter den langjährigen Werten.

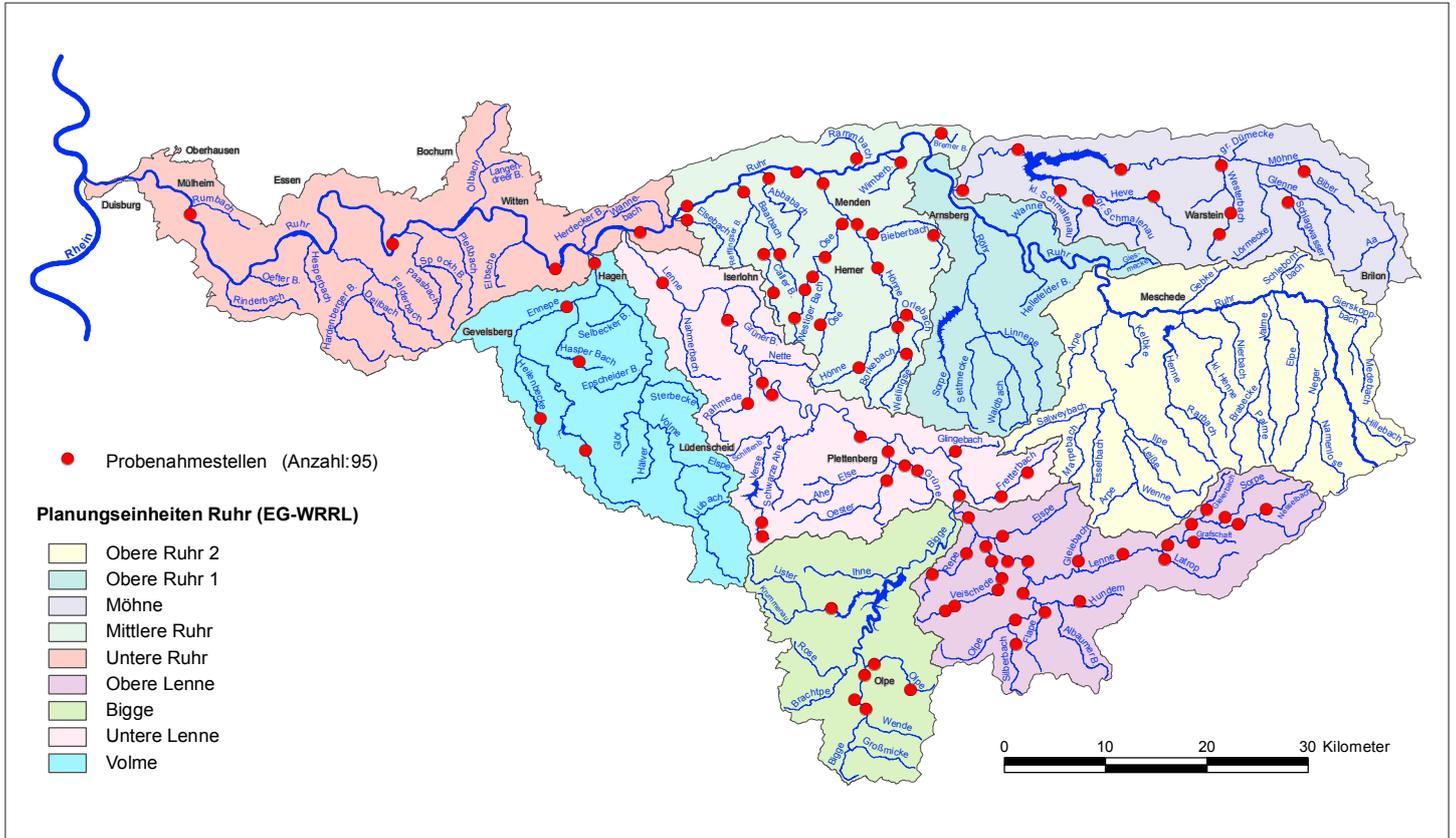


Bild 3.5: Lage der im Jahr 2011 untersuchten Fließgewässer einschließlich der jeweiligen Probenahmestellen
 Fig. 3.5: Location of flowing waters examined during the year 2011 and of the respective sampling points

Adsorbierbare Organisch Gebundene Halogene (AOX)

Auch wenn die AOX-Konzentrationen trotz der langen Phasen geringer Abflüsse nicht ganz das niedrige Niveau des letzten Jahres erreichten, bleiben selbst die Maxima mit 16 µg/l unter der LAWA-ZV von 25 µg/l (90-Perzentil). Ein Drittel aller Messwerte lag unterhalb der Bestimmungsgrenze von 5 µg/l, während lediglich 10 % der Konzentrationen einen Wert von 10 µg/l überschritten.

Zusammenfassung „Physikalisch-chemische Ruhrlängsuntersuchungen“

Die regelmäßigen Ruhrlängsuntersuchungen, die zumeist alle vier Wochen stattfinden, zeigen auch 2011 bei fast allen physikalisch-chemischen Kenngrößen einen „guten“ bzw. „sehr guten“ Zustand entsprechend der Bewertungsgrundlagen an, die sich aus den Vorgaben der EG-WRRL ergeben. Die frühjährliche Trockenwetterphase mit niedrigen Abflüssen und hoher Globalstrahlung führte dazu, dass durch eine ausgeprägte Primär- und Sekundärproduktion die Bandbreite einiger Parameter zunahm. Das betraf vor allem die Nährstoffe und organische Parameter, aber auch den pH-Wert und den Sauerstoffgehalt. Eine zusätzliche Belüftung der Ruhr wurde jedoch nicht erforderlich. Die mittleren Konzentrationen der genannten Parameter blieben trotzdem weitestgehend auf dem seit mehreren Jahren vorhandenen niedrigen Niveau.

Während die Schwermetalle Blei, Nickel, Chrom und Quecksilber mit „sehr gut“ sowie Kupfer mit „sehr gut“ bzw. „gut“ bewertet werden können, führt vor allem die geogene Hintergrundbelastung im Oberlauf der Ruhr bei Zink und Cadmium zu „mäßigen“ bis teilweise sogar „schlechten“ Einstufungen. Im Fließverlauf bis zur Mündung in den Rhein nahmen bei beiden Kenngrößen die Konzentrationen ab, so dass im Unterlauf für Zink noch der „mäßige“ und für Cadmium sogar der „gute“ Zustand erreicht wird.

Physikalisch-chemische Untersuchungen gemäß EG-WRRL

Auf der Basis der Vereinbarung zwischen LANUV und Ruhrverband wurden im Jahr 2011 insgesamt 64 Gewässer untersucht. Der Ruhrverband nahm im Rahmen des gemeinsamen operativen Monitorings an 27 Gewässern insgesamt 128 Probenahmen vor. Von der Bewertung ausgenommen sind Gewässer, die im Berichtszeitraum nur einmal oder zweimal untersucht wurden, wobei es sich dabei um Ergänzungen früherer Untersuchungen durch das LANUV handelt. Ohne diese Untersuchungen verbleiben 50 Gewässer in sieben der neun Planungseinheiten, über deren gemeinsame Untersuchungsbefunde im Folgenden berichtet wird.

Die Lage der Fließgewässer und die jeweiligen Probenahmestellen sind in Bild 3.5 in einer Karte dargestellt. In Tabelle 3.1 sind einige Stammdaten der untersuchten Gewässer sowie die jeweiligen Un-

Tabelle 3.1: Ausgewählte Stammdaten der im Jahr 2011 physikalisch-chemisch untersuchten Gewässer
 Table 3.1: Selected master data for the waters physico-chemically examined in the year 2011

	Gewässer-Nr.	AE ₀ km ²	Länge km	Anzahl Messstellen	Anzahl Untersuchungen
Planungseinheit 1000: Untere Ruhr					
Ruhr	276	651	99,0	5	67
Planungseinheit 1100: Volme					
Volme	2768	428	50,5	1	15
Ennepe	27688	187,3	42,1	2	19
Heilenbecke	276888	25,0	11,7	1	4
Hasper Bach	2768898	20,8	12,4	1	6
Planungseinheit 1200: Bigge					
Bigge	27664	369,2	44,6	3	12
Olpe	276642	35,9	10,3	2	8
Lister	276646	70,0	19,0	1	6
Planungseinheit 1300: Untere Lenne					
Lenne	2766	529,0	73,6	6	65
Fretterbach	276652	44,7	16,7	2	16
Glingebach	276654	12,6	6,6	1	6
Else	27666	96,2	12,9	1	8
Oester	276664	56,3	15,6	1	8
Grüne	2766644	14,5	9,2	2	12
Verse	27668	79,8	24,6	2	14
Rahmede	276692	29,8	11,7	1	8
Planungseinheit 1400: Obere Lenne					
Lenne	2766	457,0	55,5	7	26
Nesselbach	276612	10,7	7,4	1	4
Sorpe	276614	16,7	10,3	1	4
Gleierbach	276616	10,9	7,1	1	4
Grafschaft	276618	12,3	6,4	1	4
Latrop	2766192	30,0	11,0	1	3
Gleibach	2766198	10,1	5,0	1	4
Hundem	27662	128,7	14,5	2	8
Flape	276626	11,8	8,8	1	4
Silberbach	2766286	18,1	9,8	1	4
Olpe	276642	35,9	10,3	1	4
Elspe	276634	42,5	12,1	1	3
Veischede	276636	42,7	16,6	6	19
Repe	276638	26,3	11,4	2	8
Planungseinheit 1500: Mittlere Ruhr					
Ruhr	276	505,0	32,8	2	30
Bremer Bach	27634	11,7	4,3	1	4
Wimberbach	27636	15,8	8,3	1	4
Rambach	27638	18,0	7,0	1	9
Hönne	2764	261,7	33,4	4	25
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	2	8
Öse	27648	63,6	19,6	3	12
Westiger Bach	276484	16,8	9,4	3	12
Abbabach	27652	22,0	17,1	1	4
Baarbach	27654	53,1	17,6	3	14
Caller Bach	276542	11,1	5,6	1	4
Elsebach	27656	17,3	10,3	1	4
Planungseinheit 1800: Möhne					
Möhne	2762	468,6	65,1	3	21
Biber	276218	10,9	8,2	1	4
Große Schmalenau	276266	18,8	12,4	1	4
Heve	27626	101,4	22,3	1	4
Kleine Schmalenau	276268	18,2	10,6	1	4
Schlagwasser	276224	19,6	7,7	1	5
Westerbach	27624	54,7	14,3	3	12

Tabelle 3.2: Probenahmestellenbezogene Bewertungskriterien für ausgewählte Parameter gemäß der Oberflächengewässerverordnung (OGewV Juli 2011)
 Table 3.2: Sampling point-specific evaluation criteria for selected parameters according to the Surface Water Regulation (OGewV July 2011)

Bewertung	sehr gut	gut	mäßig	unbefriedigend	schlecht
OGewV Anlage 6 – ACP –					
Wassertemperatur °C	18 – 25 ¹	20 – 28 ²			
pH-Wert	6,5 – 8,5	6,5 – 8,5	–	–	–
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 ³ bzw. 9 ⁴	7 ³ bzw. 8 ⁴	< 7 bzw. < 8	–	–
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 µg/l	3,6	7,2	14,4	28,8	> 28,8
Cadmium ⁵ µg/l	0,04 – 0,125	0,08 – 0,25	0,16 – 0,50	0,32 – 1,0	> 0,32 – > 1,0
Nickel 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
Silber µg/l	0,01	0,02	0,04	0,08	> 0,08
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					
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
∑ 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
Diocetylzinn-Kation µg/l	0,002	0,004	0,008	0,016	> 0,016

¹ 18°C Salmoniden- und fischfreie Gew.
² 20°C Epipotamal und Cyp. Gew. des Rhitrals
³ 25°C Meta- und Hypopotamal

³ Gew. Typ 5, 7, 9, 19

⁴ Gew. Typ 9.2

² 20°C Epi- und Metarhital und fischfr. Gew.
⁵ 21,5°C Sal. Gew. d. Hyporhitrals und Cyp. Gew. d. Rhitrals
 25°C Epipotamal
 28°C Meta- und Hypopotamal

⁵ Abhängig von der Wasserhärte

tersuchungshäufigkeiten zusammengefasst. Bewertet werden ausgewählte Parameter gemäß den Anlagen 5, 6 und 7 der Oberflächengewässerverordnung – OGewV vom 20. Juli 2011 [2.2] sowie weitere Parameter mit gesetzlich nicht verbindlichen Orientierungswerten nach Anlage 4 des „Leitfadens Monitoring Oberflächengewässer“ [2.1]. Eine Zusammenstellung der Parameter befindet sich in Tabelle 3.2.

Die messstellenbezogenen Darstellungen erfolgen wie in den Vorjahren in einer fünfstufigen Differenzierung mit den Farben blau, grün, gelb, orange und rot. Eine Ausnahme von dieser Darstellung bilden die Parameter pH-Wert, Temperatur und Sauerstoff. So wird die Einhaltung bzw. Nichteinhaltung der Anforderung für den pH-Wert durch die Farben blau bzw. rot gekennzeichnet, die Parameter Temperatur und Sauerstoff werden in den Farben blau („sehr gut“), grün („gut“) und gelb („mäßig“) dargestellt.

Die messstellenbezogenen Bewertungen sind in Tabelle 3.3 entsprechend der vorgenannten Farbcodierung zusammengefasst. Weitere Parameter, die nur an wenigen Stellen analysiert wurden und Bewertungen von „mäßig“ oder schlechter aufweisen, sind in der rechten Spalte dieser Tabelle einzeln benannt. Dabei handelt es sich im Wesentlichen um weitere Schwermetalle, Arzneimittel und Diagnostika, PBSM, PAK und PFT.

Planungseinheit Möhne

In dieser überwiegend durch Wald- und Forstflächen geprägten Planungseinheit wurden neben der Möhne sechs Nebengewässer an insgesamt elf Probenahmestellen untersucht.

Die Wasserqualität der Gewässer dieser Planungseinheit war neben der geogenen bzw. anthropogenen Situation in einigen Regionen auch wesentlich von der Abflusssituation geprägt. So führten starke Niederschläge an einigen Untersuchungstagen zu einer Resuspendierung von Sedimenten in den Gewässern und damit zu erhöhten Gehalten des Gesamten Organisch Gebundenen Kohlenstoffs (TOC) und der Metalle. Besonders deutlich zeigte sich dieser Einfluss in der Möhne oberhalb der Talsperre beim Zink. Hier wurde bei drei der vier Untersuchungen ein Durchschnittswert von etwa 11 µg/l ermittelt, was einem „guten“ Zustand entsprechen würde. Durch den einzelnen Wert vom 12. Oktober 2011 von 102 µg/l errechnet sich ein Durchschnittswert von 34 µg/l, woraus eine Abstufung auf „unbefriedigend“ resultiert. Neben Zink, das lediglich an zwei Stellen einen „sehr guten“ und sonst einen „mäßigen“ bzw. schlechteren Zustand aufwies, wurden in vielen Gewässern auch erhöhte Cadmiumgehalte gemessen. Betroffen waren hauptsächlich die zeitweise leicht sauren Gewässer in den Einzugsgebieten von Kleiner und Großer Schmalenau sowie der Glenne einschließlich ihres Nebenbachs Schlagwasser. In diesen Einzugsgebieten befinden sich keine Kläranlagen.

Mit Ausnahme der Perfluorierten Tenside waren an allen Probenahmestellen keine weiteren Auffälligkeiten festzustellen. Für die Stoffgruppe der PFT existieren gesetzlich nicht verbindliche Orientierungswerte von 0,1 µg/l sowohl für jeden Einzelstoff als auch für die Summe aus zehn Einzelstoffen. Während alle Einzelkompo-

nenten diese Anforderung sicher einhielten, traf dies für den Durchschnitt der Summen aus jeweils elf Messungen von 0,106 µg/l nicht zu. Bei einer maximalen Einzelkonzentration aller Stoffe von 0,033 µg/l für PFOA erfolgt an der Möhнемündung für PFT eine Bewertung mit „mäßig“.

Planungseinheit Mittlere Ruhr

Das Einzugsgebiet der mittleren Ruhr ist durch größere Siedlungsgebiete sowie durch zusammenhängende Waldflächen und landwirtschaftliche Nutzflächen geprägt. Neben der Ruhr liegen Untersuchungsergebnisse von 14 weiteren Gewässern vor. Der Mündungsbereich des Baarbachs war die einzige Stelle in allen Planungseinheiten mit einer gering erhöhten mineralischen Belastung. So betrug die Bandbreite der Chloridgehalte hier 81 bis 350 mg/l bei einem Durchschnitt von 220 mg/l. Die Obergrenze für den „guten“ Zustand war somit geringfügig überschritten. Die Gehalte an Nährstoffen und organischen Inhaltsstoffen lagen meist auf einem niedrigen Niveau. Lediglich an der Baarbachmündung führten gering erhöhte Phosphorgehalte zu einem „unbefriedigenden“ Zustand.

Die Schwermetalle Cadmium sowie Kupfer und vor allem Zink lagen in zum Teil merklich erhöhten Konzentrationen vor. So erfordern die erhöhten Zinkgehalte an fünf Stellen eine Bewertung mit „schlecht“. Im Einzelnen handelte es sich um den in die Oese mündenden Westiger Bach, die Oese vor der Mündung in die Hönne, den Caller Bach vor der Mündung in den Baarbach und den Baarbach vor der Mündung in die Ruhr. Weitere Bewertungen mit „mäßig“ oder schlechter liegen bei den Schwermetallen Silber, Selen, Molybdän, Kobalt und Uran vor, wobei hauptsächlich die Gewässer Baarbach und Caller Bach betroffen sind.

Organische Spurenstoffe waren meist nur in sehr geringen Konzentrationen nachzuweisen. Die wenigen Ausnahmen mit Bewertungen von „mäßig“ oder schlechter betrafen u.a. das Antirheumatikum Ibuprofen, das Antibiotikum Clarithromycin und das Röntgenkontrastmittel Iopamidol, die in der Ruhr bei Fröndenberg nachgewiesen wurden. An zwei Stellen konnte zudem Pyren aus der Stoffgruppe der PAK sowie an je einer Stelle das Herbizid MCPA und das in der Kunststoffindustrie eingesetzte Bisphenol A nachgewiesen werden. Bei letzterem handelt es sich um ein Xenöstrogen mit einer östrogenartigen Wirkung, welches in hohen Dosen eine reproduktionstoxische Wirkung aufweisen kann.

Planungseinheit Obere Lenne

Das Einzugsgebiet ist weitgehend durch Wald- und Forstflächen geprägt. Das Lennetal wird bis Lennestadt weitgehend landwirtschaftlich genutzt, unterhalb befinden sich vermehrt Industrie-, Gewerbe- und Wohngebiete. Neben der Lenne liegen Untersuchungsergebnisse von 13 weiteren Gewässern vor.

Einige flache Abschnitte der oberen Lenne sind zeitweise weiterhin durch beträchtliche Vorkommen von grünen Fadenalgen und benthischen Kieselalgen geprägt. Dabei kommt es zu meist leichten Anstiegen des pH-Werts, was auch bei einigen Untersuchun-

Tabelle 3.3: Bewertung der Gewässeruntersuchungen des Jahres 2011 auf der Basis der Oberflächengewässerverordnung (OGewV Juli 2011)
 Table 3.3: Evaluation of the water examinations in 2011 on the basis of the Surface Water Regulation (OGewV July 2011)

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
				Wassertemperatur	ph-Wert	Ammonium-Stickstoff	Gesamphosphor	Sauerstoff	Chlorid	TOC	Blei	Cadmium	Nickel	Quecksilber	Nitrat-Stickstoff	Arsen	Chrom	Kupfer	Zink	
Planungseinheit 1800 – Möhne																				
628700	Möhne	uh KA Völlinghausen	23,38																	Molybdän, Kobalt
416101	Möhne	uh Güne	11,33																	
416204	Möhne	vor Mdg. i.d. Ruhr	0,15																	Σ PFT
629406	Biber	uh Stauzone	1,25																	Kobalt
632200	Gr. Schmalenau	vor Mdg. i.d. Heve	0,18																	Beryllium, Kobalt
631425	Heve	vor Mdg. i.d. Heve	13,97																	
632004	Kl. Schmalenau	uh Mdg. Hevensbrink	2,59																	Beryllium, Kobalt, Vanadium
630408	Schlagwasser	vor Mdg. i.d. Glenne	0,19																	
630809	Westerbach	oh Brauerei Warstein	9,65																	
630706	Westerbach	oh Warstein	6,86																	
631103	Westerbach	oh Beleck	1,28																	
Planungseinheit 1200 – Bigge																				
431928	Bigge	uh Zufluss Elbe	34,08																	
431930	Bigge	uh KA Wenden	33,32																	
432003	Bigge	Pegel Rüblinghausen	29,05																	
432635	Olpe	uh KA Altenkleusheim	7,82																	
432805	Olpe	vor Mdg. i.d. Bigge	0,65																	
433408	Lister	oh Listertalsperre	5,44																	
Planungseinheit 1100 – Volme																				
441200	Volme	vor Mdg. i.d. Ruhr	1,27																	Ibuprofen, Diclof., Sotal., Iopami., Clarithromycin, Erythromycin
442306	Ennepe	oh Ennepetalsperre	32,02																	
443104	Ennepe	Pegel Haspe	3,94																	Benzo(ghi)-perylen, Pyren, Benzo(a)anthracen
443487	Heilenbecke	oh Heilenbecker-Tsp.	8,31																	
443785	Hasper Bach	oh Haspertalsperre	9,29																	
Planungseinheit 1500 – Mittlere Ruhr																				
4108	Ruhr	bei Fröndenberg	113,76																	Pyren, Ibuprofen, Butyl-Sn, Clarithromycin, Iopamidol
402801	Ruhr	am Pegel Villigst	101,20																	
661107	Bremer Bach	uh KA Ense-Bremen	1,66																	
662707	Wimberbach	vor Mdg. i.d. Ruhr	2,10																	
685835	Rambach	vor Mdg. i.d. Ruhr	1,19																	MCPA
416356	Hönne	uh Muschert u. Gierse	27,22																	
416691	Hönne	uh Klusensteiner Mühle	12,63																	
416800	Hönne	uh Lendringsen	7,08																	
417002	Hönne	vor Mdg. i.d. Ruhr	0,09																	Pyren, Bisphenol A
417208	Borkebach	vor Mdg. i.d. Hönne	0,18																	
417300	Wellingse	vor Mdg. i.d. Borke	0,03																	
417350	Orlebach	vor Mdg. i.d. Borke	0,07																	
662008	Bieberbach	uh Erlbach	9,47																	Barium
417506	Bieberbach	vor Mdg. i.d. Hönne	0,19																	Barium
417609	Öse	in Heppingsen	15,95																	
417853	Öse	oh KA Hemer	5,33																	
418006	Öse	vor Mdg. i.d. Hönne	0,12																	Bor
418109	Westiger Bach	uh Ihmert	6,51																	
418158	Westiger Bach	in Hemer	0,99																	
418201	Westiger Bach	vor Mdg. i.d. Öse	0,05																	
418900	Abbabach	vor Mdg. i.d. Ruhr	2,22																	
418249	Baarbach	oh Iserlohn	13,86																	
418304	Baarbach	am Pegel Iserlohn	8,56																	
418500	Baarbach	vor Mdg. i.d. Ruhr	0,09																	Molybdän, Bor
418602	Caller Bach	vor Mdg. i.d. Baarbach	0,10																	Uran, Kobalt
418985	Elsebach	vor Mdg. i.d. Ruhr	1,22																	

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
				Wassertemperatur	ph-Wert	Ammonium-Stickstoff	Gesamtposphor	Sauerstoff	Chlorid	TOC	Blei	Cadmium	Nickel	Quecksilber	Nitrat-Stickstoff	Arsen	Chrom	Kupfer	Zink	Selen	
Planungseinheit 1400 – Obere Lenne																					
420300	Lenne	uh Oberkirchen	116,19																		
420505	Lenne	oh Schmallenberg	110,53																		
420657	Lenne	uh KA Schmallenberg	104,72																		
420750	Lenne	bei Hundesossen	99,84																		
421110	Lenne	in Meggen	84,50																		
421157	Lenne	uh Sachtleben	82,08																		
421509	Lenne	bei Bamenohl	75,40																Ibuprofen, Diclofenac		
420128	Nesselbach	uh KA Nordenau	0,97																		
420323	Sorpe II (Lenne)	vor Mdg. i.d. Lenne	0,05																		
685770	Gleiderbach	vor Mdg. i.d. Lenne	0,06																		
685768	Grafschaft	vor Mdg. i.d. Lenne	0,05																		
430006	Latrop	vor Mdg. i.d. Lenne	0,11																Ibuprofen		
431163	Gleibach	oh Fischteiche	1,19																Barium		
430110	Hundem	bei Selbecke	9,56																		
430456	Hundem	in Althenhundem	2,02																		
430559	Flape	vor Mdg. i.d. Hundem	0,07																		
431140	Silberbach	bei Breitenbruch	2,48																		
430924	Olpe	uh Mdg. Silberbach	5,18																		
431254	Elspe	oh Lennegraben	1,06																Glyphosat		
431321	Weischede	oh KA Oberweischede	12,79																		
431333	Weischede	uh KA Oberweischede	11,58																		
431436	Weischede	oh KA Bilstein	6,40																		
431400	Weischede	uh Bilstein	5,68																		
431450	Weischede	uh Bonzel	2,59																		
431606	Weischede	vor Mdg. i.d. Lenne	0,94																		
431655	Repe	uh Repe	7,79																		
431631	Repe	uh Niederhelden	2,60																		
Planungseinheit 1300 – Untere Lenne																					
421601	Lenne	uh Bigge	71,90																		
442896	Lenne	in Ohle	53,59																Ibuprofen		
422253	Lenne	oh Eintlg. Elektromark	35,02																		
422289	Lenne	uh Elverlingsen	33,28																		
422605	Lenne	in Nachrodt	19,90																Ibuprofen, Clarithromycin, Iopamidol		
422800	Lenne	Pegel Hohenlimburg	6,90																Benzo(a)anthracen, Ibuprofen, Clarithromycin, Iopamidol		
433755	Fretterbach	uh Serkenrode	11,78																		
433809	Fretterbach	in Deutmücke	7,72																		
433937	Glingebach	oh Rönkhausen	1,08																		
434085	Else	uh Oester	1,21																		
442999	Oester	Oestertalstrasse	2,89																		
434735	Grüne	Landemerterweg	1,67																		
434759	Grüne	vor Mdg. i.d. Oester	0,30																		
687297	Verse	oh Fürwiggetalsperre	23,76																		
687303	Verse	uh Fürwiggetalsperre	21,86																		
435855	Rahmede	uh KA Rahmedetal	3,60																Bor		
Planungseinheit 1000 – Untere Ruhr																					
402904	Ruhr	oh Lenne	94,32																		
503204	Ruhr	uh Harkortsee	81,68																Ibuprofen, Clarithromycin, Iopamidol		
004157	Ruhr	bei Hattingen	56,70																Iopamidol, Clarithromycin		
022810	Ruhr	bei Mh-Kahlenberg	14,34																Ibuprofen, Clarithromycin, Iopamidol, PAK, org.Sn		

gen im letzten Jahr festzustellen war. So kann die Anforderung von pH 8,5 als Obergrenze auf dem gesamten Abschnitt unterhalb der Kläranlage Schmallenberg bis zur Einmündung der Bigge sowie in den Nebengewässern Graftschaft, Gleibach und Veischede nicht eingehalten werden.

In der Veischede machte sich die Einleitung der gereinigten Abwässer der Kläranlage Lennestadt-Bilstein an erhöhten Nährstoffgehalten bemerkbar, die auf diesem Abschnitt einen „schlechten“ Zustand bewirken. Nach Stilllegung der Kläranlage und Überleitung der bisher hier gereinigten Abwässer zur Kläranlage Lennestadt-Grevenbrück Ende 2011 ist auf diesem Abschnitt allerdings mit einer deutlichen Qualitätsverbesserung zu rechnen.

Einige Gewässer wiesen erhöhte Konzentrationen der Schwermetalle Cadmium, Kupfer, Silber, Thallium und insbesondere Zink auf, wobei die höchsten Belastungen im Einzugsgebiet der Hundem zu verzeichnen waren, in dem noch bis vor wenigen Jahrzehnten Erzbergbau betrieben wurde. Maßgeblich ist dabei der Silberbach, in dem beispielsweise bis zu 1.300 µg/l Zink gemessen wurden. Nach Zufluss des Silberbachs stieg auch der Zinkgehalt in der Hundem merklich an, so dass sich auch hier mit 87 µg/l ein „schlechter“ Zustand einstellte. Die Lenne, die vor Einmündung der Hundem bei Zinkgehalten zwischen 21 und 41 µg/l bereits einen „unbefriedigenden“ Zustand aufweist, verschlechterte sich durch den Zufluss der Hundem weiter und ist nun mit durchschnittlich 68 µg/l ebenfalls als „schlecht“ zu bewerten.

In der Lenne bei Bamenohl wurden die Orientierungswerte für Ibuprofen und Diclofenac von 0,01 bzw. 0,1 µg/l geringfügig überschritten, so dass hier bei allerdings nur jeweils einer vorliegenden Messung mit „mäßig“ bewertet wird. Die gleiche Bewertung erfolgt für Ibuprofen im Mündungsbereich der Latrop in die Lenne. In der Elspe wurde bei zwei vorliegenden Messungen das Breitbandherbizid Glyphosat mit einem Maximalwert von 0,16 µg/l nachgewiesen, was bei einem Orientierungswert von 0,1 µg/l ebenfalls einem „mäßigen“ Zustand entspricht.

Planungseinheit Untere Lenne

Analog zur oberen Lenne ist auch das Einzugsgebiet der unteren Lenne durch Wald- und Forstflächen geprägt (Bild 3.7). Im Lennetal wechseln sich landwirtschaftliche Nutzflächen mit Industrie-, Gewerbe- und Wohngebieten ab. Neben der Lenne liegen Befunde von sieben weiteren Gewässern vor.

Im Einzugsgebiet der Fürwiggetalsperre sind einige Gewässer wegen der geologischen Verhältnisse und des hohen Anteils an Nadelwäldern und Mooren von Versauerung betroffen. So beispielsweise die Verse oberhalb der Talsperre, in der ein pH-Wert von 6,3 gemessen wurde.

Stickstoff und Phosphor lagen meist nur in niedrigen Konzentrationen vor. Eine Ausnahme bildete die Rahmede, die für beide Komponenten mit „unbefriedigend“ bewertet wird. In keinem Gewässer war eine organische Belastung vorhanden und auch die Schwermetallgehalte bewegten sich meist auf einem sehr



*Bild 3.7: Die Lenne bei Altena
Fig. 3.7: The Lenne river at Altena*

niedrigen Niveau. Lediglich Cadmium, Kupfer, Silber und Zink traten an einigen Stellen mit gering erhöhten Gehalten auf, die Bewertungen von „mäßig“ (bzw. „unbefriedigend“ für Silber in der Verse oberhalb der Fürwiggetalsperre) ergeben. Im Fließverlauf der Lenne war an drei von sechs Stellen Ibuprofen und im Unterlauf auch Clarithromycin sowie Iopamidol mit gering erhöhten Gehalten nachzuweisen.

Planungseinheit Bigge

Mehr als die Hälfte dieser Planungseinheit ist Wald und Forst, rund ein Drittel wird landwirtschaftlich genutzt. Die zum Talsperrensystem der Biggetalsperre gehörende Listertalsperre dient zudem der Trinkwassergewinnung. Neben der Bigge liegen Untersuchungsergebnisse von der Olpe und der Lister vor.

Mit Ausnahme der Olpe war an allen Probenahmestellen eine sehr gute bis gute Wasserqualität zu verzeichnen. Die Aufnahme der gereinigten Abwässer der in den Oberlauf der Olpe entwässernden Kläranlage Olpe-Altenkleusheim rief beim Ammoniumstickstoff Konzentrationsanstiege auf durchschnittlich 2,2 mg/l hervor, was einem „schlechten“ Zustand entspricht. Im Mündungsbereich der Olpe in die Bigge führen zudem gering erhöhte Kupfergehalte zwischen 3,9 und 6,3 µg/l und mit einem Durchschnittswert von 5,3 µg/l zu einem „mäßigen“ Zustand. Im Einzugsgebiet der Olpe sind einige metallverarbeitende Betriebe angesiedelt.

Planungseinheit Volme

Das Einzugsgebiet der Volme ist überwiegend durch Wald und darüber hinaus durch Grünland, Siedlungsflächen und industrielle Nutzung geprägt. Im Einzugsgebiet der Ennepe, dem größten Nebengewässer der Volme, befinden sich zudem größere Anteile Ackerflächen. Neben der Volme liegen Untersuchungsergebnisse der Nebengewässer Ennepe, Heilenbecke sowie Hasper Bach vor. Die untersuchten Gewässer wiesen meist eine gute bis sehr gute Wasserbeschaffenheit auf. Im Mündungsbereich der Volme sowie in der Ennepe in Höhe des Pegels Hagen-Haspe konnten Ende

Januar, nach vorausgegangenen starken Niederschlägen, die Anforderungen für die Untergrenze des Sauerstoffgehalts mit 6,1 mg/l bzw. 5,8 mg/l nicht eingehalten werden. An beiden Stellen wurde auch der „gute“ Zustand für Phosphor mit 0,13 bzw. 0,11 mg/l knapp verfehlt. Aus der Gruppe der Schwermetalle waren es die beiden Elemente Kupfer und Zink, deren Konzentrationen in den beiden Gewässern geringfügig über der Anforderung für den „guten“ Zustand liegen. Im Mündungsbereich der Volme führten zudem erhöhte Silbergehalte zu einem „unbefriedigenden“ Zustand für dieses Element.

An der Probenahmestelle Volme vor Mündung in die Ruhr wurden einige Arzneiwirkstoffe sowie das Röntgenkontrastmittel Iopamidol nachgewiesen. Neben den bereits häufiger an anderer Stelle gefundenen Stoffen Ibuprofen, Diclofenac und Clarithromycin waren es hier noch das Antibiotikum Erythromycin und der Beta-blocker Sotalol. In der Ennepe am Pegel Hagen-Haspe lagen noch einige erhöhte PAK-Gehalte vor, wobei hier die strenge Anforderung von 0,002 µg/l für die Summe aus Benzo(ghi)-perylen und Indeno(1,2,3-cd)pyren bei einem Jahresdurchschnitt aus zehn Messungen von 0,006 µg/l und einem Maximalwert von 0,03 µg/l bereits eine Bewertung mit „unbefriedigend“ hervorruft.

Planungseinheit Untere Ruhr

Dieser Ruhrabschnitt ist von städtischen und industriellen Ballungsräumen gekennzeichnet. Rund ein Viertel der Fläche ist bewaldet, ein Drittel nehmen zu etwa gleichen Teilen Äcker und Grünlandflächen ein. Aus dieser Planungseinheit liegen Ergebnisse von vier Stellen des Ruhrabschnitts oberhalb der Lennemündung bis Mülheim-Kahlenberg vor.

In den Sommermonaten treten im gestauten Teil der Ruhr zeitweise erhöhte pH-Werte als Folge des photosynthetisch bedingten Kohlendioxidzugs auf. Dieser Vorgang war auch im letzten Jahr auf dem gesamten Abschnitt ab der Probenahmestelle „unterhalb Harkortsee“ bis „Mülheim-Kahlenberg“ festzustellen, in dem die Werte bis auf pH 9 anstiegen. In Mülheim-Kahlenberg bewirkte zudem die Sekundärbelastung durch autochthon gebildete Biomasse kurzzeitige Sauerstoffzehrungen bis auf 4,7 mg/l. Die Ruhr entspricht hier dem Fließgewässertyp 9.2, für den eine Untergrenze von 6 mg/l O₂ gilt.

Nährstoffe, organische Inhaltsstoffe und Schwermetalle lagen meist nur in niedrigen Konzentrationen vor, so dass für diese Stoffgruppen in der Regel mit „gut“ oder „sehr gut“ bewertet werden kann. Lediglich die gering erhöhten Kupfer- und Zinkgehalte erfordern Einstufungen von „mäßig“.

Nach Zufluss von Lenne und Volme waren in der Ruhr Konzentrationsanstiege einiger organischer Spurenstoffe festzustellen, die zu Bewertungen von „mäßig“ oder schlechter führen. So wurden an allen drei Probenahmestellen unterhalb des Harkortsees gering erhöhte Gehalte an Iopamidol und Clarithromycin gemessen, bei Mülheim-Kahlenberg kamen neben Ibuprofen noch weitere Komponenten aus den Stoffgruppen der PAK sowie der Organozinnverbindungen hinzu.

Zusammenfassung „Physikalisch-chemische Untersuchungen gemäß EG-WRRL“

Bild 3.6 zeigt die Verteilung der Bewertungen ausgewählter Kenngrößen auf der Basis der Oberflächengewässerverordnung [2.2]. Demnach liegt bei den meisten Kenngrößen ein „sehr guter“ oder „guter“ Zustand vor. Einige wenige Ausnahmen betreffen den Nährstoff Phosphor sowie die geogen bzw. anthropogen beeinflussten Schwermetalle Zink, Cadmium und Kupfer. So wird der „gute“ Zustand für Phosphor an 15 von 95 Stellen verfehlt, wobei die häufigsten Überschreitungen in den Gewässern Baarbach, Veischede und Rahmede gemessen wurden. Ursache waren sowohl diffuse Einträge, wie beispielsweise in den Baarbach im Stadtgebiet von Iserlohn, als auch Entlastungen von Mischwasser bzw. direkte Einträge von befestigten Flächen bei starken Regenfällen.

In einigen Gewässern des Ruhreinzugsgebietes liegen trotz rückläufiger Werte weiterhin gering erhöhte Zink- und Cadmiumkonzentrationen vor. So konnte der „gute“ Zustand für Zink etwa an der Hälfte der Probenahmestellen nicht erreicht werden. An rund 10 % der Stellen lag darüber hinaus ein „schlechter“ Zustand vor. Das im Gegensatz zu Zink aus der filtrierten Probe gemessene Cadmium erforderte bei 22 % aller Messungen eine Bewertung mit „mäßig“ oder schlechter.

Die Kupferbelastung der Fließgewässer ist neben der geogenen Herkunft vor allem auf Einträge über das gereinigte Abwasser und zu geringeren Teilen auch auf den Abtrag aus Regenrinnen bzw. Kupferdächern zurückzuführen. Fast drei Viertel aller Probenahmestellen wiesen für dieses Element einen „sehr guten“ bzw. „guten“ Zustand auf, nur im Baarbach in Höhe des Pegels Iserlohn lag ein

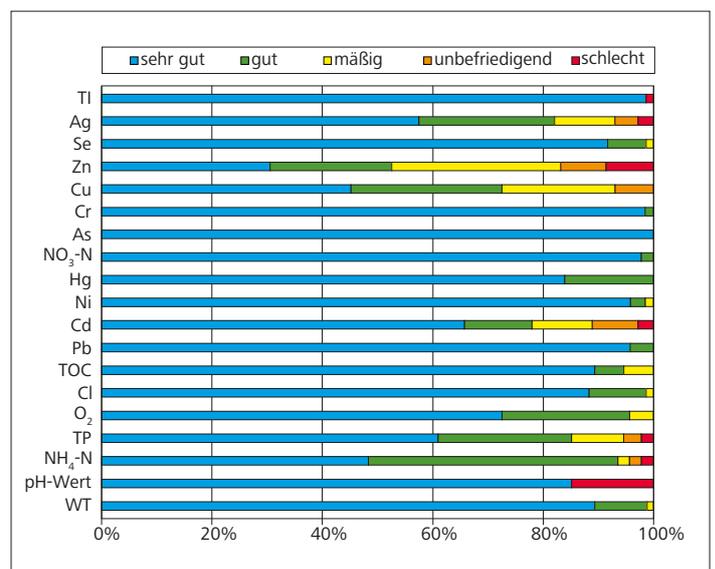


Bild 3.6: Relative Verteilung der Bewertungen ausgewählter Kenngrößen der Basis der Oberflächengewässerverordnung (OGewV Juli 2011)
 Fig. 3.6: Relative distribution of the evaluations of selected parameters based on the Surface Water Regulation (OGewV Juli 2011)

„schlechter“ Zustand vor. Mit Ausnahme von Silber waren die übrigen Metalle bzw. Halbmetalle weitgehend unauffällig und konnten überwiegend mit „sehr gut“ bewertet werden. Die relativ strenge UQN für Silber von 0,02 µg/l konnte an 13 der 73 untersuchten Stellen nicht eingehalten werden.

Bei den weiteren Parametern, die nur an ausgewählten Stellen analysiert wurden, handelt es sich im Wesentlichen um weitere Schwermetalle, Arzneimittel und Diagnostika, PBSM, PAK, PFT, LHKW, PCB und Phosphorsäureester. Die häufigsten Bewertungen mit „mäßig“ oder schlechter betrafen dabei das Antirheumatikum Ibuprofen, das Antibiotikum Clarithromycin und das Röntgenkontrastmittel Iopamidol sowie vereinzelt das Schmerzmittel Diclofenac. An wenigen Stellen wurden noch einzelne PAK sowie Schwermetalle und andere Stoffe, wie beispielsweise Glyphosat oder Bisphenol A, gefunden.

Hydrobiologische Untersuchungen

Das Makrozoobenthos, welches im Rahmen der hydrobiologischen Untersuchungen erhoben wird, stellt eine wichtige Qualitätskomponente zur Beschreibung des ökologischen Gewässerzustands dar. Hierbei handelt es sich um eine am und im Gewässer lebende Tiergruppe, zu der z.B. Insektenlarven, Strudelwürmer, Krebstiere, Muscheln und Schnecken gehören. Sie spielen als wichtige Glieder des Nahrungsnetzes im Ökosystem eines Fließgewässers eine bedeutende Rolle. Sie nehmen z.B. organisches Material auf und dienen selbst als Nahrungsgrundlage z.B. für Fische. Aufgrund ihrer bis zu vierjährigen Lebenszyklen bilden diese Tiere den ökologischen Zustand des Gewässers über einen längeren Zeitraum ab. Somit stellt die Qualitätskomponente Makrozoobenthos einen Langzeitindikator dar.

Die Zusammensetzung der Makrozoobenthoszönose, d.h. das Vorkommen oder Fehlen bestimmter Arten und deren Häufigkeit, ermöglicht Aussagen zur saprobiologischen Wasserqualität, zum strukturellen Zustand und zur Versauerung eines Fließgewässers. So indiziert das Makrozoobenthos neben der organischen Belastung („Saprobie“) insbesondere auch die „Allgemeine Degradation“. Letztere stellt im Wesentlichen den hydromorphologischen Zustand eines Gewässers dar und spiegelt u. a. Veränderungen von besiedelbaren Habitaten wider. Ebenso können durch die „Allgemeine Degradation“ Nutzungseinflüsse aus dem Einzugsgebiet angezeigt werden.

Die hier berücksichtigten hydrobiologischen Untersuchungen des Makrozoobenthos erfolgen nach dem PERLODES-Verfahren mit den beiden Modulen „Saprobie“ und „Allgemeine Degradation“ und bei einigen Gewässertypen zusätzlich mit dem Modul „Versauerung“. Alle hier dargestellten Ergebnisse beruhen auf Berechnungen mit der Auswertesoftware ASTERICS in der zum Untersuchungszeitraum gültigen Version (für die Ergebnisse 2007 bis 2011 Version 3.1.1) [3.2].

Im Modul „Saprobie“ wird der Saprobienindex nach DIN 38410 [3.3] gewässertypbezogen bewertet. Eine Übersicht über die Qualitätsklassen des Moduls „Saprobie“ nach PERLODES mit den zuge-

hörigen 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 werden 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.

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 multi-metrischen Index, aus dem sich die Qualitätsklasse ergibt. Die zur Beurteilung dieses Moduls festgelegten Klassengrenzen des multi-metrischen 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 „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. Dies bedingt auch die überwiegende Ausweisung von Teilstrecken der unteren Ruhr als HMWB gemäß EG-WRRL.

[3.2] <http://www.fliessgewaesserbewertung.de> (Zugriff: Dezember 2011)

[3.3] 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) [2.1]								
	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

In Bild 3.8 sind die Ergebnisse der biologischen Untersuchungen des Gewässerzustands der Ruhr messtellenbezogen für die Qualitätskomponenten „Saprobie“ und „Allgemeine Degradation“ dargestellt. Diese Abbildung gibt einen aktuellen Überblick über den ökologischen Zustand des Gewässers im Untersuchungszeitraum 2007 bis 2011 an insgesamt 49 Probenahmestellen.

Modul „Saprobie“

Im Oberlauf, von der Quelle bis oberhalb des Stadtgebiets von Olsberg, wird mit Saprobienindizes zwischen 1,49 bis 1,61 die Qualitätsklassengrenze von 2,00 für den „guten“ saprobiellen Zustand des Gewässertyps 5 deutlich unterschritten. Die Ruhr weist hier – bezogen auf die Saprobie – einen „guten“ Zustand auf. Es konnte eine hohe Artenzahl aus den vorwiegend anspruchsvollen Insektengruppen der EPT (Ephemeroptera, Plecoptera und Tricho-

ptera, d.h. Eintags-, Stein- und Köcherfliegen) nachgewiesen werden. Als für diesen Gewässertyp charakteristische Leitarten traten neben den großen, räuberischen Steinfliegenlarven *Perla marginata* und *Dinocras cephalotes* in diesem Ruhrabschnitt auch die Eintagsfliegenlarven *Ephemerella mucronata*, *Baetis melanonyx* und *Baetis alpinus* sowie die Köcherfliegenlarve *Rhyacophila tristis* auf. Zudem wurde die Zweiflüglerlarve *Ibis marginata* nachgewiesen. Diese Reinwasserarten mit hohen Ansprüchen an die Wasserqualität sind 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 1,93 der „gute“ saprobielle Zustand klar eingehalten. Als fein- bis grobmaterialreicher „klassischer“ 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 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 sechs Probenahmestellen bei der zugrundeliegenden gewässertypbezogenen

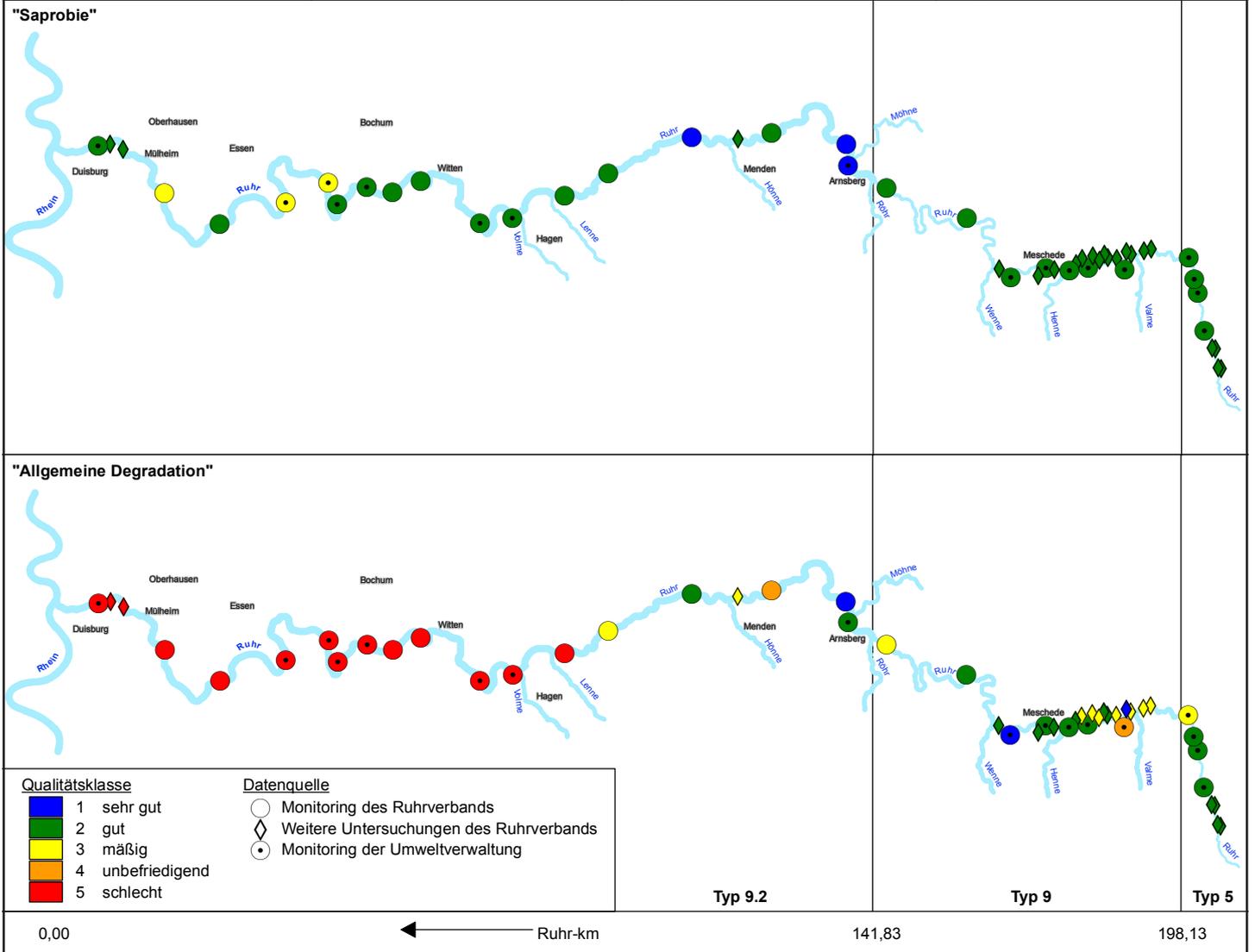


Bild 3.8: Ökologischer Gewässerzustand – Makrozoobenthos (Module „Saprobie“ und „Allgemeine Degradation“) im Fließverlauf der Ruhr 2011
 Fig. 3.8: Ecological water condition – macrozoobenthos (modules “saprobic index” and “general degradation”) along the course of the Ruhr 2011

Bewertung in diesem Bereich der Ruhr als „Großer Fluss des Mittelgebirges“ (Typ 9.2) sogar in einem „sehr guten“ saprobiellen Zustand. Die Probenahmestelle „Pegel Villigst“ wurde bei einem Saprobienindex von 1,90 aktuell mit „gut“ bewertet, während die frühere Bewertung von 2008 hier mit einem Saprobienindex von 1,80 eine knapp „sehr gute“ Bewertung ergeben hatte. In diesem gesamten Flussabschnitt wurde eine 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*. Auffällig war hier in früheren Jahren die große Dominanz von *Echinogammarus berilloni*, einer Neozoen-Art, die bis zum Jahr 2008 vom Zufluss der Möhne bis zum Baldeneysee die vorherrschende Flohkrebsart in der Ruhr war. Funde im Jahr 2011 belegen, dass *Dikerogammarus villosus* (Großer Höckerflohkrebs), eine aus dem Rhein eingewanderte räuberisch lebende Neozoen-Art, inzwischen weiter flussaufwärts gewandert ist und den Pegel Villigst erreicht hat. Dabei scheint er *Echinogammarus berilloni* weiter zu verdrängen.

In dem weiter flussabwärts gelegenen Abschnitt ab Pegel Villigst, der durch die fünf großen Flusstauseen stark geprägt ist, wurde an elf von 14 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 überschritten, wenn z.T. auch nur geringfügig. Der Vergleich mit den früheren Ergebnissen [3.4] für diesen Ruhrabschnitt zeigt, dass die Ruhr sich hier im Übergangsbereich der Klassengrenze von „mäßigen“ zu „gutem“ saprobiellen Zustand befindet. In diesem stauregulierten Abschnitt der Ruhr zeigt sich der Einfluss einer Sekundärbelastung durch den Sauerstoffverbrauch und den Abbau autochthon gebildeter Biomasse aus Phyto- und Zooplankton („Autosaprobie“). Dies kann dazu führen, dass der saprobielle Zustand lokal mit „mäßig“ bewertet wird. Untersucht wurden in diesem Ruhrabschnitt jeweils nur die Gewässerstrecken zwischen den Ruhrstauseen, da das Bewertungsverfahren bei gestauten Gewässern wie den Ruhrstauseen keine Anwendung findet.

Modul „Allgemeine Degradation“

Im oberen Ruhrabschnitt von der Quelle bis oberhalb Olsberg zeigt die Bewertung der „Allgemeinen Degradation“ für alle Probenahmestellen einen „guten“ Zustand. Dies bestätigten auch die aktuellen engräumigen Untersuchungen bei Winterberg-Niedersfeld. Im weiteren Gewässerverlauf schwankt die Bewertung zwischen „gut“ und „unbefriedigend“, wobei sich die Probenahmestellen mit Bewertungsklasse „mäßig“ in der Ortslage von Olsberg oberhalb des renaturierten Ruhrabschnitts und mit „unbefriedigend“ in Bestwig-Velmede befinden. Vertiefte, kleinräumige Untersuchungen in diesem Flussabschnitt zeigten, dass es hier Bereiche mit zum Teil sehr hohem Besiedlungspotenzial gibt, die einen „sehr guten“ Zustand aufweisen. Prinzipiell können natur-

nahe Gewässerabschnitte eine positive Wirkung auf benachbarte, strukturell überformte Gewässerabschnitte haben. Diese so genannte Strahlwirkung ist auf eine aktive oder passive Migration von Organismen im Gewässer zurückzuführen [3.5]. Die hier untersuchten, ökologisch wertvollen Gewässerabschnitte könnten in diesem Kontext so genannte Trittsteine darstellen (kleine Gewässerabschnitte, die struktureiche Habitate besitzen), die ihre Wirkung auf einen längeren Gewässerabschnitt bisher noch nicht ausreichend entfalten konnten. Großräumige naturnahe Abschnitte als Strahlursprünge fehlen noch. An den sich anschließenden Probenahmestellen zeigte die Ruhr mehrheitlich einen „guten“ Zustand.

Die Bewertung der Probenahmestelle oberhalb der Einmündung der Röhr (km 142,2) lag knapp unterhalb der Klassengrenze zum „guten“ Zustand. Mit der Eintagsfliegenart *Ecdyonurus dispar* und der Käferart *Esolus parallelepipedus* konnten zwei Leitarten des hier vorliegenden Gewässertyps 9 „Silikatischer Mittelgebirgsfluss“ nachgewiesen werden. Insgesamt waren anspruchsvolle Insekten-taxa jedoch nur in einer geringen Anzahl vertreten.

Im Bereich von Arnsberg-Neheim bis zum Stadtbereich Schwerte, hier entspricht die Ruhr dem Gewässertyp 9.2, befindet sich der Fluss bezüglich der „Allgemeinen Degradation“ an zwei von sechs Stellen in einem „guten“ Zustand. Dies gilt auch für die Probenahmestelle unterhalb des von der Stadt Arnsberg renaturierten Ruhrabschnitts bei Binnerfeld. An der nächsten flussabwärts gelegenen Probenahmestelle unterhalb der Einmündung der Möhne wies die Ruhr 2010 einen „sehr guten“ Zustand mit einer arten- und individuenreichen Biozönose mit vielen anspruchsvollen Arten auf. Allerdings zeigten die aktuellen Ergebnisse von 2011 weiter flussabwärts für die Probenahmestelle am Pegel Villigst nunmehr einen „mäßigen“ Zustand.

Ab dem Pegel Villigst spiegelt sich die naturferne Gewässermorphologie dann in einer auch durch die aktuellen Ergebnisse bestätigten durchgängig „schlechten“ Bewertung der „Allgemeinen Degradation“ an allen Probenahmestellen wider. Verantwortlich hierfür sind neben den unbefriedigenden Gewässerstrukturen vor allem Rückstaueffekte durch Querbauwerke und die damit verbundene Erwärmung des Gewässers. Dieser Gewässerabschnitt ist aufgrund verschiedener Nutzungsansprüche, z. B. Trinkwassergewinnung, Wasserkraftnutzung, Schifffahrt und Freizeitnutzung,

[3.4] Ruhrverband: Hydrobiologische Untersuchungen der Ruhr. In: Ruhrgü-
tebericht 2008, Essen, S. 22-25

[3.5] Deutscher Rat für Landespflege (Hrsg.): Kompensation von Strukturdefi-
ziten in Fließgewässern durch Strahlwirkung. Gutachtliche Stellungnah-
me und Ergebnisse des Projektes „Potenziale der Fließgewässer zur
Kompensation von Strukturdefiziten („Strahlwirkung“)“ vom 01. Oktober
2006 bis 30. November 2007, Schriftenreihe des Deutschen Rates für
Landespflege, Heft 81, Januar 2008

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 Verfahren zur Bewertung des guten ökologischen Potenzials auf der Basis biologischer Untersuchungen befindet sich in der Entwicklungs- und Erprobungsphase.

Modul „Versauerung“

Anhand 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 Mittelgebirgsbachs entspricht, relevant. Die Ruhr weist hier jedoch 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 gemäß EG-WRRL vom Ruhrverband und vom LANUV NRW durchgeführten Gewässermonitoring sowie Daten, die im Rahmen sonstiger Untersuchungen beim Ruhrverband erhoben wurden. Diese z.B. im Rahmen der „Integralen Entwässerungsplanung“ (IEP) in räumlich eng begrenzten Gebieten mit hoher Dichte gewonnenen Daten sollen unter Berücksichtigung der Ziele der EG-WRRL helfen, ggf. notwendige Maßnahmen im Bereich der Siedlungsentwässerung hinsichtlich Zielerreichung und Aufwand zu optimieren [3.6].

Im Rahmen des kooperativen Gewässermonitorings lag seitens des Ruhrverbands im Jahr 2011 der Schwerpunkt der hydrobiologischen Untersuchungen auf der Planungseinheit Obere Lenne. Darüber hinaus fanden 2011 im Rahmen des Programms „Integrale Entwässerungsplanung“ (IEP) des Ruhrverbands verstärkt Untersuchungen im Einzugsgebiet der Hönne, Volme, Ahe und im Oberlauf der Ruhr statt.

Die Bilder 3.9 und 3.10 zeigen die Gewässerzustandskarten für die Module „Saprobie“ und „Allgemeine Degradation“. In den Karten sind die Ergebnisse messstellengenau mit farbig codierten Symbolen dargestellt, die der fünfstufigen Qualitätsklassifizierung nach EG-WRRL entsprechen. Die Karten basieren auf Untersuchungen, die in den Jahren 2006 bis 2011 durchgeführt wurden, und umfassen aktuell 640 Probenahmestellen. Im Jahr 2011 wurden hiervon vom Ruhrverband 86 Probenahmestellen hydrobiologisch untersucht. Diese Ergebnisse sowie die Daten von 66 Probenahmestellen des operativen Monitorings des LANUV NRW aus dem Jahr 2010/11 wurden bei der Aktualisierung der vorliegenden Gewässerzustandskarten berücksichtigt.

Planungseinheit Untere Ruhr

Alle hier untersuchten Probenahmestellen an den Nebengewässern der Ruhr wiesen hinsichtlich der Saprobie einen „guten“ Zustand auf. Die zuletzt im Jahr 2010 vom LANUV NRW durchgeführten Untersuchungen bestätigten diese Ergebnisse. Erfreulich ist die Verbesserung des saprobiellen Zustands am Rinderbach. Während im ersten Monitoringzyklus (2005 bis 2008) noch Probenahmestellen mit „mäßig“ bewertet wurden, konnte im zweiten Monitoringzyklus (2009 bis 2011) für beide untersuchten Probenahmestellen der „gute“ saprobielle Zustand ermittelt werden. Durch gezielte siedlungswasserwirtschaftliche Maßnahmen wie z.B. die Stilllegung der Kläranlage Heiligenhaus oder die Verbesserung der Niederschlagswasserbehandlung im Oberlauf hat sich die Gewässerzönose in der Zwischenzeit erholt, so dass der Rinderbach nun auf der gesamten Fließstrecke einen „guten“ saprobiellen Zustand aufweist.

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 einer direkten Übertragung des Bewertungsverfahrens auf die als HMWB ausgewiesenen Wasserkörper würde die Zusammensetzung des Makrozoobenthos zu einer Bewertung „schlecht“ führen. Ursache für diese Befunde sind zumeist veränderte Gewässerstrukturen. Bestehende Nutzungsansprüche (Siedlungstätigkeiten, Hochwasserschutz, Schifffahrt, Wasserkraftnutzung, etc.) haben die Gewässer so geprägt, dass ein natürlicher oder naturnaher Zustand selten vorliegt.

Planungseinheit Obere Ruhr 2

In dieser Planungseinheit wiesen alle Probenahmestellen einen „guten“ oder „sehr guten“ saprobiellen Zustand auf. Hydrobiologische Untersuchungen fanden in dieser Planungseinheit im Jahr 2011 fast ausschließlich im Rahmen der „Integralen Entwässerungsplanung“ der Kläranlage Winterberg-Niedersfeld statt, wobei die betreffenden Probenahmestellen in der Ruhr und in mehreren kleinen Nebenbächen lagen. Zwei dieser Nebenbäche, die Burbecke und die Stammecke, wurden in der Saprobie und in der Allgemeinen Degradation mit „sehr gut“ bewertet – trotz ihrer zum Teil anthropogen überprägten Strukturen. Dieses Ergebnis kann als Hinweis auf positive Strahlwirkungseffekte aus den oberhalb liegenden Gewässerabschnitten gewertet werden.

Die Mehrheit der in dieser Planungseinheit untersuchten Gewässer (73 %) wiesen zudem einen „guten“ oder sogar „sehr guten“ Zustand bezogen auf die „Allgemeine Degradation“ auf.

[3.6] 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, Aachen 2011, S. 60/1-60/15

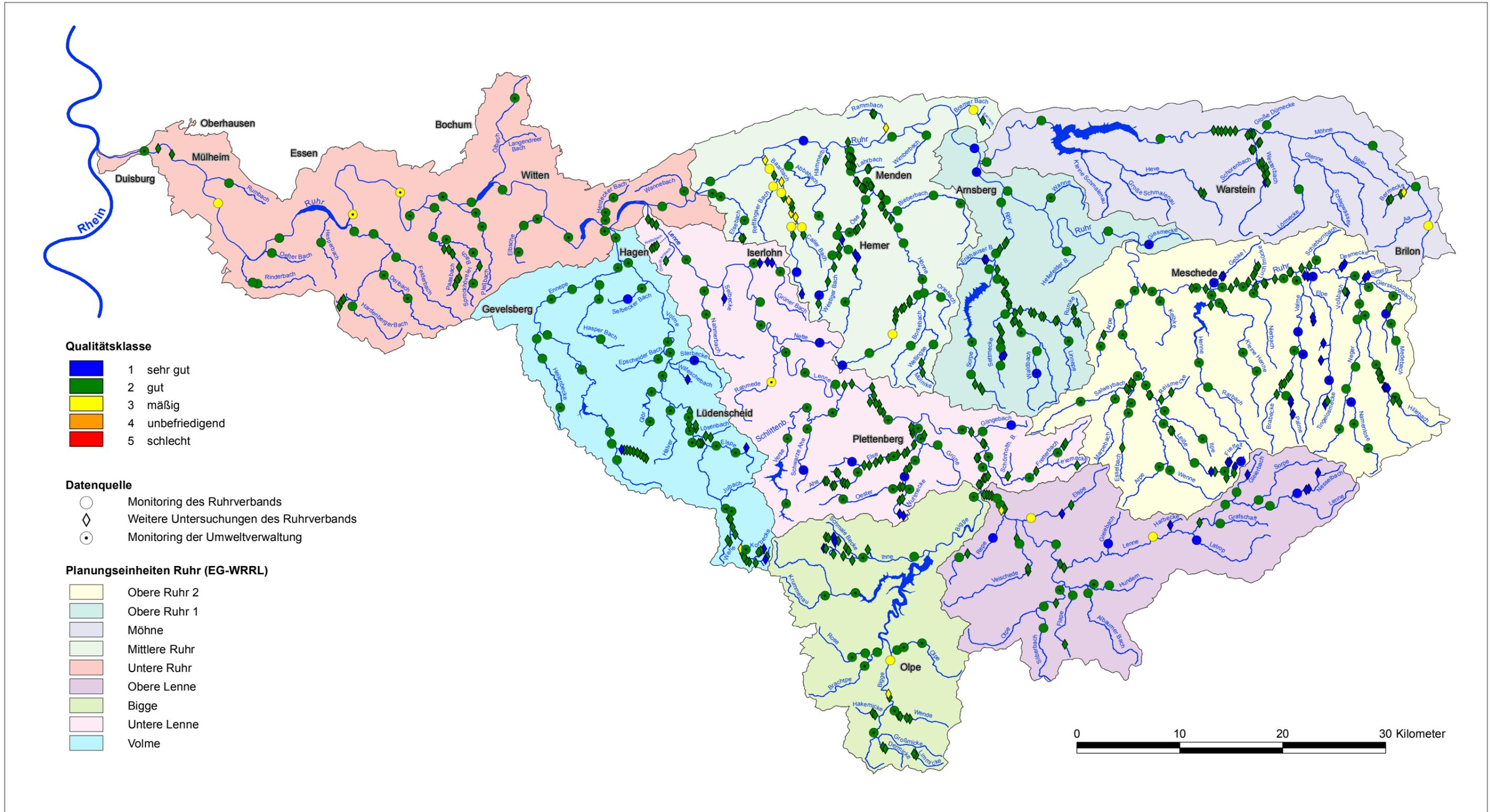


Bild 3.9: Ökologischer Gewässerzustand im Ruhrinzugsgebiet – Makrozoobenthos (Modul „Saprobie“), 2011
 Fig. 3.9: Ecological water condition in the Ruhr catchment area – macrozoobenthos (module “saprobic index“), 2011

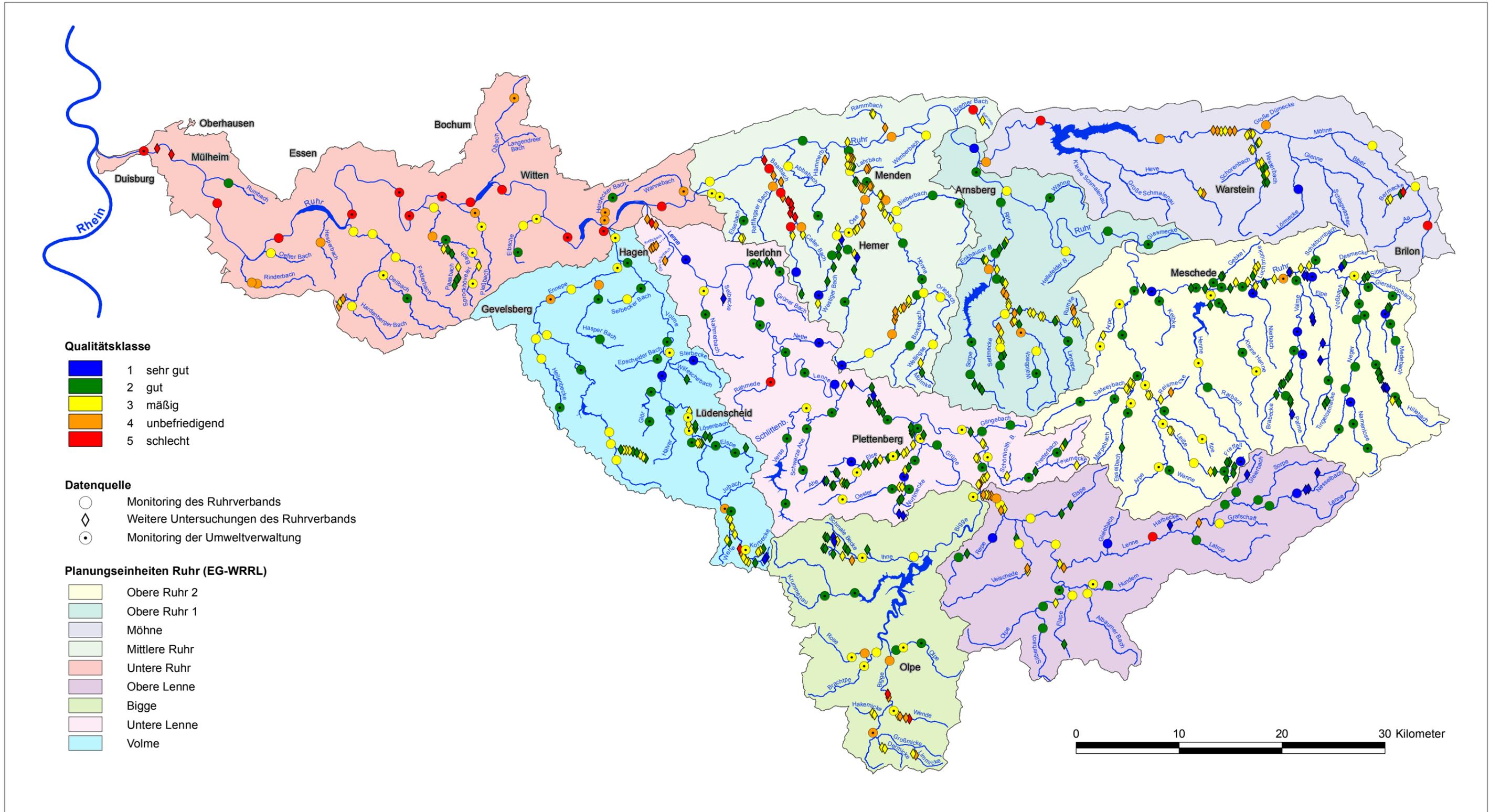


Bild 3.10: Ökologischer Gewässerzustand im Ruhrinzugsgebiet – Makrozoobenthos (Modul „Allgemeine Degradation“), 2011
 Fig. 3.10: Ecological water condition in the Ruhr catchment area – macrozoobenthos (module “general degradation“), 2011

Planungseinheit Obere Ruhr 1

In dieser Planungseinheit fanden in 2010/11 keine Untersuchungen statt. Entsprechend den früheren Ergebnissen weist diese Planungseinheit an allen Probenahmestellen einen „guten“ oder „sehr guten“ saprobiellen Zustand auf.

Hinsichtlich der „Allgemeinen Degradation“ zeigt nur knapp die Hälfte (45 %) der Probenahmestellen einen „guten“ oder „sehr guten“ Zustand. Verantwortlich für die defizitäre Bewertung der überwiegenden Anzahl der Probenahmestellen sind vor allem die unbefriedigenden Gewässerstrukturen der siedlungsbedingt stark ausgebauten Gewässer.

Planungseinheit Obere Lenne

Für eine Mehrzahl der Probenahmestellen bestätigten die aktuellen Ergebnisse aus 2011 die früheren Befunde des „guten“ saprobiellen Zustands. Zwei Probenahmestellen wiesen nunmehr jedoch einen „mäßigen“ Zustand auf. Für die Elspe, die dem Gewässertyp 5 entspricht, liegt die gewässertypspezifische Klassengrenze für einen „guten“ saprobiellen Zustand bei 2,00. Dieser Wert wurde an der Probenahmestelle im Unterlauf der Elspe mit einem Saprobienindex von 2,08 geringfügig überschritten. An der Lenne bei Hundesossen betrug der Saprobienindex 2,33, dies entspricht einem „mäßigen“ saprobiellen Zustand. Die Lenne ist hier dem Gewässertyp 9 „Silikatischer Mittelgebirgsfluss“ mit einer gewässertypischen Klassengrenze von 2,10 für einen „guten“ saprobiellen Zustand zugeordnet. Hinsichtlich der „Allgemeinen Degradation“ zeigte diese Probenahmestelle im Jahr 2011 ebenfalls einen sehr niedrigen Index von 0,19 (2005: Index = 0,73) und weist damit knapp einen „schlechten“ Zustand auf. Die betrachtete Probenahmestelle liegt in einer Restwasserstrecke der Lenne. Bedingt durch die Wasserentnahme traten 2011 hier sehr niedrige Wasserstände auf. Diese hydrologischen Verhältnisse spiegelten sich u.a. in der Zusammensetzung der Makrozoobenthoszönose wider. Strömungsliebende Taxa aus der Gruppe der EPT (Ephemeroptera, Plecoptera und Trichoptera), die hier für die Lenne als fein- bis grobmaterialreicher „klassischer“ Mittelgebirgsfluss (Gewässertyp 9) charakteristisch sind, fehlten fast vollständig, dagegen traten in großer Anzahl strömungsindifferente Arten auf.

Erwähnenswert sind zwei Nebenbäche der Lenne, der Nesselbach und der Gleibach (Bild 3.11). Beide Gewässer zeichnen sich durch eine Makrozoobenthosbesiedlung aus, die sowohl für die „Saprobie“ als auch für die „Allgemeine Degradation“ mit „sehr gut“ bewertet wurde. Zahlreiche für den Gewässertyp 5 charakteristische Reinwasserarten waren hier vertreten. So konnten die großen und wegen ihres mehrjährigen Entwicklungszyklus sehr anspruchsvollen Steinfliegenlarven *Perla marginata* und *Dinocras cephalotes* ebenso wie anspruchsvolle Eintags- und Köcherfliegenlarven, wie z. B. *Habroleptoides confusa*, *Philopotamus montanus* und *Rhyacophila tristis* und Lidmücken der Gattung *Liponeura*, nachgewiesen werden. Besonders hervorzuheben ist hier der Fund von *Rhithrogena hercynia*, einer selten anzutreffenden, anspruchsvollen Eintagsfliegenart.



Bild 3.11: Gleibach, Nebenbach der Lenne
Fig. 3.11: The Gleibach stream, a tributary to the Lenne

Bezüglich der „Allgemeinen Degradation“ weist in dieser Planungseinheit etwa die Hälfte aller Probenahmestellen einen „guten“ oder „sehr guten“ Zustand auf.

Planungseinheit Untere Lenne

Die Ergebnisse der im Jahr 2011 vom LANUV NRW durchgeführten Untersuchungen bestätigen den insgesamt „guten“ oder „sehr guten“ saprobiellen Zustand. Lediglich in der Rahmede wurde die Saprobie bei einem Saprobienindex von 2,18 (2006: SI = 2,05) weiterhin mit „mäßig“ beurteilt. Die im Jahr 2011 engräumig durchgeführten Untersuchungen des Ruhrverbands im Rahmen der „Integralen Entwässerungsplanung“ der Kläranlage Herscheid an der Ahe und ihrem Nebengewässer Friedliner Bach wiesen für alle Probenahmestellen einen „guten“ saprobiellen Zustand auf.

Hinsichtlich der „Allgemeinen Degradation“ zeigen fast zwei Drittel (64 %) der Probenahmestellen in dieser Planungseinheit einen „guten“ oder „sehr guten“ Zustand.

Planungseinheit Mittlere Ruhr

Schwerpunktmäßig fanden in dieser Planungseinheit 2011 intensive gewässerökologische Untersuchungen im Rahmen des Programms „Integrale Entwässerungsplanung“ der Kläranlage Menden in der Hönne statt. Die 21 untersuchten Monitoringstellen in der Hönne, wobei hier der Gewässertyp 9 zugrunde gelegt wurde, wiesen alle hinsichtlich der Saprobie einen „guten“ Zustand auf. Weitere Probenahmestellen, die im Rahmen des Programms „Integrale Entwässerungsplanung“ im Rammbach und in zwei kleinen Nebenbächen untersucht wurden, zeigten bis auf eine Probenahmestelle im Rammbach ebenfalls einen „guten“ saprobiellen Zustand.

In dieser Planungseinheit weisen, abgesehen von den Belastungsschwerpunkten im Unterlauf des Baarbachs und einzelnen Messstellen im Bremer Bach, an der Hönne und im Rammbach, insgesamt 88 % der Probenahmestellen einen „guten“ oder „sehr guten“ saprobiellen Zustand auf. Hinsichtlich der „Allgemeinen Degradation“ zeigt dagegen nur etwa ein Viertel (26 %) der Probenahmestellen einen „guten“ oder „sehr guten“ Zustand. Ursache hierfür sind u.a. die siedlungsbedingt zumeist veränderten Gewässerstrukturen sowie die dicht an das Gewässer heranreichenden landwirtschaftlichen Nutzungen mit entsprechenden morphologischen Veränderungen.

Planungseinheit Volme

Die im Programm „Integrale Entwässerungsplanung“ im Jahr 2011 an der Volme und am Lösenbach in enger Abfolge untersuchten zehn Probenahmestellen zeigten alle hinsichtlich der „Saprobie“ einen „guten“ oder „sehr guten“ Zustand. Ebenso bestätigen die Ergebnisse der im Jahr 2011 vom LANUV NRW durchgeführten Untersuchungen den fast gesamt „guten“ oder „sehr guten“ saprobiellen Zustand. Dagegen erreicht allerdings rund die Hälfte (55 %) aller Probenahmestellen bezüglich der „Allgemeinen Degradation“ nicht den „guten“ Zustand.

Planungseinheit Bigge

Die im Jahr 2010 ermittelten Befunde des LANUV NRW wiesen für alle Probenahmestellen einen „guten“ saprobiellen Zustand auf. Damit bestätigt sich der überwiegend „gute“ und „sehr gute“ saprobielle Zustand der Gewässer in dieser Planungseinheit, lediglich zwei Probenahmestellen im Oberlauf der Bigge weisen einen „mäßigen“ saprobiellen Zustand auf.

Hinsichtlich der Allgemeinen Degradation zeigt allerdings nur ein Drittel (37 %) der Probenahmestellen einen „guten“ oder „sehr guten“ Zustand.

Planungseinheit Möhne

Im Jahr 2011 wurden in dieser Planungseinheit im Rahmen der Integralen Entwässerungsplanung vier Probenahmen in der Bermecke, die von Brilon-Scharfenberg kommend in die Möhne fließt, durchgeführt. Bis auf eine Probenahmestelle zeigten alle einen „guten“ saprobiellen Zustand. Diese Planungseinheit weist insgesamt an 94 % der Messstellen einen „guten“ saprobiellen Zustand auf, während dies nur für 22 % der Probenahmestellen hinsichtlich der „Allgemeinen Degradation“ gilt.

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 dem Zufluss der Möhne und dem Pegel Villigst weisen zwei Probenahmestellen sogar eine „sehr gute“ saprobielle Bewertung auf.

Verantwortlich für den nicht durchgängig „guten“ ökologischen Zustand der Ruhr sind im Wesentlichen die nutzungsbedingt veränderten Gewässerstrukturen (Flussverbauungen, Begradigungen und Staubereiche), die insbesondere die unterhalb vom Pegel Villigst gelegenen Fließstrecken negativ beeinflussen. 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. 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 152 im Zuge der hydrobiologischen Untersuchungen nach EG-WRRRL an den Nebengewässern und an einzelnen Abschnitten der Ruhr im Jahr 2011 betrachteten Probenahmestellen konnten bis auf sechs Stellen alle hinsichtlich des saprobiellen Zustands mit „gut“ oder „sehr gut“ bewertet werden. Betrachtet man die seit 2006 insgesamt untersuchten 640 hydrobiologischen Probenahmestellen in der Ruhr und ihren Nebenwässern, so zeigten wie im Vorjahr rund 96 % einen „guten“ oder „sehr guten“ saprobiellen Zustand.

Der Gewässerzustand hinsichtlich der „Allgemeinen Degradation“ wies für 302 der im Zeitraum 2006 bis 2011 untersuchten Probenahmestellen im Einzugsgebiet der Ruhr, das sind 47 % aller untersuchten Messstellen, einen „guten“ bzw. „sehr guten“ Zustand aus. Dies bedeutet allerdings auch, dass bei rund der Hälfte der Probenahmestellen noch ein „mäßiger“, „unbefriedigender“ und in wenigen Fällen auch ein „schlechter“ Zustand vorliegt. Ursache für diese Befunde sind zumeist die veränderten Gewässerstrukturen. Viele dieser Gewässer 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

Ergänzend zu den physikalischen, chemischen und hydrobiologischen Untersuchungen werden in der Ruhr weitere biologische Parameter erfasst, um die trophische Situation – die Intensität der Primärproduktion – zu beschreiben. Hierzu zählen neben den Prozessen der planktischen Primär- und Sekundärproduktion und ihren Auswirkungen auf die Wasserbeschaffenheit auch die Entwicklung von Makrophyten.

Tabelle 3.6: Gesamtübersicht der messstellenbezogenen Ergebnisse der hydrobiologischen Untersuchungen zum ökologischen Gewässerzustand im Ruhreinzugsgebiet – Makrozoobenthos, 2006 bis 2011

Table 3.6: Overview of the measuring point-specific results of the hydrobiological examinations of the ecological water condition in the Ruhr catchment area – macrozoobenthos, 2006 to 2011

		Untere Ruhr			Volme			Bigge			Untere Lenne			Obere Lenne			Mittlere Ruhr			Obere Ruhr 1			Obere Ruhr 2			Möhne			Ruhreinzugsgebiet									
		○ Monitoring des Ruhrverbands	◇ Weitere Untersuchungen RV	⊙ Monitoring der Umweltverwaltung	○ Monitoring des Ruhrverbands	◇ Weitere Untersuchungen RV	⊙ Monitoring der Umweltverwaltung	○ Monitoring des Ruhrverbands	◇ Weitere Untersuchungen RV	⊙ Monitoring der Umweltverwaltung	○ Monitoring des Ruhrverbands	◇ Weitere Untersuchungen RV	⊙ Monitoring der Umweltverwaltung	○ Monitoring des Ruhrverbands	◇ Weitere Untersuchungen RV	⊙ Monitoring der Umweltverwaltung	○ Monitoring des Ruhrverbands	◇ Weitere Untersuchungen RV	⊙ Monitoring der Umweltverwaltung	○ Monitoring des Ruhrverbands	◇ Weitere Untersuchungen RV	⊙ Monitoring der Umweltverwaltung	○ Monitoring des Ruhrverbands	◇ Weitere Untersuchungen RV	⊙ Monitoring der Umweltverwaltung	○ Monitoring des Ruhrverbands	◇ Weitere Untersuchungen RV	⊙ Monitoring der Umweltverwaltung	Summe									
Allgemeine Degradation	sehr gut				2	2	4	2		2	1	6	4	11	3	5		8	1	2	2	5	1			1	12	8	20	1			1	52				
	gut	1	5	4	10	1	14	14	29	1	8	4	13	4	31	19	54	9	5	1	15	8	9	6	23	6	12	6	24	6	39	30	75		7	7	250	
	mäßig	7	4	5	16	8	19	6	33	2	8	6	16		20	8	28	7	5	1	13	11	31	3	45	5	17	22	1	22	11	34	2	14	16	223		
	unbefriedigend	4	2	5	11	1	1	2	4	2	5	1	8		6		6	1	7		8	6	18	24	1	7	1	9		1	1	2	3	6	9	81		
	schlecht	5		7	12	3		3		2		2		2	1	3	1		1	4	6	10									2	1		3		3	34	
	Summe				49				73					41				102				45				107			56				131			36	640	
Saprobie	sehr gut				1	5	1	7		3		3	1	6	4	11	4	6	10	2	4	2	8	1	4	3	8		24	8	32		1		1	80		
	gut	16	11	19	46	9	33	23	65	4	21	11	36	4	59	27	90	15	15	2	32	21	56	9	86	12	32	4	48	7	50	42	99	7	26	33	535	
	mäßig	1		2	3	1		1	1	1		2			1	1	2	1		3	7	6		13									1	1		2	25	
	unbefriedigend																																					
	schlecht																																					
Summe				49				73					41				102				45				107			56				131			36	640		

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

Phytoplankton

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

ten die Untersuchungsergebnisse aus dem Jahr 2011 vorgestellt und gemeinsam mit den Ergebnissen langjähriger Untersuchungen interpretiert.

Das Jahr 2011 zeichnet sich im Vergleich zu den Mittelwerten der Jahre 1971 bis 2010 durch eine fast ganzjährig überdurchschnittlich hohe Globalstrahlung aus (Bild 3.12). Außergewöhnlich hoch lagen die Strahlungswerte vor allem in den Monaten März bis Juni, was deutliche Auswirkungen auf die Algenentwicklung in der Ruhr hatte. So erreichte das Monatsmittel der Globalstrahlung im März mit 1,04 kJ/(cm²•d) beinahe den Maximalwert der Jahre 1971 bis 2010. Insbesondere im April und Mai übertrafen die Monatsmittel die langjährigen Werte um etwa 25 %. Der Mai war

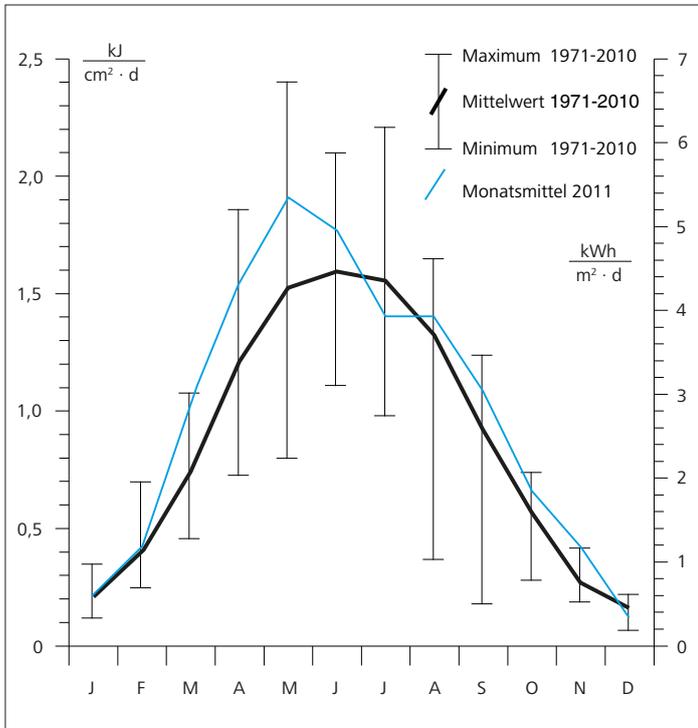


Bild 3.12: Monatsmittel der Globalstrahlung bei Essen, 1971 bis 2011
 Fig. 3.12: Actual and long-term monthly mean of total radiation at Essen, 1971 to 2011

darüber hinaus mit einem Monatsmittelwert von 1,91 kJ/(cm²·d) der strahlungsreichste Monat. Einen Einbruch zeigte die Strahlungsintensität dagegen im verregneten Monat Juli. Besonders auffallend war in diesem Jahr der Monat November, der mit einem Monatsmittelwert von 0,43 kJ/(cm²·d) den höchsten Wert aufwies, der jemals seit 1971 im November gemessen wurde. Dies hatte aufgrund der späten Jahreszeit allerdings keinen merklichen Einfluss mehr auf die Primärproduktion in der Ruhr.

Entsprechend der im Jahr 2011 im Frühjahr außergewöhnlich günstigen abiotischen Verhältnisse für die Algenentwicklung wurden überdurchschnittlich hohe Chlorophyll-a-Gehalte gemessen (Bild 3.13). So stieg während der stabilen Schönwetterphase das Monatsmittel des Chlorophyll-a-Gehalts im April bis auf 116 µg/l an und übertraf damit das absolute Maximum der letzten 40 Jahre um 10 %. In dem ebenfalls sehr produktiven Monat Mai lag das monatliche Mittel zwar auch um 60 % über dem langjährigen Mittel, die Chlorophyllspitzenwerte der 1970er Jahre wurden aber nicht annähernd erreicht. Dies zeigt, dass trotz der sehr guten abiotischen Wachstumsbedingungen weitere Faktoren wie reduziertes Nährstoffangebot (geringe Phosphorkonzentrationen), Zooplanktonfraß und Makrophytenkonkurrenz eine entscheidende Rolle für die Planktonentwicklung spielen. Ab Juni und durchgehend bis zum Ende des Jahres bewegten sich die Monatsmittelmittelwerte immer im Bereich der langjährigen Minima, eine merkliche Algenentwicklung trat nicht mehr auf.

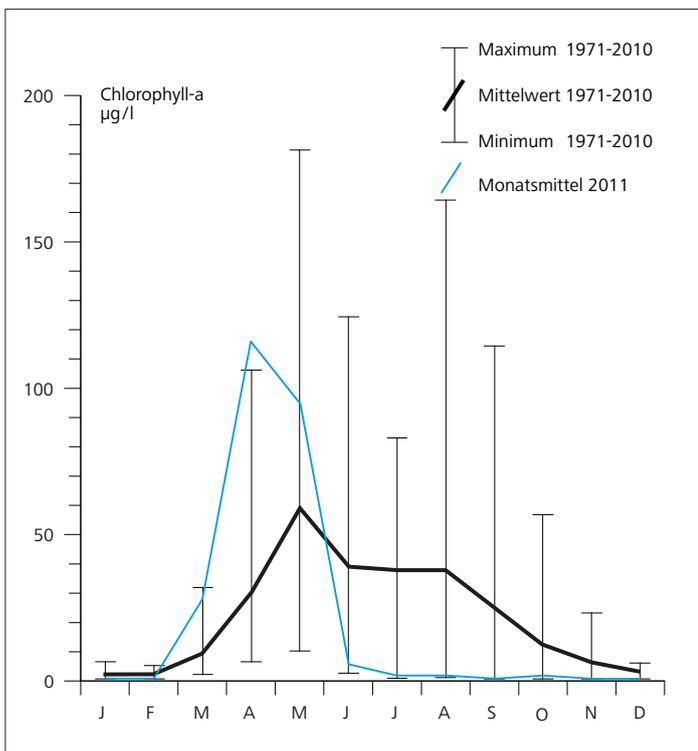


Bild 3.13: Monatsmittelmittelwerte des Chlorophyll-a-Gehalts in der Ruhr bei Essen-Rellinghausen (Zornige Ameise), 1971 bis 2011
 Fig. 3.13: Monthly mean chlorophyll a concentration in the Ruhr at Essen-Rellinghausen (Zornige Ameise), 1971 to 2011

Eine Betrachtung der Primärproduktion während der Vegetationsperiode von April bis Oktober zeigte für das Jahr 2011 in der Ruhr bei Essen-Rellinghausen einen auffälligen Anstieg (Bild 3.14). Ursache hierfür war die überdurchschnittlich hohe Algenentwicklung in den Monaten April und Mai. Während in den letzten sieben Jahren die Saisonmittel der Chlorophyll-a-Konzentrationen in der

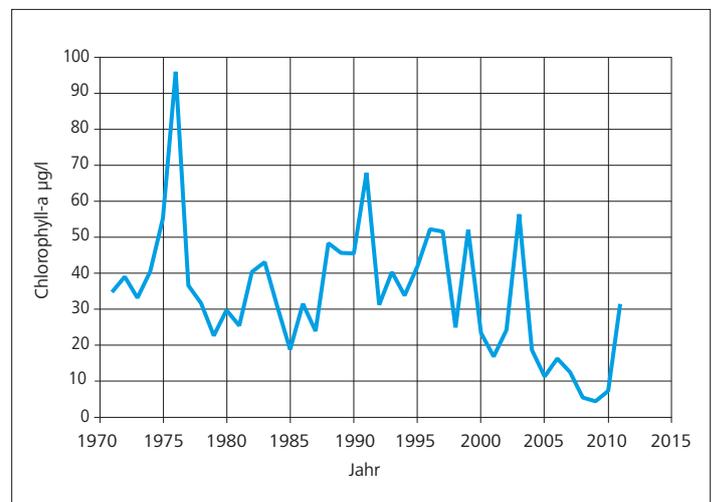


Bild 3.14: Mittelwerte des Chlorophyll-a-Gehalts in der Ruhr bei Essen-Rellinghausen (Zornige Ameise) in der Vegetationsperiode April bis Oktober der Jahre 1970 bis 2011
 Fig. 3.14: Mean chlorophyll a concentration in the Ruhr at Essen-Rellinghausen (Zornige Ameise) during the vegetation period April to October, 1970 to 2011

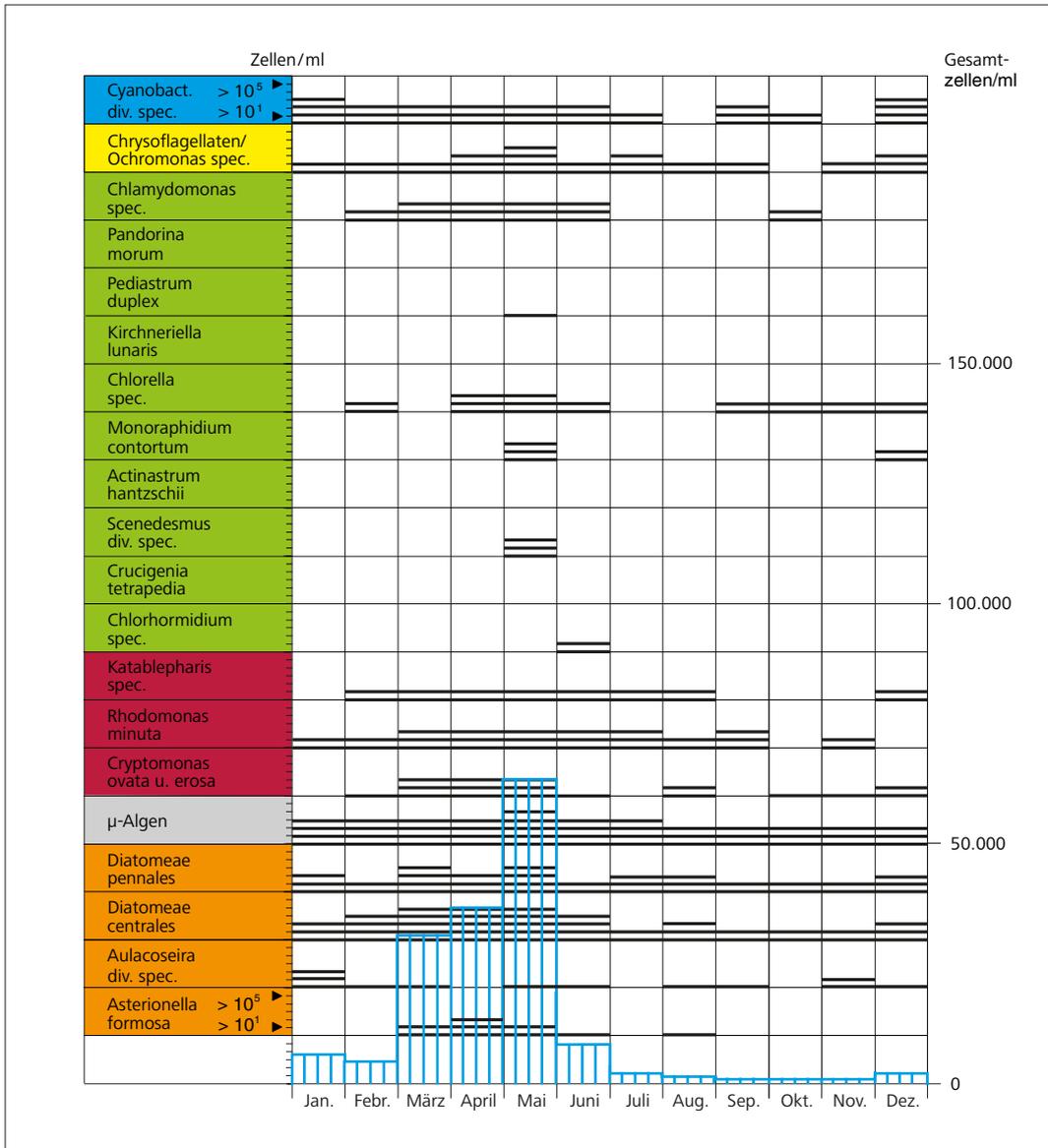


Bild 3.15: Jahreszeitliche Sukzession der Planktonalgen in der Ruhr bei Essen-Rellinghausen 2011

Fig. 3.15: Seasonal succession of phytoplankton in the Ruhr at Essen-Rellinghausen in 2011

Ruhr bei Essen-Rellinghausen deutlich unter 20 µg/l lagen, wurde in diesem Jahr zum ersten Mal diese Grenze wieder überschritten. Fließgewässer, die in der Vegetationszeit eine Chlorophyll-a-Konzentration von über 20 µg/l im Saisonmittel aufweisen, werden als planktonführende Fließgewässer bezeichnet.

Die insgesamt höheren Chlorophyllgehalte finden sich auch in der Darstellung der jahreszeitlichen Sukzession der Planktonalgen in der Ruhr bei Essen-Rellinghausen wieder (Bild 3.15). 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 linierte Raster gibt die Gesamtzellzahl an.

Nennenswerte Algenentwicklungen traten erstmals im März bei niedrigen Abflussbedingungen und ansteigender Globalstrahlung auf. Dieses Bild setzte sich auch im April fort. So betrug in beiden Monaten die Gesamtzellzahl etwa 30.000 Zellen/ml, während der diesjährige Maximalwert der Gesamtzellzahl im Mai mit einem Monatsmittel von 63.000 Zellen/ml registriert wurde. Diese hohe Gesamtzellzahl wird maßgeblich durch das Vorkommen kleinerer Algen (z.B. radiärer Kieselalgen und µ-Algen) bestimmt und spiegelt sich daher nicht in einem entsprechend höchsten Monatsmittelwert des Chlorophyllgehalts wider.

Trotz dieser Höhe blieb die diesjährige Gesamtzellzahl damit immer noch deutlich unter den in den 1990er Jahren gemessenen Größenordnungen, als über mehrere Monate im Jahr Monatsmittel von 100.000 Zellen/ml überschritten wurden. Der diesjährige

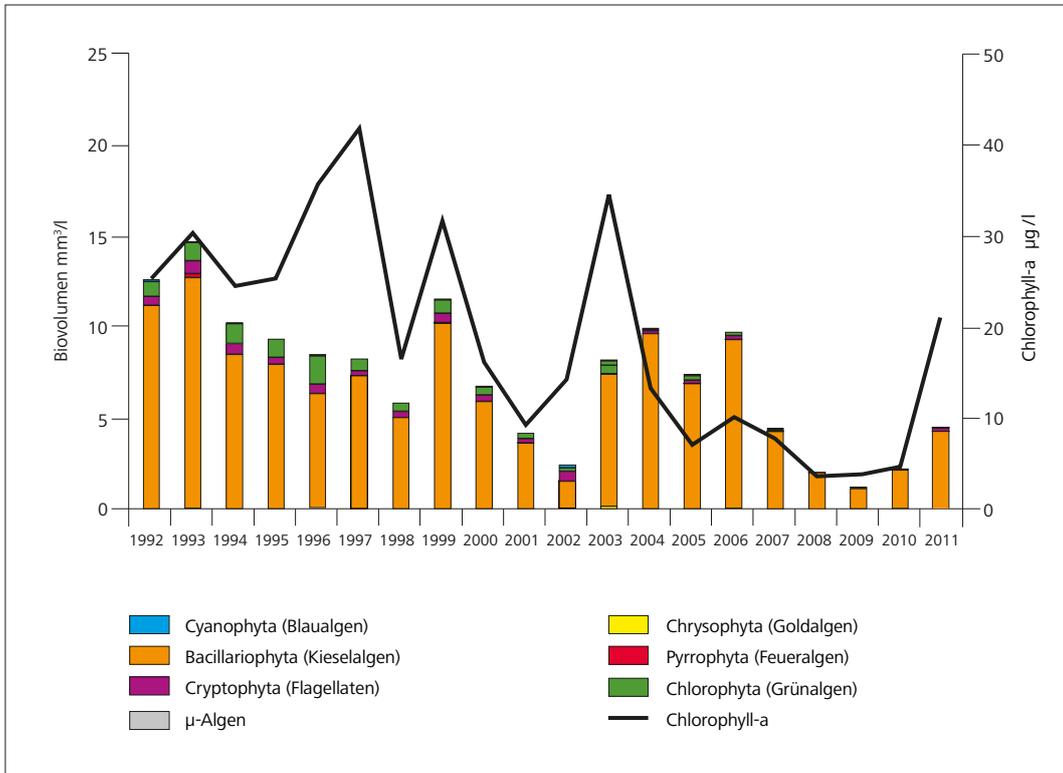


Bild 3.16: Phytoplankton in der Ruhr bei Essen-Rellinghausen (Jahresmittel 1992 bis 2011)
 Fig. 3.16: Phytoplankton in the Ruhr at Essen-Rellinghausen (annual mean from 1991 to 2011)

Maximalwert liegt allerdings mehr als dreimal so hoch wie der Maximalwert des vergangenen Jahres mit 19.000 Zellen/ml und erreichte wieder eine Größenordnung wie der Maximalwert des Jahres 2003, als 77.000 Zellen/ml gezählt wurden. In allen Monaten hatten radiäre Diatomeen (Diatomeae centrales) und pennale Diatomeen (Diatomeae pennales) einen großen Anteil an diesen Gesamtzellzahlen. Ebenfalls im gesamten Jahr konstant und zahlenmäßig stark vertreten waren die sehr kleinen und nicht weiter bestimmbar μ -Algen. Trotz ihrer hohen Zellzahlen spielen sie jedoch aufgrund ihrer geringen Größe hinsichtlich der Primärproduktion nur eine untergeordnete Rolle. Insbesondere im Frühjahr dominierten die Kieselalgen (Diatomeen) zunehmend das Phytoplankton in der Ruhr. Diese Algengruppe, deren Verbreitungsschwerpunkt eher in trophisch gering belasteten Gewässern liegt, ist im Frühjahr bei relativ niedrigen Wassertemperaturen den anderen Algengruppen im Wachstum überlegen. Das wärmeliebende Sommerplankton mit typischen Grünalgen-Arten, wie *Actinastrum hantzschii*, *Crucigenia tetrapedia*, *Kirchneriella lunaris*, *Pandorina morum* und *Pediastrum duplex*, fehlte dagegen in diesem Jahr wieder fast vollständig. Lediglich im Mai waren höhere Zellzahlen der Grünalgen *Monoraphidium contortum*, *Chlorella spec.* und *Scenedesmus spec.* zu verzeichnen. Beinahe das ganze Jahr über und in höheren Zellzahlen traten Goldalgen mit der Gattung *Ochromonas* und weitere Chrysoflagellaten auf. Diese Algengruppe kann ebenfalls als Indiz für einen niedrigen Trophiegrad angesehen werden. Weitere häufiger anzutreffende planktische Algen waren Flagellaten wie *Rhodomonas minuta* und verschiedene *Cryptomonas*-Arten, die den Chrytophyta zuzuord-

nen sind. In den Wintermonaten Januar und Dezember wurden die Gesamtzellzahlen auch von Blaualgen mitbestimmt.

In Bild 3.16 ist die Entwicklung der taxonomischen Zusammensetzung des Phytoplanktons in der Ruhr bei Essen-Rellinghausen als Jahresmittelwerte der Biovolumina der einzelnen Algengruppen und der Chlorophyll-a-Konzentration dargestellt. Die Dominanz der Kieselalgen zeigte sich auch in diesem Jahr sehr deutlich. Mit einem Biovolumen von 4,79 mm³/l hatten diese einen Anteil von 94 % am Gesamtbiovolumen und damit auch den größten Anteil am hohen Jahresdurchschnitt des Chlorophyll-a-Gehalts, der mit 21 µg/l den vierthöchsten Wert der letzten 15 Jahre erreichte. Als weitere nennenswerte Algengruppe in der Ruhr traten auch in diesem Jahr die Flagellaten (Chrytophyta) mit einem Biovolumenanteil von 3,7 % auf. Sie haben die Grünalgen seit 2006 als zweitstärkste Phytoplanktongruppe abgelöst. Auch wenn aufgrund der außergewöhnlich guten abiotischen Randbedingungen die Tendenz zu einer rückläufigen planktischen Primärproduktion in diesem Jahr unterbrochen wurde, bestätigen die geringen Anteile von Grün- und Blaualgen, die Dominanz der Kieselalgen sowie das stetige Auftreten von Goldalgen die Verbesserung des trophischen Zustands der gestauten Ruhr.

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

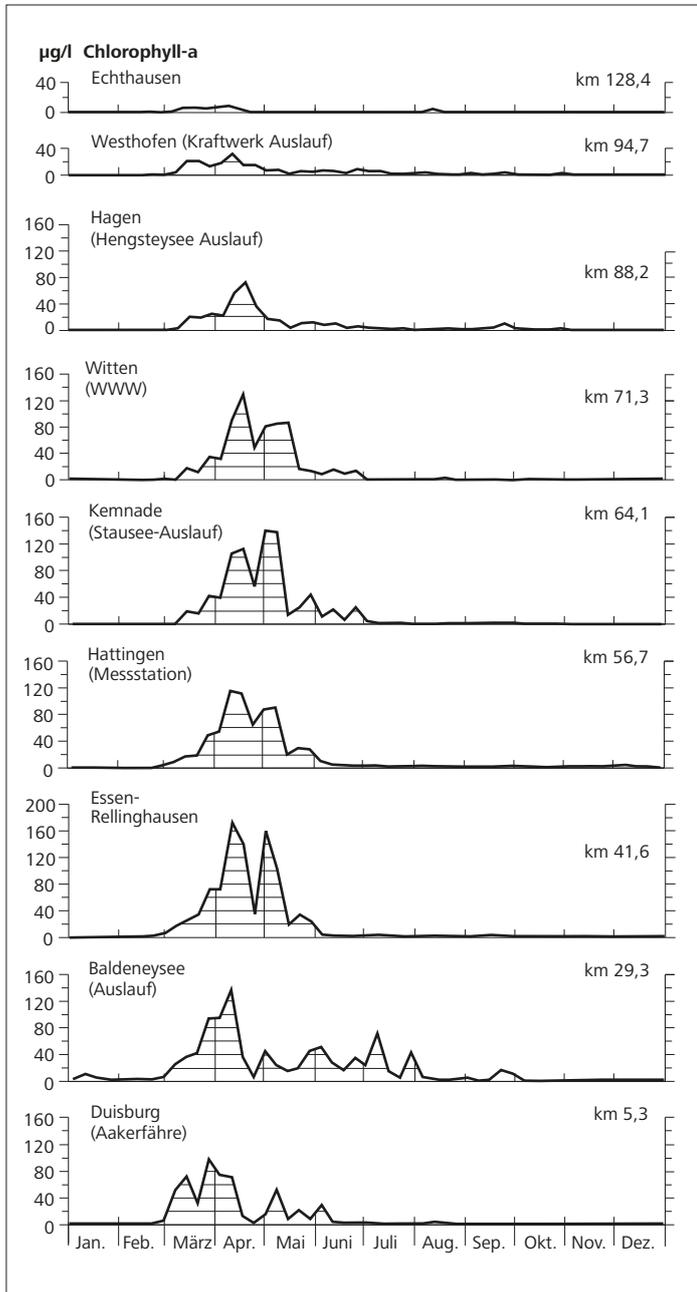


Bild 3.17: Algenentwicklung (als Chlorophyll-a-Gehalt) an verschiedenen Stellen der Ruhr im Verlauf des Jahres 2011

Fig. 3.17: Development of phytoplankton (chlorophyll a concentration) measured at various points of the Ruhr during 2011

und unteren Ruhr von Echthausen bis zur Mündung in den Rhein beträgt bei Trockenwetter die Aufenthaltszeit in der Regel etwa 20 Tage. Die räumliche und zeitliche Entwicklung des Algenvorkommens ist für diese Fließstrecke in Bild 3.17 an Hand von neun Probenahmestellen dargestellt. Die Chlorophyllwerte an den Probenahmestellen Echthausen (Wehr WWW, Oberwasser) und Witten (Wassergewinnung WWW) wurden von der Westfälischen Wasser- und Umweltanalytik GmbH, die im Auftrag der Wasser-

werke Westfalen GmbH (WWW) und der Wasserbeschaffung Mittlere Ruhr (WMR) die Analysen durchgeführt hat, zur Verfügung gestellt.

Im Gegensatz zum vergangenen Jahr zeigten 2011 die Chlorophyll-a-Werte an allen Probenahmestellen wieder einen ausgeprägten Jahresgang. Selbst an der Probenahmestelle Echthausen, die in der Vergangenheit häufig keine nennenswerte Primärproduktion aufwies, wurden in diesem Frühjahr in den Monaten März und April deutlich messbare Chlorophyll-a-Konzentrationen registriert.

Nach einer geringen Algenentwicklung in den beiden ersten Monaten des Jahres setzte mit der überproportionalen Strahlung Anfang März und dem deutlichen Rückgang der Abflüsse ein starker Anstieg der Primärproduktion ein. So wurde an allen Probenahmestellen ein typisches Frühjahrsmaximum mit deutlich höheren Chlorophyll-a-Konzentrationen als in den vergangenen sechs Jahren beobachtet. An der Probenahmestelle Essen-Rellinghausen erreichten diese einen Tageswert von 173 µg/l Chlorophyll-a. Im unterhalb liegenden Baldeneysee war dagegen wieder ein Rückgang der Primärproduktion zu beobachten. Hier lag der höchste gemessene Tageswert bei 137 µg/l Chlorophyll-a und damit höher als der entsprechende Wert des Vorjahres von 115 µg/l Chlorophyll-a. Ähnlich hohe Chlorophyll-Konzentrationen wurden zum letzten Mal im Jahr 2003 in der Ruhr beobachtet. Das Jahr 2011 zeichnete sich durch abiotische Bedingungen aus, die mit der anhaltend hohen Globalstrahlung und dem niedrigen Abflussgeschehen denen im Jahr 2003 sehr ähnlich waren (Bild 3.18). Im Frühjahr traten in den beiden Jahren vergleichbar hohe Planktonentwicklungen auf. Im Sommer 2011 fiel das Algenwachstum in der Ruhr allerdings deutlich niedriger aus. So fehlte das wärmeliebende Sommerplankton mit seinen typischen Grünalgen bei den im Vergleich zu 2003 deutlich niedrigeren Wassertemperaturen des Sommers 2011. Auch könnte das vermehrte Auftreten der Körbchenmuschel *Corbicula fluminea* zur Reduzierung des Phytoplanktons im Sommer beigetragen haben. Als Filtrierer ernährt sich *Corbicula* vom Phytoplankton. Da die Muscheln zu den wechselwarmen Tieren gehören, ist ihre Filterleistung im Frühjahr noch gering und steigert sich erst bei höheren Wassertemperaturen im Sommer.

Insbesondere für ein mehrfach gestautes Gewässer wie die Ruhr sieht man, 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.

Nach einem Hochwasserereignis im Januar mit einem Wochenmittel von 523 m³/s und sich anschließenden Abflusswerten von etwa 90 m³/s bis Mitte Februar blieb der Abfluss von Anfang März

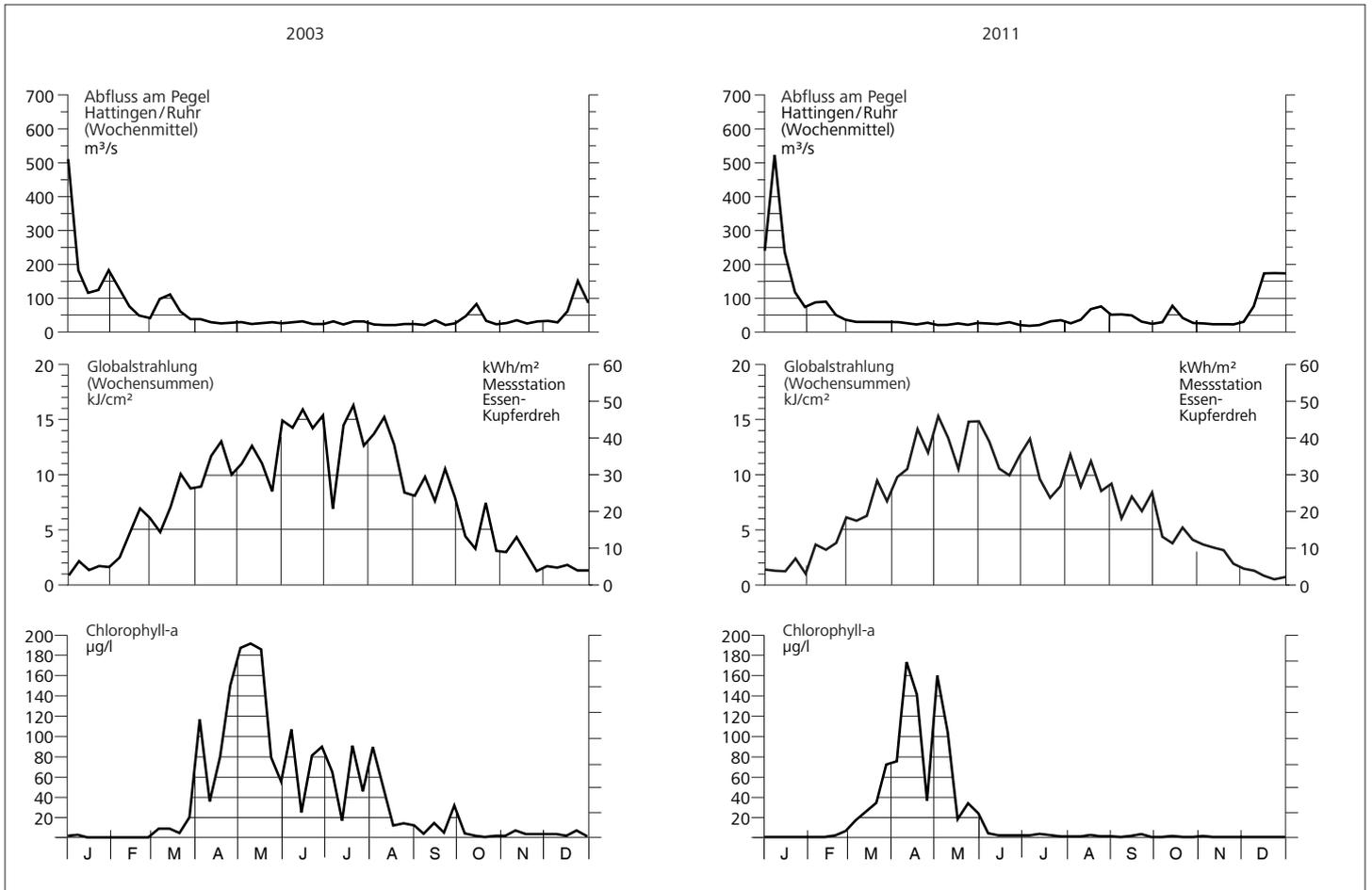


Bild 3.18: Einfluss der abiotischen Bedingungen Wasserführung und Globalstrahlung in den Jahren 2003 und 2011 auf die Algenentwicklung in der Ruhr bei Essen-Rellinghausen
 Fig. 3.18: Influence of the abiotic factors river discharge and total radiation on phytoplankton growth in the Ruhr at Essen-Rellinghausen in 2003 and 2011

bis Mitte August zumeist deutlich unter $40 \text{ m}^3/\text{s}$; an vielen Tagen unterschritt er sogar $25 \text{ m}^3/\text{s}$. Nur Ende August, Mitte September und Mitte Oktober traten leicht erhöhte Abflüsse auf. Ausgeprägte Hochwässer kamen aber nicht vor. Besonders ungewöhnlich zeigte sich der Monat November. Er fiel durch extreme Trockenheit, hohe Lufttemperaturen und entsprechend niedrige Abflüsse auf. Mit diesen abiotischen Bedingungen – den geringen Abflüssen bei zeitgleich hohen Globalstrahlungswerten – waren also in der Vegetationsperiode günstige Voraussetzungen für das Wachstum von Wasserpflanzen (Algen und Makrophyten) gegeben.

Mit dem Rückgang des Abflusses im Februar und dem zeitgleichen Anstieg der Globalstrahlung erfolgte eine starke Zunahme der Primärproduktion, die sich bis zum April steigerte und zu einem Chlorophyll-a-Wert von fast $140 \mu\text{g/l}$ führte. Allerdings ging im Anschluss an die starke Algenentwicklung im April der Chlorophyllgehalt zunächst auf $5 \mu\text{g/l}$ zurück. Entsprechend sanken auch die Maximalwerte des Sauerstoffsättigungsindex in dieser Zeit. So wurden Maximalwerte von knapp 90 % Sättigung gemessen. Gleichzeitig traten Minimumwerte des Sättigungsindex von knapp

unter 60 % Sättigung auf. Zu diesem Zeitpunkt trat in den oberhalb des Baldeneysees gelegenen Ruhrstauseen verstärktes Makrophytenwachstum auf. Verbunden mit entsprechend geringem Algenwachstum in der oberhalb des Baldeneysees liegenden Fließstrecke bewirkte dies, dass ein Animpfen mit Phytoplankton von oberhalb zu diesem Zeitpunkt kaum mehr erfolgte. Vielmehr trat aufgrund des Zuflusses algenarmer Wässer in den Baldeneysee hier eine Verdünnung auf, die diese kurzfristig niedrigen Werte mit verursachte. Verstärkt wurde dieser Effekt durch das zeitgleiche vermehrte Auftreten von planktivem (algenfressendem) Zooplankton.

In den folgenden Sommermonaten hatte das zunehmende Wachstum von *Elodea nuttallii* in den oberen drei Ruhrstauseen Hengstey, Harkort und Kemnade auch weiterhin einen starken Einfluss auf das Algenwachstum im Baldeneysee. So wurden zwar deutlich höhere Chlorophyll-a-Konzentrationen als im Jahr 2010 verzeichnet, mit Höchstwerten (Wochenmittel) von etwa $40 \mu\text{g/l}$ Chlorophyll-a lagen sie aber trotz der guten abiotischen Bedingungen – weiterhin hohe Strahlungsintensität und geringe Abflüsse

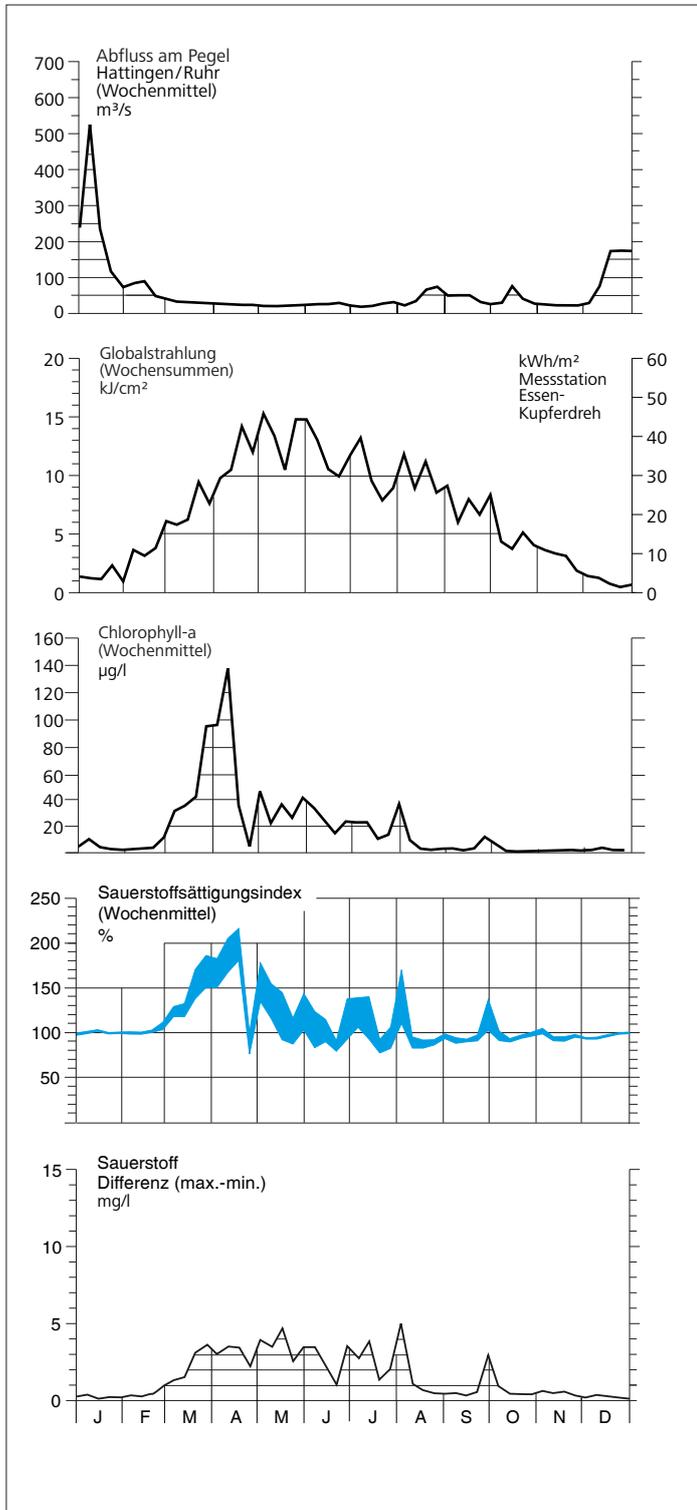


Bild 3.19: Einfluss der Wasserführung und der Globalstrahlung auf die Algenentwicklung im Baldeneysee und deren Auswirkung auf den Sauerstoffgehalt 2011

Fig. 3.19: Influence of river discharge and total radiation on phytoplankton growth in Lake Baldeney and the resulting impact on the oxygen level in 2011

– auf einem insgesamt niedrigen Niveau, insbesondere verglichen mit anderen Jahren, in denen im Baldeneysee ebenfalls ein planktondominierter Zustand mit geringem oder keinem Makrophytenvorkommen vorherrschte.

Zooplankton

Der Einfluss des Zooplanktons auf die Intensität der Algenentwicklung im Baldeneysee ist in Bild 3.20 dargestellt. 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. In den beiden oberen Teilen der Abbildung 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 Bilanz, also die Chlorophyll-Differenz zwischen Aus- und Einlauf, dargestellt. Die beiden unteren Teile des Bildes stellen die Populationskurven von Rädertieren der Gattung *Brachionus* und der Gruppe der Synchaetiden dar, die hier stellvertretend für das algivore (algenfressende) Zooplankton stehen.

Die Regulation der Primärproduktion über das Nahrungsnetz war in diesem Jahr gut erkennbar. Während der gesamten Vegetationsperiode waren die abiotischen Voraussetzungen durchgehend gut, so dass die Zusammenbrüche der Algenpopulationen nicht auf hohe Abflüsse oder schlechte Strahlungsbedingungen zurückzuführen waren. Vielmehr war der Einfluss der Fressaktivität der Zooplankter hier deutlich sichtbar. Insbesondere in den Perioden, in denen trotz guter abiotischer Voraussetzungen die Chlorophyllbilanz im Baldeneysee negative Werte aufwies, zeigte sich der Einfluss der algivoren Zooplankter als Konsumenten des Phytoplanktons. In diesen Zeiten war eine Algenentwicklung im Baldeneysee nur sehr eingeschränkt möglich. Andererseits wurde eine positive Chlorophyllbilanz nur dann erreicht, wenn geringe Zooplanktondichten eine ungehinderte Primärproduktion ermöglichten.

Im Jahr 2011 entwickelten sich im Frühjahr bei noch fehlendem Zooplankton Chlorophyllgehalte von bis zu 137 $\mu g/l$. Diese hohen Algendichten Mitte April führten in der nächsten Woche zu höheren Dichten des planktivoren Zooplanktons. So konnten *Brachionus*-Populationen mit Dichten bis zu 900 Individuen/l gezählt werden. Die Fressaktivität dieser Zooplankter führte zu einer sehr deutlichen Reduzierung der Algen. In der darauf folgenden Woche wurde ein sehr niedriger Chlorophyllgehalt von 5 $\mu g/l$ gemessen. Mit der Aufnahme der Algen reduzierten die Brachioniden allerdings ihre eigene Nahrungsgrundlage und führten damit selbst das Zusammenbrechen ihrer Population herbei. Die folgenden weiteren kleineren Anstiege in der Algenentwicklung zogen ebenfalls jeweils die Entwicklung kleinerer *Brachionus*- und Synchaetiden-Populationen nach sich. Sowohl die Primärproduktion als auch die darauf folgende erhöhte Anzahl der Konsumenten erreichten aber nicht mehr annähernd das hohe Niveau vom April. Der kurzzeitigen Algenentwicklung Anfang August mit einem Chlorophyllwert von etwa 40 $\mu g/l$ folgte allerdings keine Entwicklung einer Brachioniden-Population. Offensichtlich stand dem Zooplankton nicht mehr genug Nahrung zur Verfügung, so dass es zu

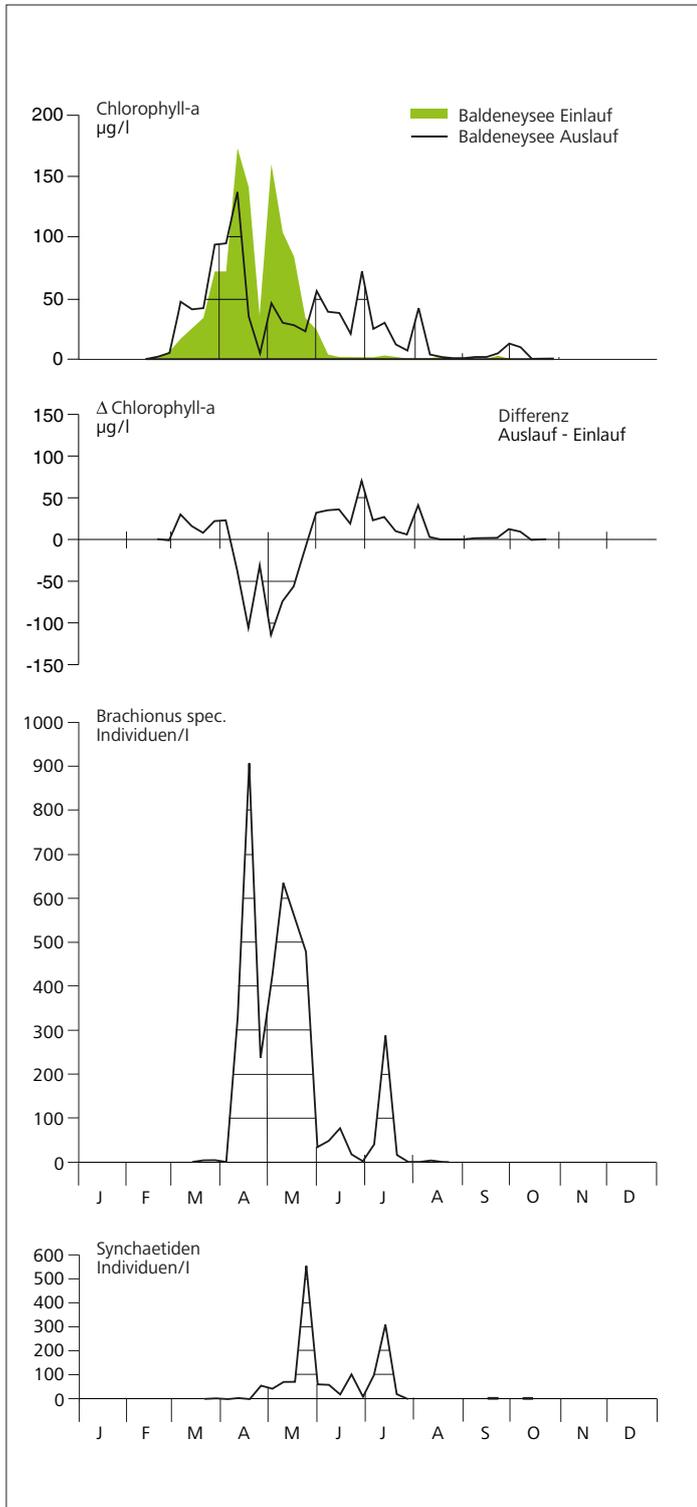


Bild 3.20: Bedeutung des Zooplanktons für die Algenentwicklung im Baldeneysee 2011

Fig. 3.20: Effect of zooplankton grazing on the algal development in Lake Baldeney in 2011

keiner weiteren nennenswerten Zooplanktonentwicklung kommen konnte.

Während in den vergangenen sieben Jahren die Sekundärproduktion im Baldeneysee in Anpassung an die zurückgegangene Primärproduktion ein sehr niedriges Niveau erreicht hatte, lag im Jahr 2011 das Biovolumen des Zooplanktons mit rund 1,6 mm³/l wieder deutlich höher und erreichte eine vergleichbare Größenordnung wie zuletzt im Jahr 2003 (Bild 3.21). Die im Baldeneysee am häufigsten vertretenen Zooplankter waren die Rotatorien (Rädertiere). Den größten Anteil dieser Rädertiere bildeten die Brachioniden, die verstärkt begleitet wurden von den Gattungen *Polyarthra* und *Synchaeta*. Diese Rädertiere ernähren sich insbesondere von kleinen Algen wie den µ-Algen. Einen erheblichen Anteil des Biovolumens der Rotatorien machte in diesem Jahr im Gegensatz zum Vorjahr, vor allem Ende Mai und Anfang Juni, das sehr große Rädertier *Asplancha priodonta* aus, das aufgrund seiner räuberischen Lebensweise jedoch an der Reduzierung des Phytoplanktons im Baldeneysee keinen direkten Anteil hatte. Die zweitstärkste Zooplanktongruppe waren die Kleinkrebse, die zu den Crustaceen zählen. Vor allem die Wasserflöhe (Cladocera) bildeten zusammen mit den kleinen Ruderfußkrebse (Copepoda) in den Monaten April und Mai eine nennenswerte Population. Hierzu zählten *Bosmina longirostris*, die Gattung *Daphnia* und Larvenstadien (Nauplien) der verschiedenen Ruderfußkrebse (Copepoden). Diese Kleinkrebse haben gegenüber den Rädertieren den Selektionsnachteil, dass sie aufgrund ihrer Größe von planktonfressenden Fischen eher wahrgenommen werden und damit einem deutlich höheren Fraßdruck ausgesetzt sind. Vermehrt traten auch die sehr kleine Protozoen (< 70 µm) auf, die von kleinsten organischen Partikeln (z.B. Bakterien) leben oder gelöste organische Substanz aufnehmen und somit nicht auf Phytoplankton als Nahrung angewiesen sind.

Makrophytenvorkommen

Seit dem ersten Auftreten größerer zusammenhängender Bestände von *Elodea nuttallii* im Jahr 2000 beobachtet der Ruhrverband die Entwicklung dieser Wasserpflanzenart in den Ruhrstauseen, aber auch in den Talsperren genau. Zwischen 2004 und 2007 wurden in einem dreijährigen, durch das damalige MUNLV (Ministerium für Umwelt und Naturschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz) des Landes NRW geförderten Forschungsvorhaben die Ursachen für das plötzliche Auftreten der ausgedehnten *Elodea*-Bestände und Möglichkeiten, diese unerwünschten Entwicklungen einzudämmen, intensiv untersucht [3.7], [3.8], [3.9]. In den nach-

[3.7] Ruhrverband: Untersuchungen zur Massenentwicklung von Wasserpflanzen in den Ruhrstauseen und Gegenmaßnahmen. Abschlussbericht zum Forschungsvorhaben im Auftrag des Ministeriums für Umwelt und Naturschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz (MUNLV) des Landes NRW, Essen 2008

[3.8] Ruhrverband: Untersuchungen zur Massenentwicklung von Wasserpflanzen in den Ruhrstauseen und Gegenmaßnahmen. Broschüre (Kurzfassung) des Abschlussberichts zum Forschungsvorhaben im Auftrag des Ministeriums für Umwelt und Naturschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz (MUNLV) des Landes NRW, Essen 2009

[3.9] Ruhrverband: *Elodea*-Vorkommen in den Ruhrstauseen. In: Ruhrgütebericht 2008, Essen, S. 86-95

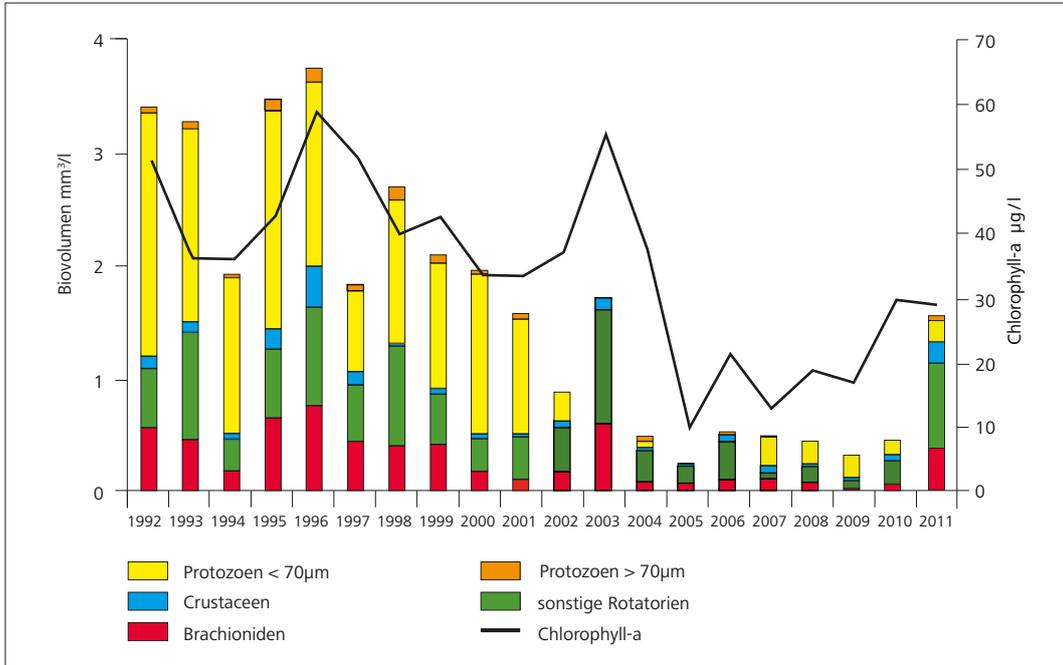


Bild 3.21: Zooplankton und Chlorophyll-a im Baldeneysee (Jahresmittel 1992 bis 2011)
 Fig. 3.21: Zooplankton and chlorophyll a in Lake Baldeney (annual mean 1992 to 2011)

folgenden Jahren wurden fortlaufend die maximale Ausdehnung der Bestände, die Artenzusammensetzung und der Zeitpunkt, an dem die Wasserpflanzen die Wasseroberfläche erreichten, erfasst. Durch Auswertung dieser Daten im Vergleich zu den Vorjahren und unter Berücksichtigung der hydrologischen und hydraulischen Situation, der Wasserqualität sowie den klimatischen Bedingungen wird versucht, die Entwicklung der *Elodea*-Bestände für die einzelnen Ruhrstauseen zu erklären, um möglichst bereits im Frühjahr die weitere Bestandsentwicklung prognostizieren zu können.

Im Jahr 2011 bildeten sich, anders als im Vorjahr, in den oberen drei Ruhrstauseen wieder ausgedehnte *Elodea*-Bestände, die maximal 36 bis 44 % der Seefläche bedeckten und dort auch zumeist bis an die Wasseroberfläche reichten. Bild 3.22 zeigt exemplarisch

die Situation im Kemnader See an Hand der Luftbildmontage einer Überfliegung vom 30. September 2011.

Die deutlich erkennbaren Wasserpflanzenbestände werden wieder von *Elodea nuttallii* dominiert. Jedoch nahm der Anteil anderer Wasserpflanzenarten in den Beständen im Lauf der letzten fünf Jahre kontinuierlich zu. Hier ist vor allem der Einfache Igelkolben (*Sparganium emersum*) auffällig, da er lokal, wenn auch noch relativ kleinräumig, vergleichbare Dichten wie *Elodea nuttallii* erreicht oder diese sogar zurückdrängt.

Sparganium emersum ist anders als *Elodea nuttallii* eine heimische Wasserpflanzenart, typisch für flache, stehende bis langsam fließende Gewässer mit mäßigem Nährstoffgehalt. Er bildet



Bild 3.22: Makrophytenbestände im Kemnader See – Luftbild vom 30.09.2011
 Fig. 3.22: Macrophytes in Lake Kemnade – Aerial view from September 30, 2011



Bild 3.23: Bestände von Igelkolben (*Sparganium*) im Harkortsee 1935 (links) und Versuche zu dessen Reduktion (rechts) (aus [3.10])
 Fig. 3.23: European bur-reed (*Sparganium*) in Lake Harkort in 1935 (left) and attempts to reduce the population (right) (from [3.10])

bis zu 50 cm lange, bandartige Blätter, die im Wasser flutieren. Der Einfache Igelkolben ist eine mehrjährige Pflanze, die zu den Süßgrasartigen Pflanzen gehört. Im Herbst verliert die Pflanze ihre langen Blätter und treibt im Frühjahr aus den ausgedehnten Rhizomen wieder neu aus.

Sparganium emersum trat als Pionierart der Ruhrstauseen kurz nach deren Einstau in den 1930er Jahren auf (Bild 3.23). Bereits damals war diese Pflanzenart in der Lage, die flachen Seen in dichten Beständen zu besiedeln. Die dicht mit Wasserpflanzen bestandenen Wasserflächen wurden bereits zu dieser Zeit als „unansehnlich“ und für die Wasserkraftnutzung als behindernd gesehen, so dass Anstrengungen unternommen wurden, den Igelkolben mechanisch zu bekämpfen [3.10]. Erst mit der fortschreitenden Verschlechterung der Wasserqualität nach dem Zweiten Weltkrieg verschwand der Igelkolben aus den Ruhrstauseen.

Bei den intensiven Untersuchungen der Wasserpflanzenbestände der Ruhrstauseen im Rahmen des genannten Forschungsvorhabens wurde *Sparganium emersum* hin und wieder als Einzelfund nachgewiesen. Durch die immer weiter fortschreitende Verbesserung der Wasserqualität verbesserten sich jedoch auch die Habi-

tatbedingungen für diese Wasserpflanzenart weiter, so dass diese aktuell in der Phase der Ausbreitung ist und versucht, ihre ehemaligen Habitate wieder zu besiedeln. Anders als *Elodea nuttallii* ist *Sparganium emersum* mit seinen flutenden bandförmigen Blättern auch an zeitweise erhöhte Fließgeschwindigkeiten angepasst. Die im Sediment verwurzelten, verzweigten Rhizome verankern die Pflanze zudem auch bei erhöhten Abflüssen und verhindern das Ausspülen oder Abreißen. Daher ist *Sparganium* gerade nach Hochwasserereignissen gegenüber *Elodea* im Vorteil, da der Ausgleich von Biomasseverlusten keine Neubesiedlung erfordert, sondern ein erneutes Austreiben ausreicht.

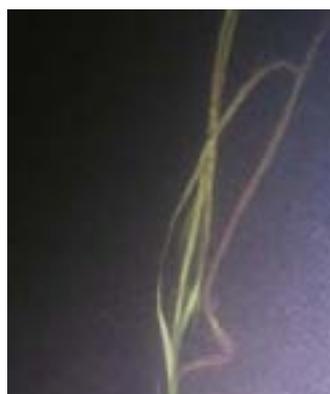
Im Baldeneysee konnte *Elodea nuttallii* im Sommer 2011 nicht nachgewiesen werden. Jedoch breitete sich nun der Einfache Igelkolben (*Sparganium emersum*) deutlich aus (Bild 3.24). Vor allem im Gebiet angrenzend an das Vogelschutzgebiet traten zusammenhängende Bestände auf, die mit ihren Blättern bis zur Wasseroberfläche reichten (Bild 3.25) und eine Ausdehnung von ca. 9 ha aufwiesen.

Bestandsentwicklung von *Elodea nuttallii* in den oberen Ruhrstauseen 2011

Exemplarisch für die Situation in den oberen drei Ruhrstauseen Hengstey-, Harkort- und Kemnader See wird die Situation im Kemnader See im Nachfolgenden genauer beschrieben und interpretiert. In den anderen beiden Seen verlief die Bestandsentwicklung im betrachteten Zeitraum ähnlich. Mit der nachfolgenden Datenauswertung wird die im Jahr 2010 begonnene Kausalanalyse zum Verständnis der *Elodea*-Vorkommen [3.11] fortgeführt und validiert.

Bild 3.24: Einfacher Igelkolben (*Sparganium emersum*) im Baldeneysee im April 2011 (Foto: K. v. d. Weyer)

Fig. 3.24: European bur-reed (*Sparganium emersum*) in Lake Baldeney in April 2011 (Photo: K. v. d. Weyer)



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

[3.11] Ruhrverband: *Elodea*-Vorkommen in den Ruhrstauseen im Jahr 2010. In: Ruhrgütebericht 2010, S. 93-98

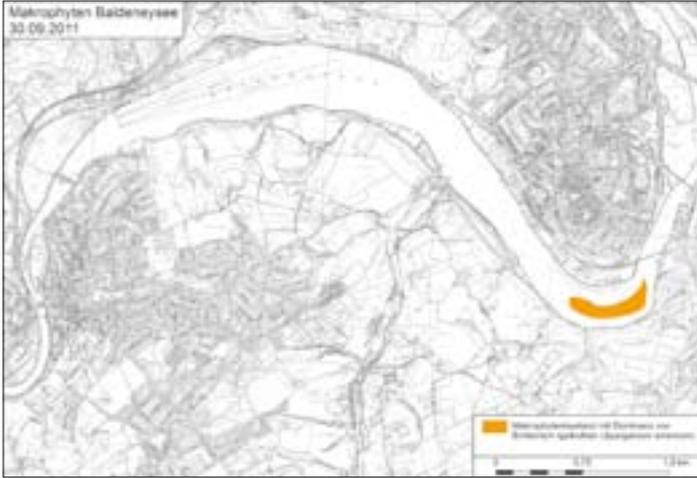


Bild 3.25: Makrophytenvorkommen im Baldeneysee im Jahr 2011. Die Bestände werden dominiert vom Einfachen Igelkolben (*Sparganium emersum*). Daneben finden sich in deutlich geringeren Dichten Ästiges Tausendblatt (*Myriophyllum spicatum*) und der Nussfrüchtige Wasserstern (*Callitriche obtusangula*)

Fig. 3.25: Distribution of macrophytes in Lake Baldeney in 2011. The aquatic vegetation is dominated by the European bur-reed (*Sparganium emersum*) with smaller populations of the of Eurasian water-milfoil (*Myriophyllum spicatum*) and the blunt-fruited water-starwort (*Callitriche obtusangula*)

Bild 3.26 zeigt die Bestandsflächen von *Elodea nuttallii* im Kemnader See in den Jahren 2001 bis 2011. Daraus geht hervor, dass 2011 die Wasserpflanzenbestände wieder vergleichbare Ausmaße erreichten wie 2007 und 2009. Bild 3.27 zeigt die Ausdehnung der Makrophytenbestände in den Jahren 2009 bis 2011 kartographisch. Während 2010 nur geringe Bereiche bewachsen waren, ist zu erkennen, dass 2009 und 2011 ähnliche Bereiche bewachsen bzw. makrophytenfrei sind. Ursache für die offensichtlich dau-

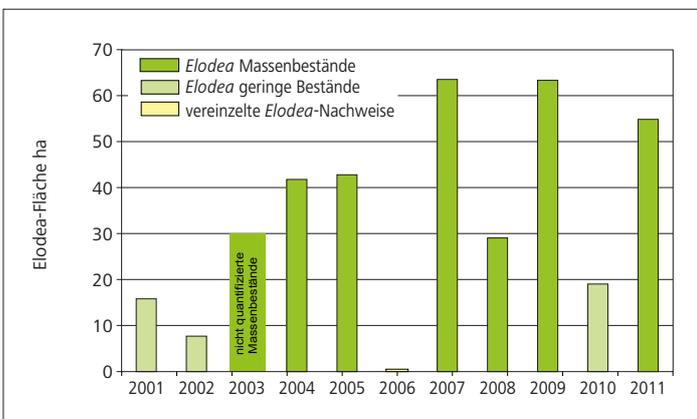


Bild 3.26: Bestandsflächen von *Elodea nuttallii* im Kemnader See in den Jahren 2001 bis 2011 (Daten auf Basis von Satelliten- und Luftbildauswertungen sowie Vor-Ort-Kartierung, 2008 Bestände durch Mahd reduziert)

Fig. 3.26: Vegetation cover of *Elodea nuttallii* in Lake Kemnade from 2001 to 2011 (data based on satellite and aerial view pictures as well as field mapping, occurrence reduced in 2008 through mowing)

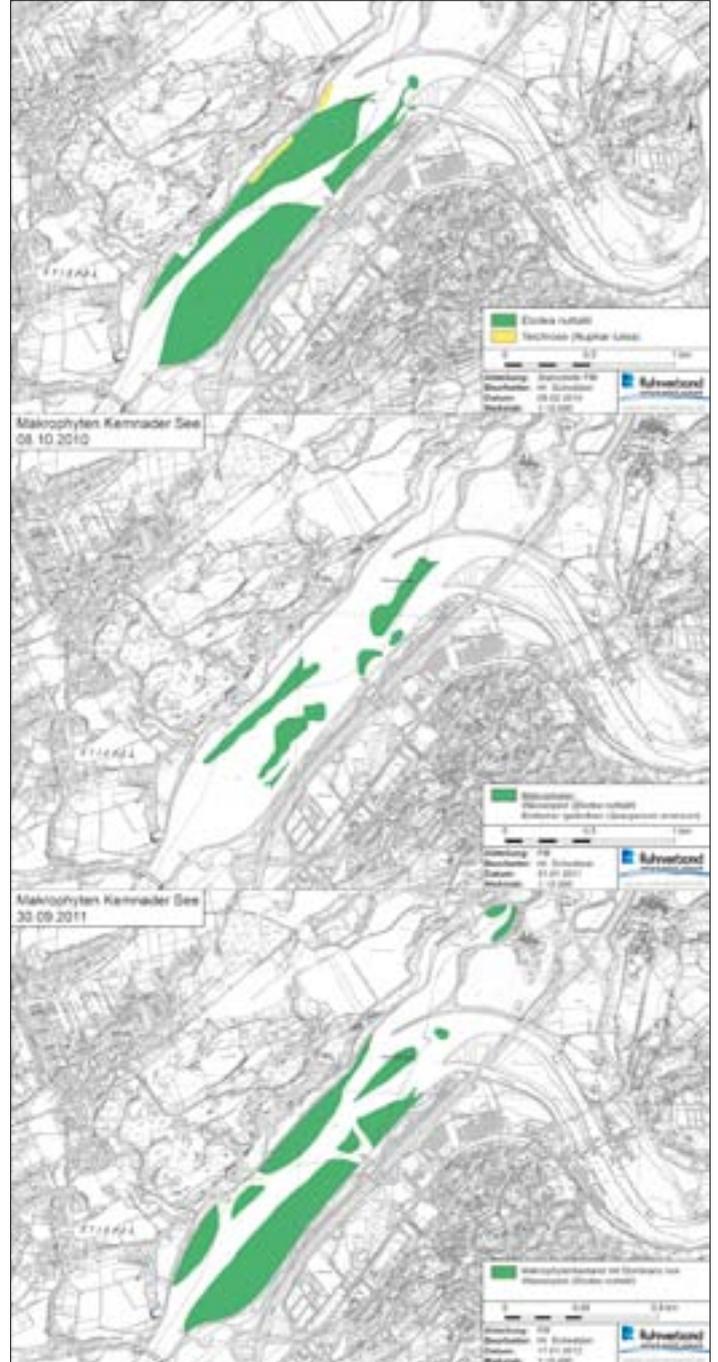


Bild 3.27: Vergleich der Makrophytenbestände im Kemnader See in den Jahren 2009 bis 2011

Fig. 3.27: Comparison of macrophyte populations in Lake Kemnade from 2009 to 2011

erhaft makrophytenfreien Bereich sind die Strömung, die Wassertiefe (Lage des alten Ruhrbetts) sowie der Bootsverkehr (z.B. Anlegestellen der „Weißen Flotte“). Die Unterschiede zum Jahr 2010 werden durch das Phänomen der „Bistabilität“ erklärbar, denn die Ruhrstauseen können nicht nur entweder in einem Makrophyten- oder in einem Phytoplankton-dominierten Zustand

vorkommen, sondern in seltenen Fällen, wie im Jahr 2010, einen „Interimszustand“ zwischen diesen beiden Extrema einnehmen. Der Interimszustand ist dadurch charakterisiert, dass sich im Frühjahr zunächst ein schwaches Phytoplankton-Maximum ausbildet. Die Algendichten erhöhen die Trübung, so dass kein oder nur sehr wenig Licht bis zum Gewässergrund dringt. Hierdurch werden die *Elodea*-Pflanzen lichtlimitiert und können nicht wachsen. Erst nach dem Zusammenbruch des Phytoplanktons durch Zooplanktonfraß oder erhöhte Abflüsse nimmt die Trübung ab, so dass Wasserpflanzen verspätet mit dem Wachstum beginnen können und erst später im Jahr eine, wenn auch reduzierte, Makrophyten-dominanz aufbauen können. Dieser 2010 herrschende Interimszustand führte dazu, dass *Elodea* erst im September die Wasseroberfläche erreichte.

Anders stellte sich die Situation 2011 dar. Hier erreichten die Makrophyten bereits Ende Juni bzw. Anfang Juli praktisch zeitgleich im Harkortsee, Hengsteysee und Kemnader See die Wasseroberfläche. Zusammen mit dem hohen Flächenanteil, den die Bestände einnahmen, indiziert dies, dass die oberen drei Ruhrstauseen in diesem Jahr wieder einen makrophytendominierten Zustand aufwiesen. Erklärbar wird dies durch die abiotischen Bedingungen im Frühjahr 2011. Für die Entwicklung von *Elodea* und deren Abhängigkeit von der Algenentwicklung sind besonders die Monate März bis Mai von Bedeutung. Zu diesem Zeitpunkt herrschte – sehr untypisch für diese Jahreszeit – Trockenwetter, und die mittleren Abflüsse lagen weit unter den für diese Jahreszeit typischen Bedingungen (Bild 3.28). So wurden die noch verbliebenen *Elodea*-Pflanzen des Vorjahres nicht ausgespült oder übersandet, sondern die Pflanzen konnten, sobald die Wassertemperatur die Wachstumsschwelle von 8 °C überschritten hatte, direkt mit dem Längenwachstum beginnen. Dies wurde zudem durch untypisch hohe Frühjahrstemperaturen begünstigt (Bild 3.29), die ebenfalls ein beschleunigtes Wachstum förderten. Die auch für die Phyto-

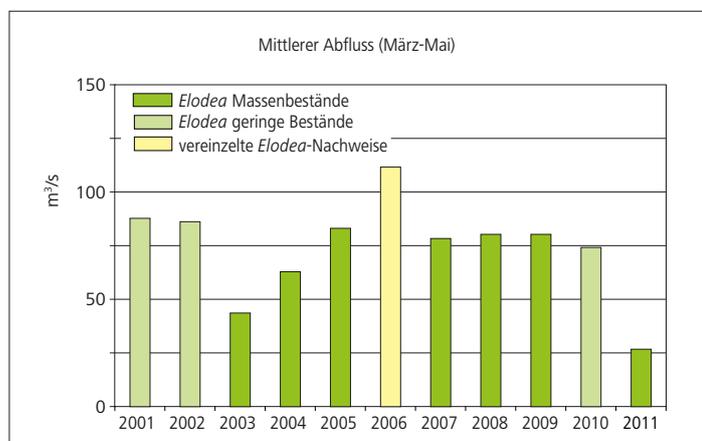


Bild 3.28: Mittlerer Abfluss (Tagesmittelwerte) im Zeitraum März bis Mai am Pegel Hattingen (= unterhalb Kemnader See) in den Jahren 2001 bis 2011 mit Zuordnung zu der entsprechenden *Elodea*-Bestands-situation

Fig. 3.28: Mean discharge (daily averages) from March to May at Hattingen gauging station Hattingen (downstream of Lake Kemnade) from 2001 to 2011 in relation to *Elodea* abundance

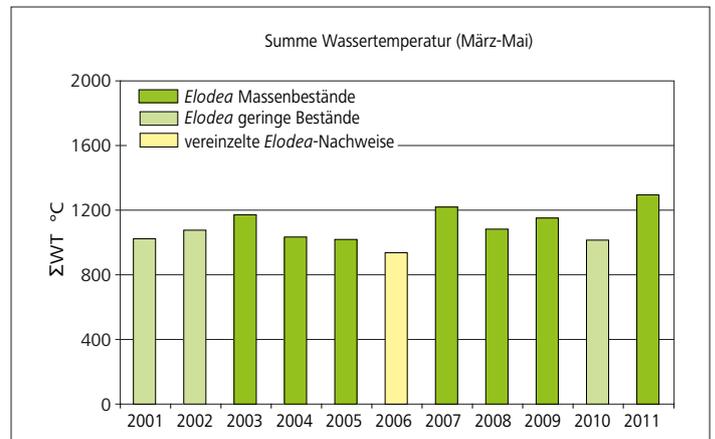


Bild 3.29: Summe der Tagesmittelwassertemperaturen des Zeitraums März bis April an der Messstation Hattingen (= unterhalb Kemnader See) in den Jahren 2001 bis 2011 mit Zuordnung zu der entsprechenden *Elodea*-Bestands-situation

Fig. 3.29: Sum of daily mean water temperatures during March and April at Hattingen gauging station (downstream of Lake Kemnade) from 2001 to 2011 in relation to *Elodea* abundance

planktonentwicklung günstigen Umweltbedingungen erhöhten die Algendichten in den oberen drei Ruhrstauseen. Dies reichte allerdings nicht aus, durch Lichtlimitierung das *Elodea*-Wachstum zu stoppen. Die Dominanz des Zusammentreffens zweier *Elodea*-begünstigender Umweltfaktoren ermöglichte damit die Ausbildung der dichten Bestände im Jahr 2011 (Bild 3.30).

Neben Temperatur und Abfluss ist die Trübung, die die für das Pflanzenwachstum verfügbare Lichtmenge limitiert, ein weiterer bestandsregulierender Faktor. Ist die Trübung durch Phytoplank-

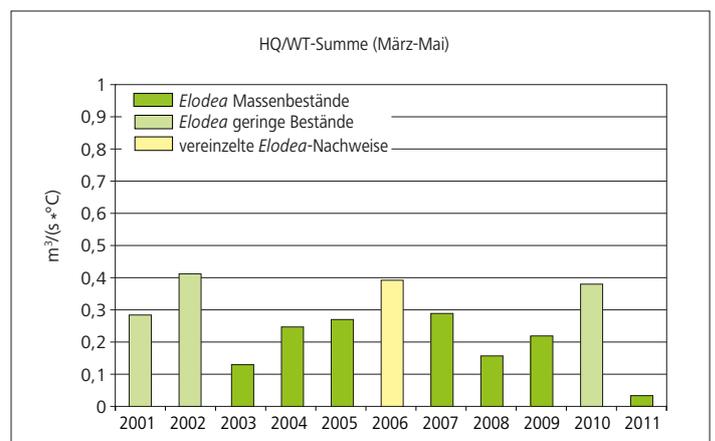


Bild 3.30: Verhältnis des maximalen Tagesabflusses zu der Summe der Tagesmittelwassertemperaturen des Zeitraums März bis Mai an der Messstation Hattingen (= unterhalb Kemnader See) in den Jahren 2001 bis 2011 mit Zuordnung zu der entsprechenden *Elodea*-Bestands-situation

Fig. 3.30: Ratio of the maximum daily discharge to the sum of daily mean water temperatures from March to May at Hattingen gauging station (downstream of Lake Kemnade) from 2001 to 2011 in relation to *Elodea* abundance

ton gering, so fördert dies die Photosyntheseleistung der Wasserpflanzen und damit deren Wachstum. Bild 3.31 zeigt, dass im Kemnader See die Trübung im Jahr 2011 in den Monaten März bis Mai geringer war als in den Vorjahren, was sich wiederum förderlich auf das *Elodea*-Wachstum auswirkte. Damit ist die bivariate Darstellung mit entsprechend geringem Produkt aus Spitzenabfluss und mittlerer Trübung (Bild 3.32) wiederum, wie bereits im Jahr 2010, gut geeignet, das Auftreten oder Fehlen von *Elodea*-Massenbeständen zu erklären.

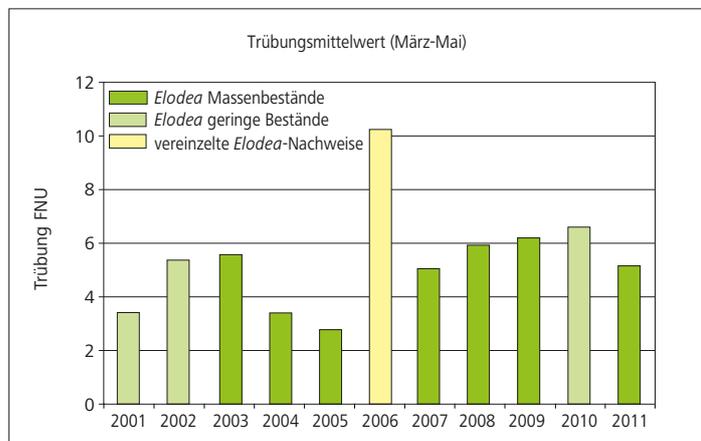


Bild 3.31: Trübungsmittelwerte des Zeitraums März bis Mai an der Messstation Hattingen (= unterhalb Kemnader See) in den Jahren 2001 bis 2011 mit Zuordnung zu der entsprechenden *Elodea*-Bestands-situation

Fig. 3.31: Mean turbidity from March to May at Hattingen gauging station (downstream of Lake Kemnade) from 2001 to 2011 in relation to *Elodea* abundance

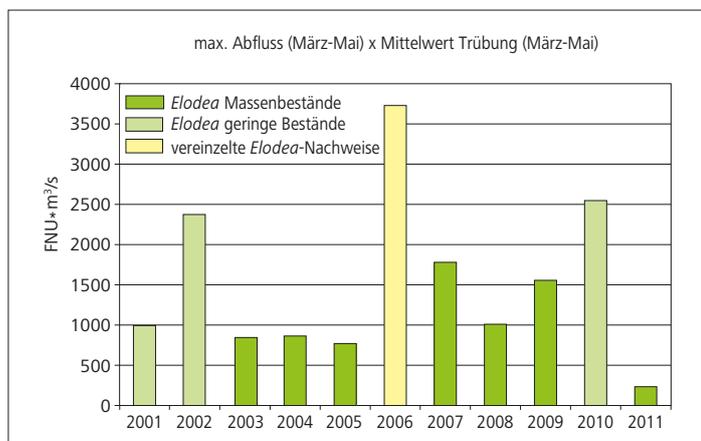


Bild 3.32: Das Produkt aus maximalem Tagesabfluss und dem Tagesmittelwert der Trübung des Zeitraums März bis Mai an der Messstation Hattingen (= unterhalb Kemnader See) in den Jahren 2001 bis 2011 mit Zuordnung zu der entsprechenden *Elodea*-Bestands-situation

Fig. 3.32: Product of the maximum discharge and mean turbidity from March to May at Hattingen gauging station (downstream of Lake Kemnade) from 2001 to 2011 in relation to *Elodea* abundance

Die ausgedehnten Bestände im Kemnader See haben, wie in den Jahren zuvor, wieder die Wassersportnutzung beeinträchtigt und auch bei dem verstärkten Abtreiben im Dezember 2011 und Januar 2012 die Wasserkraftnutzung behindert. Auf Grund der Bauarbeiten am Wehr war aber die Anlandungsstelle für gemähte *Elodea* nicht nutzbar. In Ermangelung einer anderen Möglichkeit, das Mähgut zu verladen, musste 2011 daher auf das Mähen verzichtet werden.

Bestandsentwicklung von *Elodea nuttallii* im Baldeneysee 2011

Ganz anders als in den oberen drei Ruhrstauseen stellte sich die Situation im Baldeneysee dar. Im Mai und Juli konnten noch einzelne, kurze *Elodea*-Pflanzen bis ca. 10 cm Länge nach intensiver Suche nachgewiesen werden. Ab August fehlten weitere Nachweise. Dagegen traten zunächst vereinzelt, im Laufe des Jahres zunehmend, andere Wasserpflanzenarten auf, v. a. der Einfache Igelkolben *Sparganium emersum* (siehe oben). Zusammenhängende Bestände bildeten sich aber nur im angrenzenden Bereich zum Vogelschutzgebiet, der relativ flach und daher besser besonnt ist. Ursache hierfür war wiederum die ungewöhnliche Abflusssituation im Frühjahr 2011. Obwohl die Konzentration des algenverfügbaren ortho-Phosphats im Mittel in den Monaten März bis Mai ungewöhnlich gering war (Bild 3.33), konnte sich im Baldeneysee eine höhere Phytoplanktondichte bilden als in den Vorjahren (Bild 3.34). Diese eigentlich erstaunliche Tatsache lässt sich durch den geringen Abfluss erklären. So war zwar der Eintrag von gelöstem Phosphor in den Monaten März bis Mai gering. Auch die mittlere Ges.-P-Konzentration, die die Summe aus partikulärem und gelöstem Phosphor darstellt, betrug 2011 für die Monate März bis Mai 77 µg/l. In den Jahren 2006 bis 2010 schwankte der Wert für diesen Zeitraum zwischen 67 und 91 µg/l. Somit stand für das Algenwachstum nicht mehr Phosphor zur Verfügung als in den Vorjahren. Dass sich trotzdem erhöhte Phyto-

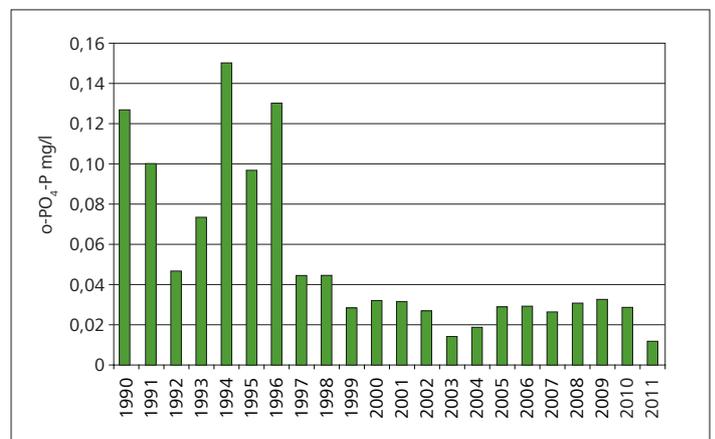


Bild 3.33: Mittelwert der o-PO₄-P-Konzentrationen des Zeitraums März bis Mai in den Jahren 1990 bis 2011 in Essen-Rellinghausen („Zornige Ameise“) oberhalb des Baldeneysees

Fig. 3.33: Mean o-PO₄-P concentrations from March to May, 1990 to 2011, at Essen-Rellinghausen (Zornige Ameise) upstream of Lake Baldeney

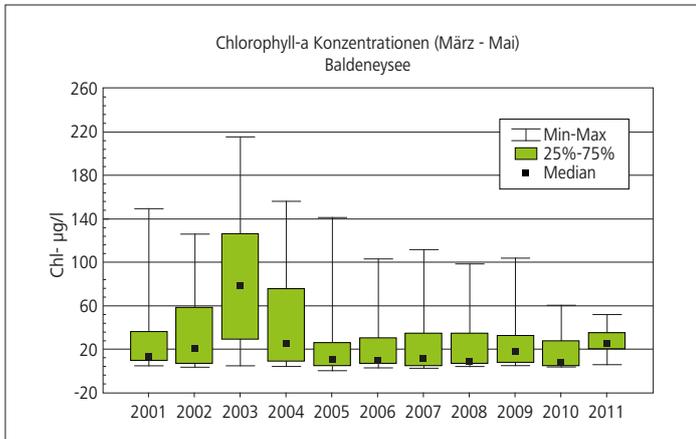


Bild 3.34: Median, 25- und 75-Perzentile sowie Minimum- und Maximumwerte der Chlorophyll-a Konzentrationen in Essen-Werden unterhalb des Baldeneysees in den Jahren 2001 bis 2011

Fig. 3.34: Box-Whisker-Plots (median, 25th and 75th percentiles, minimum and maximum values) of chlorophyll a concentrations at Essen-Werden downstream of Lake Baldeney from 2001 to 2011

planktondichten, dargestellt als Chlorophyll-a-Konzentration, bilden konnten, liegt in den Aufenthaltszeiten des Wassers im Baldeneysee begründet. In der Regel beträgt die rechnerische Aufenthaltsdauer des Wassers im Baldeneysee in den Monaten März bis Mai rund 24 Stunden. Im Jahr 2011 dagegen betrug die durchschnittliche Aufenthaltsdauer drei Tage. In dieser Zeit konnten die geringen Phosphorkonzentrationen von den planktischen Algen effizient aufgenommen und für ihr Wachstum genutzt werden. Verstärkt wurde dieser Effekt noch durch den erhöhten Eintrag von Algen aus dem Oberlauf. Die leicht erhöhten Wassertemperaturen (vgl. Bild 3.29) förderten zudem das Algenwachstum. Dies erklärt die in Bild 3.34 erkennbaren signifikant erhöhten Chlorophyll-a-Konzentrationen im Vergleich zu den direkten Vorjahren, wobei auf Grund des P-Mangels jedoch die Maximalkonzentrationen in dem Zeitraum geringer ausfallen als in den Vorjahren. Die durch Phytoplankton hervorgerufene Trübung in den für das Makrophytenwachstum kritischen Frühjahrsmonaten ist die Ursache für das Ausbleiben der *Elodea*-Entwicklung in diesem Jahr im Baldeneysee. Nach dem Rückgang des Phytoplanktons setzte dann verspätet in dem flachen Bereich des Baldeneysees in der Nähe des Vogelschutzgebiets das Makrophytenwachstum, jedoch mit einer anderen Artzusammensetzung, ein.

Zusammenfassung „Die Ruhr und ihre Nebengewässer – Trophische Situation“

Im Jahr 2011 traten in der mittleren und unteren Ruhr während der gesamten Vegetationsperiode günstige abiotische Rahmenbedingungen, d. h. ein gleichmäßig geringer Abfluss sowie eine größtenteils überdurchschnittlich hohe Globalstrahlung, auf. Trotzdem fand eine vermehrte Algenentwicklung nur im Frühjahr statt. Die hierdurch verursachte Trübung reichte jedoch nicht aus, das Makrophytenwachstum in den oberen drei Ruhrstauseen zu unterbinden. Auch die Makrophyten und hierbei insbesondere *Elodea nuttallii* profitierten von den geringen Abflüssen, den erhöh-

ten Wassertemperaturen und der hohen Globalstrahlung in den Frühjahrsmonaten, so dass in Hengsteysee, Harkortsee und Kemnader See wieder der Makrophyten-dominierte Zustand herrschte.

Anders stellte sich die Situation im Baldeneysee dar. Durch den Eintrag von Plankton aus den oberen Ruhrstauseen und durch die deutlich verlängerten Aufenthaltszeiten bildete sich im Baldeneysee im Frühjahr eine Phytoplanktondichte, die durch Lichtlimitierung das Aufkommen von *Elodea* unterbinden konnte.

Der Baldeneysee kann daher für das Jahr 2011 wieder dem Phytoplankton-dominierten Zustand zugerechnet werden. Erst nach Rückgang des Phytoplanktons durch die Fraßaktivitäten des Zooplanktons reduzierten sich die Trübungsbedingungen, so dass im oberen Bereich des Baldeneysees, im Bereich des Vogelschutzgebietes, gute Wachstumsbedingungen für Makrophyten gegeben waren. Diese räumlich begrenzte, kurze Wachstumsperiode wurde in diesem Jahr jedoch nicht von *Elodea nuttallii*, sondern vom Einfachen Igelkolben (*Sparganium emersum*) für die Ausbildung zusammenhängender Bestände genutzt.

4 Talsperrenuntersuchungen – Möhnetalsperre

Die systematischen limnologischen Untersuchungen an den Talsperren des Ruhrverbands blicken auf eine nunmehr fast 45jährige Geschichte zurück. Während dieses Zeitraums wurde das Konzept zur Gewässergüteüberwachung immer wieder auf Zweckmäßigkeit, Aussagekraft und Wirtschaftlichkeit überprüft und optimiert. Im Laufe der Zeit haben sich sowohl die gesetzlichen Anforderungen an das Talsperrenmonitoring als auch die Notwendigkeiten des Untersuchungsumfangs verändert. Zu nennen sind hier z.B. die Anforderungen, die sich aus der EG-Wasserrahmenrichtlinie ergeben, aber auch die immer weiter verbesserten Trophieverhältnisse, die einige Untersuchungen inzwischen nicht mehr erforderlich machen. So beträgt heute der Aufwand, mit dem die acht Talsperren des Ruhrverbands untersucht werden, nur noch etwa 60 % des Aufwands von vor zehn Jahren. Zur Zeit werden aus ca. 1.400 Zulauf- und Talsperrenproben etwa 17.000 Analysen durchgeführt.

Die gewonnenen Analysendaten werden entsprechend den hydrologischen Randbedingungen (z.B. Pegelmessungen an den Zuflüssen, Stauinhalt) zu Monats- und Jahresdaten verdichtet und unter verschiedenen Aspekten ausgewertet. Es sind Fragen zu beantworten wie die abiotischen Einflussgrößen, z. B. Temperatur, Strahlung und Nährstoffe, die Primärproduktion steuern, und welche biotischen Interaktionen (Zooplankton und Fische) eine Rolle spielen. Diese Kenntnisse werden u.a. für die vom Ruhrverband betriebene, ökologisch orientierte fischereiliche Bewirtschaftung der Talsperren verwendet. Die zur Bewirtschaftung der Talsperre benötigten Daten werden auch für das Monitoring im Rahmen der Umsetzung der EG-Wasserrahmenrichtlinie genutzt. Die Bestimmung des Trophiegrads sowie von ökologischen Defiziten oder Sauerstoffmangelsituationen stehen hier im Vordergrund.

Dem vor mehr als 25 Jahren postulierten Ziel der Gewässergütwirtschaft, durch geeignete Maßnahmen im Einzugsgebiet die Ursachen der Eutrophierung zu begrenzen und zumindest mesotrophe oder, wenn es die Beckenmorphometrie zulässt, oligotrophe Verhältnisse zu erhalten oder wieder herzustellen, ist der Ruhrverband inzwischen sehr nahe gekommen. Mit seiner Talsperren- und Fischbewirtschaftung, dem Ausbau der Kläranlagen und der Kooperation von Wasser- und Landwirtschaft konnten sowohl der Eintrag von Phosphorverbindungen deutlich minimiert als auch funktionierende aquatische Ökosysteme geschaffen werden, die es durch kontinuierlich durchgeführte Maßnahmen zu erhalten gilt.

Bild 4.1 zeigt nach der von der LAWA herausgegebenen „Vorläufigen Richtlinie für die Trophieklassifikation von Talsperren“ den Gesamttrophieindex für die Ruhrverbandstalsperren der letzten 30 Jahre [4.1]. In fast allen Talsperren stiegen die Trophieindizes in diesem Jahr leicht an, blieben allerdings meist im Bereich der Spannweite der letzten Dekade. Lediglich in der oligotrophen Ver-

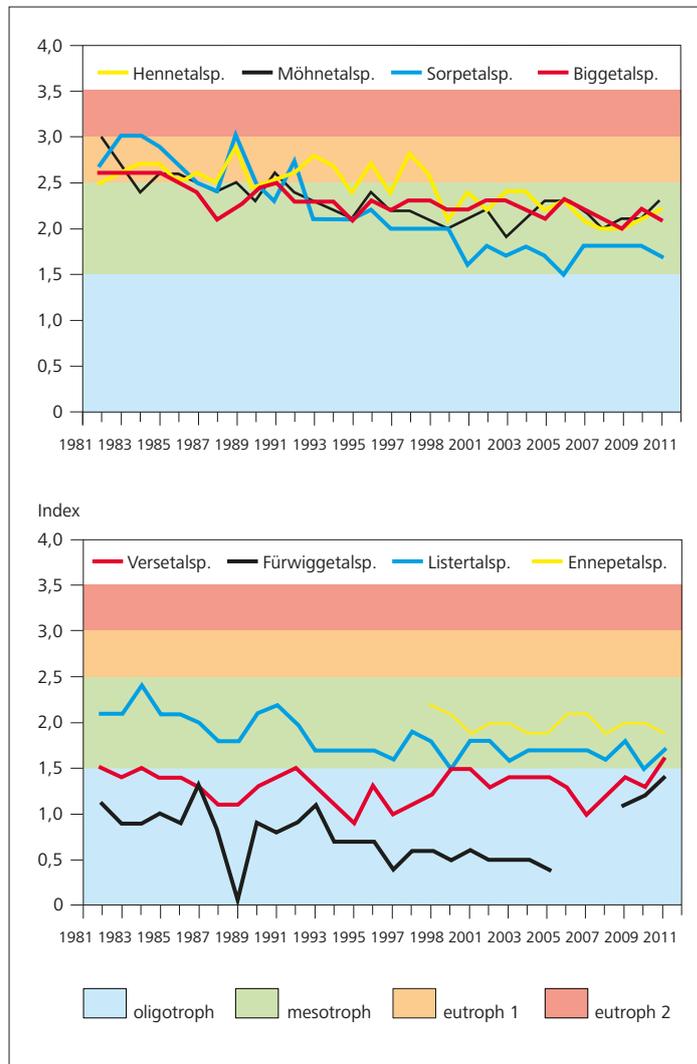


Bild 4.1: Entwicklung der Trophie in den letzten 30 Jahren in den Ruhrverbandstalsperren entsprechend der vorläufigen Richtlinie für die Trophieklassifikation von Talsperren (LAWA Juli 2001)

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)

setalsperre hatte der auf 1,6 gestiegene Trophieindex diesjährig eine Einstufung als mesotrophes Gewässer zur Folge, obwohl die Phosphorkonzentrationen unauffällig waren. Ausschlaggebend für diesen Anstieg waren vielmehr die im Vergleich zu den Vorjahren mit durchschnittlich 4,5 µg/l hohen epilimnischen Chlorophyll-a-Konzentrationen, die zudem zu einer Verringerung der Sichttiefe führten. Dies war eine Folge der meteorologischen Randbedingungen, die gekennzeichnet waren durch sommerliche Verhält-

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

nisse bereits im Frühjahr und eine lange trockene, strahlungsreiche Periode im Herbst. Durch diese Verlängerung der Vegetationsperiode um etwa einen Monat erreichte die Primärproduktion in vielen Talsperren in diesem Jahr ein hohes Niveau, was auch dort zu einem Anstieg der Trophie führte. In der Fürwiggetalsperre, in der nach dem Wiedereinstau Ende 2007 immer noch ein Biomasseabbau am Gewässergrund zu verzeichnen ist, haben sich die trophischen Verhältnisse, die bis zum sanierungsbedingten Ablassen der Talsperre vorhanden waren, noch nicht wieder eingestellt [4.2, 4.3]. Allerdings liegen hier nach wie vor oligotrophe Verhältnisse vor.

In der Bigge- und Sorpetalsperre ist ein leicht abnehmender Trophiegrad zu verzeichnen. Im Vorjahresvergleich gingen in diesen beiden Talsperren sowohl die Phosphorkonzentrationen als auch die Primärproduktion leicht zurück. Die durchschnittliche Sichttiefe blieb dagegen nahezu unverändert. Bei der Trophiebewertung im Jahr 2011 zeigte sich deutlich, dass die Entwicklung von Phytoplanktonpopulationen, für die der Chlorophyll-a-Gehalt ein Maßstab ist, nicht nur allein vom Phosphorgehalt abhängt, sondern Klimabedingungen und Nahrungsnetze ebenfalls einen sehr starken Einfluss haben. In der Sorpetalsperre sind zudem noch die in den letzten Jahren zugenommenen ufernahen *Elodea*-Bestände, vor allem auf den ersten 2 km ab Stauwurzel, zu nennen. Das Wachstum dieses Neophyten wird dadurch begünstigt, dass in dieser Talsperre im Vergleich zu den anderen Ruhrverbandstalsperren die Stauspiegelschwankungen geringer ausfallen. Ähnliche Verhältnisse treten schon seit vielen Jahren in der als Vorbecken der Biggetalsperre betriebenen Listertalsperre (nahezu konstanter Stauspiegel) auf.

Der Wintersturm „Kyrill“, der am 19. Januar 2007 im Ruhreinzugsgebiet zu erheblichen Schäden am Baumbestand führte, liegt nun-

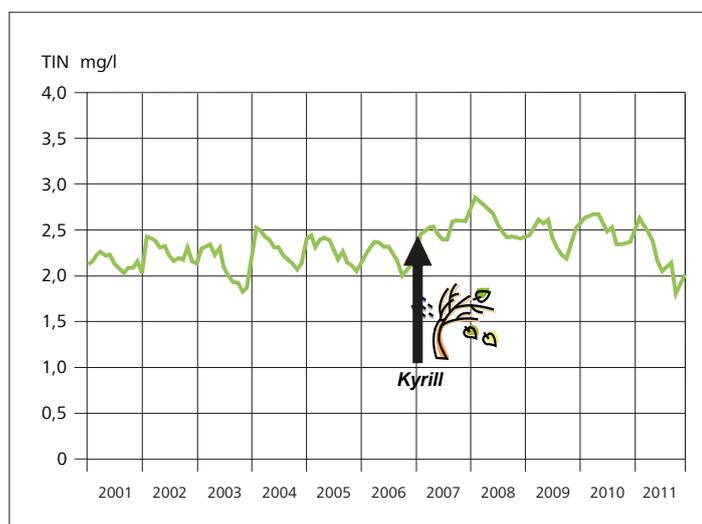


Bild 4.2: Anorganischer Stickstoff in der Sorpetalsperre vor und nach dem Wintersturm „Kyrill“ am 19. Januar 2007

Fig. 4.2: Inorganic Nitrogen in the Sorpe Reservoir before and after the winter storm „Kyrill“ on January 19, 2007

mehr fast fünf Jahre zurück. Das Einzugsgebiet der Sorpetalsperre wies einen Schadensanteil von 15 % der Gesamtfläche bzw. 23 % der Waldfläche auf. Der überwiegende Teil der entwurzelten oder abgebrochenen Bäume befand sich im ufernahen Bereich der Talsperre und des Vorbeckens. Dies hatte zur Folge, dass auf diesen Flächen der Stickstoffrückhalt vermindert war und so Stickstoffverbindungen vermehrt in das Talsperrensystem eingetragen wurden. In Bild 4.2 wird deutlich, wie sich die Stickstoffkonzentrationen nach „Kyrill“ zunächst deutlich zu höheren Werten verschoben. Mit zunehmender Vegetationsbedeckung der entstandenen Brachflächen nahm der Stickstoffrückhalt allmählich zu, so dass im Jahr 2011 wieder ähnliche, aufgrund der besonderen meteorologischen Bedingungen in diesem Jahr sogar „bessere“ Verhältnisse als in der Zeit vor „Kyrill“ vorlagen.

Am Beispiel der Möhnetalsperre wurde exemplarisch überprüft, in wie weit sich eine Klimaerwärmung auf die Wassertemperatur im Talsperrenkörper auswirkt. Es ist zu erwarten, dass sich oberflächennah eine insgesamt wärmere und wassermengenmäßig größere Schicht ausbildet. Damit würde also eine volumenmäßige Verkleinerung des kühlen Hypolimnions einhergehen, was insgesamt zu einem Anstieg der mittleren Temperatur in der Talsperre führt. Da seit der Novellierung des Talsperrenuntersuchungsprogramms im Jahr 2006 die Winterperiode mit einer geringeren Häufigkeit beprobt wird, ist das zu Grunde liegende Datenkollektiv für alle Jahre auf die sieben Untersuchungen in der Vegetationsperiode (April bis Oktober) reduziert worden. Um die Bedeutung außergewöhnlicher meteorologischer oder hydrologischer Ereignisse zu relativieren, wurden aus den wassermengengewogenen Temperaturen Mittelwerte über einen jeweiligen Vierjahreszeitraum (4-Jahres-Mittelwerte) gebildet.

Bild 4.3 zeigt für den Zeitraum 1984 bis 2011 die mittleren Wassertemperaturen der Vegetationsperiode im Epilimnion und in der gesamten Talsperre. Jedem Mittelwert liegen die in der Regel meterweise gemessenen Wassertemperaturen über die gesamte Tiefe an jährlich sieben Untersuchungsterminen zu Grunde. Jeder Wassertemperaturwert wurde einer entsprechenden Wasserschicht zugeordnet. Aus diesen Einzelwerten wurde der jeweilige wassermengengewogene Mittelwert, der proportional zum Energiegehalt des jeweiligen betrachteten Wasserkörpers ist, gebildet. Es zeigt sich, dass im Laufe der letzten 30 Jahre die durchschnittlichen Wassertemperaturen sowohl im Epilimnion als auch in der gesamten Talsperre tendenziell angestiegen sind.

In den 1980er Jahren (4-Jahresmittel) wurden epilimnisch 15,8 °C und für den gesamten Stauraum 13,1 °C nicht überschritten. In den 1990er Jahren bewegten sich die entsprechenden Werte zwischen 16,7 und 16,8 °C bzw. zwischen 13,3 und 13,5 °C, während ab 2000 die Spanne im Epilimnion von 16,9 bis zu 17,2 °C und über die gesamte Tiefe von 13,5 bis 13,7 °C reicht. Trotz der

[4.2] Frost, U.: Der Wiedereinstau der Fürwiggetalsperre – Limnologie und Trophie. In: Korrespondenz Wasserwirtschaft 1/12, S. 17-21

[4.3] Ruhrverband: Talsperrenuntersuchungen – Verse- und Fürwiggetalsperre. In: Ruhrgütebericht 2010, Essen, S. 62-71

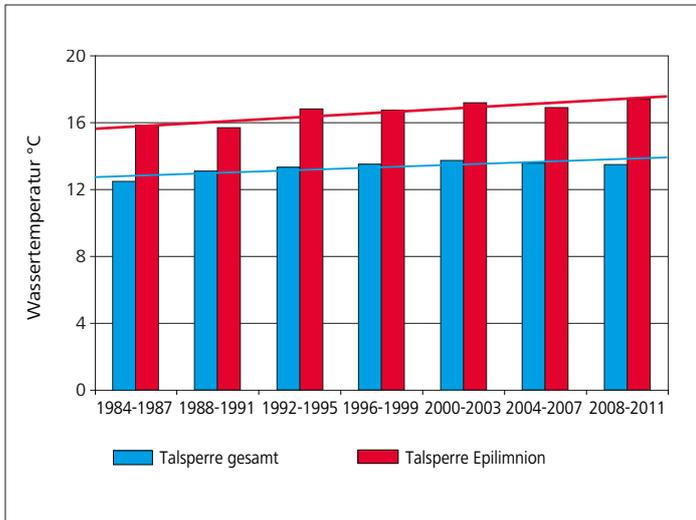


Bild 4.3: Wassermengengewogene Temperaturen in der Möhnetalsperre (4-Jahresmittel) während der Vegetationsperiode
 Fig. 4.3: Flow-weighted temperatures in the Möhne Reservoir (average during four years) during the vegetation period

relativ kurzen Datenreihe zeichnet sich in der Möhnetalsperre eine allmähliche, geringfügige, aber messbare Erwärmung in den letzten 30 Jahren ab. Diese beruht vor allem darauf, dass sich der Beginn der Vegetationsperiode weiter nach vorne und das Ende sich tendenziell nach hinten verschieben. Dadurch verlängert sich die Zeitspanne der Sommerstagnation, was durchaus auch Auswirkungen auf die ökologischen Verhältnisse in der Talsperre hat. In wie weit das der Fall sein wird, zeigt sich in den nächsten Jahren.

In der Fürwiggetalsperre ereignete sich im Frühjahr ein Fischsterben, das am 13. April 2011 im Zulaufbereich entdeckt worden war (vgl. auch „Registrierte Gewässerunreinigungen“). Es handelte sich überwiegend um Bachforellen sowie einige wenige Koppen und Elritzen. Im Zeitraum vom 13. April bis zum 26. Mai 2011 wurden insgesamt 55 Proben aus der Talsperre und den Zulaufen entnommen. Diese wurden u.a. physikalisch-chemisch, (hydro)biologisch und toxikologisch (Biotests) untersucht. Darüber hinaus wurde das Einzugsgebiet systematisch begangen und der Wasserkörper betaucht. Es bleibt festzuhalten, dass trotz aufwändiger Untersuchungen und Analysen durch Behörden, den Ruhrverband und externe Labore weder die Ursache noch der Verursacher identifiziert werden konnten. Allerdings wurden mit Ausnahme des Fischsterbens keine weiteren Beeinträchtigungen der Güteverhältnisse in der Talsperre nachgewiesen, wie Planktonuntersuchungen und eine Probefischung Anfang Mai zeigten. Die Trinkwassergewinnung wurde vorsorglich vom 13. April bis zum 1. Juli eingestellt

Die trophischen Verhältnisse in allen Ruhrverbandstalsperren blieben insgesamt trotz der bemerkenswerten klimatischen Bedingungen auch 2011 innerhalb der Schwankungsbreite der letzten Jahre. Außergewöhnliche Beanspruchungen des Sauerstoffhaushalts, wie sie teilweise bis Anfang des letzten Jahrzehnts noch auf-

traten, waren nicht mehr zu verzeichnen. Auch bei den physikalisch-chemischen Komponenten traten keine Überschreitungen der Vorgaben der EG-Wasserrahmenrichtlinie auf. Das anspruchsvolle Entwicklungsziel, das für die Ruhrverbandstalsperren als erheblich veränderte Wasserkörper mindestens mesotrophe Verhältnisse vorsieht, wurde von allen Talsperren sicher eingehalten. Im folgenden Abschnitt werden die limnischen Verhältnisse am Beispiel der Möhnetalsperre dargestellt.

Möhnetalsperre

Die Möhnetalsperre (Bild 4.4) ist zusammen mit der Biggetalsperre die wasserwirtschaftlich bedeutendste Talsperre im Einzugsgebiet der Ruhr. Sie liegt am nordöstlichen Rand des Einzugsgebiets und dient vor allem der Niedrigwasseraufhöhung der Ruhr bis zur Lennemündung, der Energieerzeugung und als Speicherraum für den Hochwasserschutz. Der Stauinhalt beträgt 134,5 Mio. m³ bei einer Seeoberfläche von 10,26 km². Sie hat damit einen über 25-%igen Anteil am Gesamtspeicherraum aller Ruhrverbandstalsperren. Neben der wasserwirtschaftlichen Funktion bietet die Möhnetalsperre ein vielfältiges und abwechslungsreiches Freizeitangebot, z. B. Camping und Wandern am Wasser, diverse Wassersportarten wie Segeln, Surfen, Baden, Rudern und Tauchen sowie Angeln.

Über 50 % des 436 km² großen Einzugsgebiets der Möhnetalsperre sind bewaldet. Den größten Anteil stellt hier der südöstlich gelegene, in weiten Teilen als Naturschutzgebiet ausgewiesene Arnsberger Wald dar. Die über 36-%ige landwirtschaftliche Nutzung des Einzugsgebietes, vor allem am Nordrand und im Hinterland der Talsperre, sowie die relativ dichte Besiedlung mit ca. 130 Einwohnern pro km² tragen dazu bei, dass der Hauptzufluss Möhne, aber auch kleinere Bäche relativ nährstoffreich sind. Bis in die 1970er und vereinzelt auch noch in den 1980er Jahren wurden immer wieder Wasserblüten von Blaualgen an der Wasseroberfläche beobachtet. In den letzten 25 Jahren traten diese jedoch kaum noch auf. Die Lage der Probenahmestellen an der Möhne-



Bild 4.4: Luftaufnahme der Möhnetalsperre
 Fig. 4.4: Arial view of the Möhne Reservoir

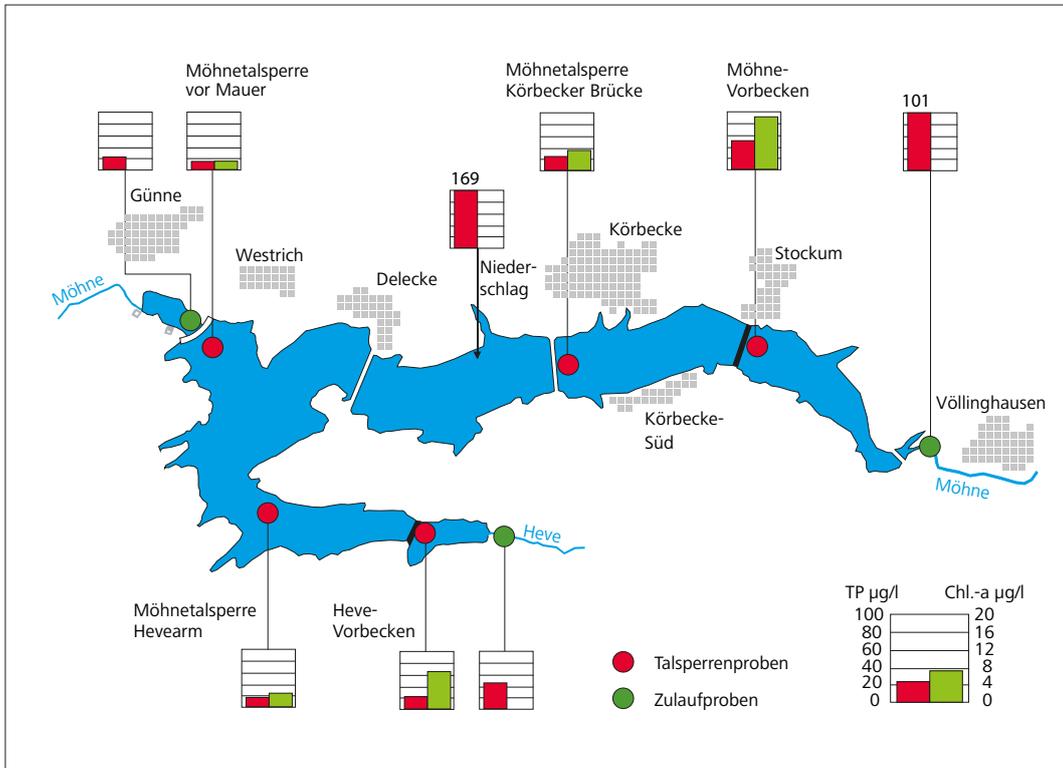


Bild 4.5: Probenahmestellen an der Möhnetalsperre und Phosphor- und Chlorophyll-a-Konzentrationen im Talsperrensystem im Jahr 2011

Fig. 4.5: Sampling points at the Möhne Reservoir and phosphorus and chlorophyll a concentrations in the reservoir system in 2011

talsperre sowie die jeweiligen mittleren Phosphor- und Chlorophyll-a-Konzentrationen im Talsperrensystem sind in Bild 4.5 dargestellt.

Die ungewöhnlichen Witterungsbedingungen und deren Abfolge im Jahr 2011 (früher „Sommer“ von Mitte März bis in den Mai, lange Vegetationsperiode bis November) hatten auch Einfluss auf die Nährstoffkonzentrationen sowohl in den Zuflüssen als auch in den Vorbecken und dem Hauptbecken der Möhnetalsperre. Bemerkenswert ist, dass in den letzten drei Jahren mit Werten zwischen 188 und 191 Mio. m³/a eine nahezu identische Wassermenge zur Talsperre geflossen ist (Bild 4.6). Allerdings hatte die unterschiedliche Abfolge der Abflüsse in den einzelnen Jahren einen entscheidenden Einfluss auf die Konzentrationen von Nähr- und Zehrstoffen in den Bächen. Während die Stickstoffgehalte und -frachten nahezu unbeeinflusst vom Abflussgeschehen blieben, fanden sowohl beim Gesamtposphor als auch beim Chemischen Sauerstoffbedarf zwischen 2009 und 2011 Erhöhungen der Konzentrationen statt. Beim Gesamtposphor betrug diese, bezogen auf das Jahr 2009, immerhin etwa 40 %.

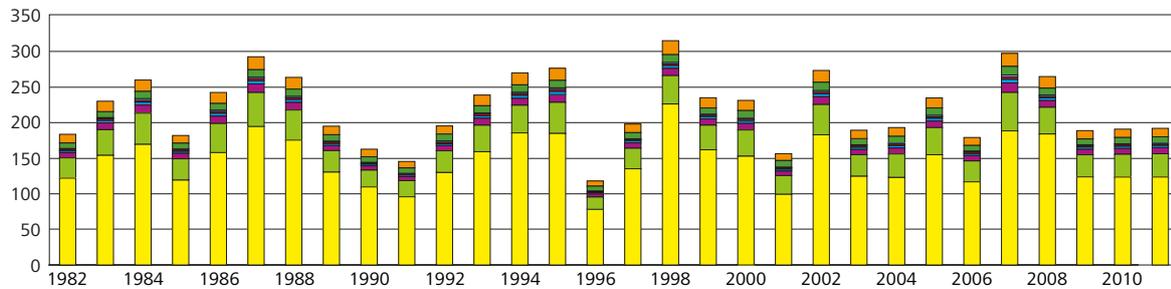
Dies beeinflusste sowohl die Phosphorkonzentrationen in den Vorbecken, vor allem in dem der Möhne, als auch die im Hauptbecken. So wurden 2011 im Auslauf des Möhne-Vorbeckens mit durchschnittlich 52 µg/l TP etwa 20 % höhere Werte gemessen als in den Jahren zuvor. Im weiteren Fließverlauf durch das Hauptbecken gingen die Phosphorgehalte zunächst auf die Hälfte zurück („Körbecker Brücke“) und erreichten an der Hauptprobenahmestelle nur noch 30 % des Vorbecken-Wertes. Allerdings

bewegte sich dort die mittlere Konzentration mit 16 µg/l TP am oberen Rand der Schwankungsbreite des letzten Jahrzehnts. Im Auslauf der Talsperre (Tiefenwasserabgabe) waren mit durchschnittlich 23 µg/l TP höhere Werte festzustellen, was hauptsächlich auf Rücklösungsvorgänge in der Grundnahen, in den Sommermonaten sauerstofffreien Wasserschicht zurückzuführen war.

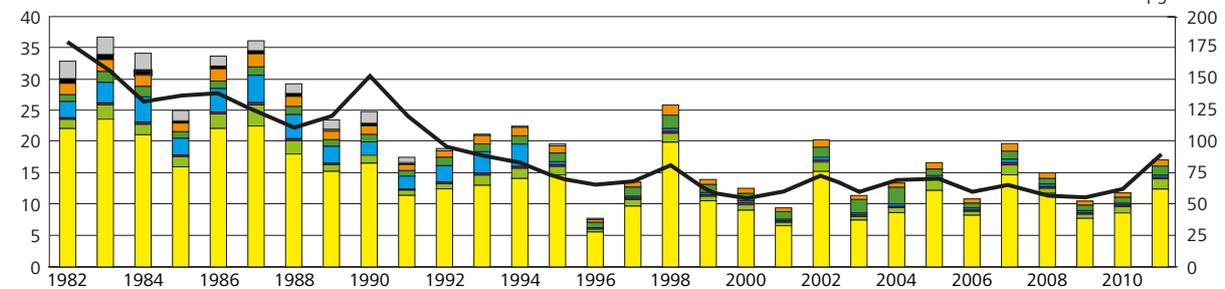
Die gegenüber den Vorjahren höheren durchschnittlichen Phosphorgehalte, vor allem in den landwirtschaftlich geprägten Einzugsgebieten, waren auf die lang anhaltenden Niederschläge in den Sommermonaten zurückzuführen. Bei diesen wurden oberflächlich von landwirtschaftlich genutzten Flächen Phosphorverbindungen abgetragen und gelangten in die Fließgewässer und auch in die Möhnetalsperre. Gleichzeitig erhöhte sich auch der CSB-Gehalt. Trotz des überwiegend partikulären Charakters der Phosphorverbindungen, die damit nicht direkt pflanzenverfügbar sind, zeigte sich im Möhne-Vorbecken und an den im Fließverlauf folgenden Probenahmestellen ein Anstieg der Primärproduktion durch Planktonalgen (vgl. Bild 4.5). Hervorgerufen wurde dies durch die im Jahr 2011 außergewöhnlich frühen sommerlichen Verhältnisse schon ab März, aber auch durch die trockenen und relativ warmen Herbstmonate Oktober und November, wodurch sich die Vegetationsperiode um etwa vier bis fünf Wochen verlängerte.

Dies spiegeln auch die limnischen Verhältnisse in der Talsperre wider. In den Tiefenprofilen im Jahresverlauf (Bild 4.7) sind diese anhand der Kenngrößen Temperatur, Sauerstoff, Chlorophyll-a, pH-Wert, Phosphor, Nitrat-Stickstoff, Silizium und Chemischer

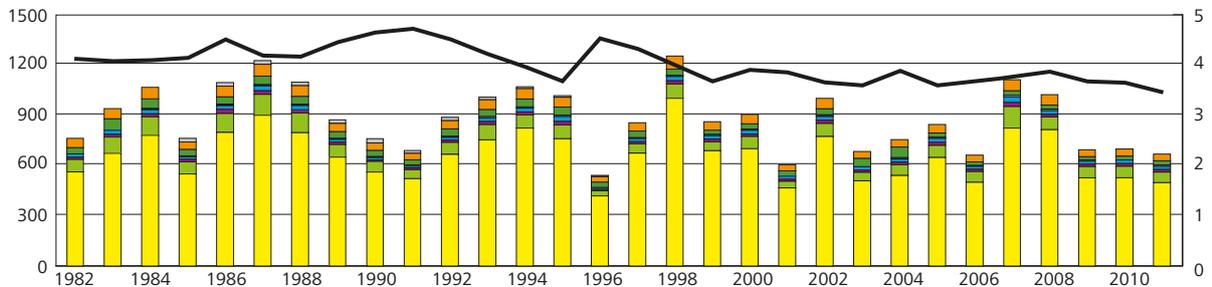
Zufluss Mio. m³/a



TP t/a



TN t/a



— wassermengengewogenes Jahresmittel der Zuflusskonzentrationen

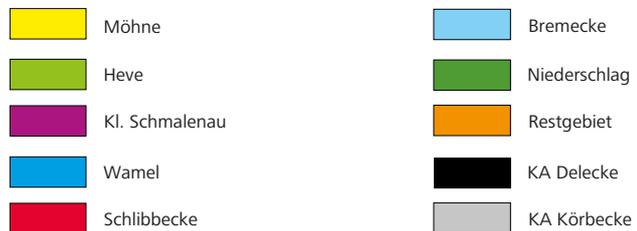


Bild 4.6: Zulauffrachten und wassermengengewogene Jahresmittel aller untersuchten Zuflusskonzentrationen an der Möhnetalsperre in den letzten 30 Jahren
 Fig. 4.6: Input loads and flow-weighted annual means of analysed inflow concentrations at the Möhne Reservoir in the last 30 years

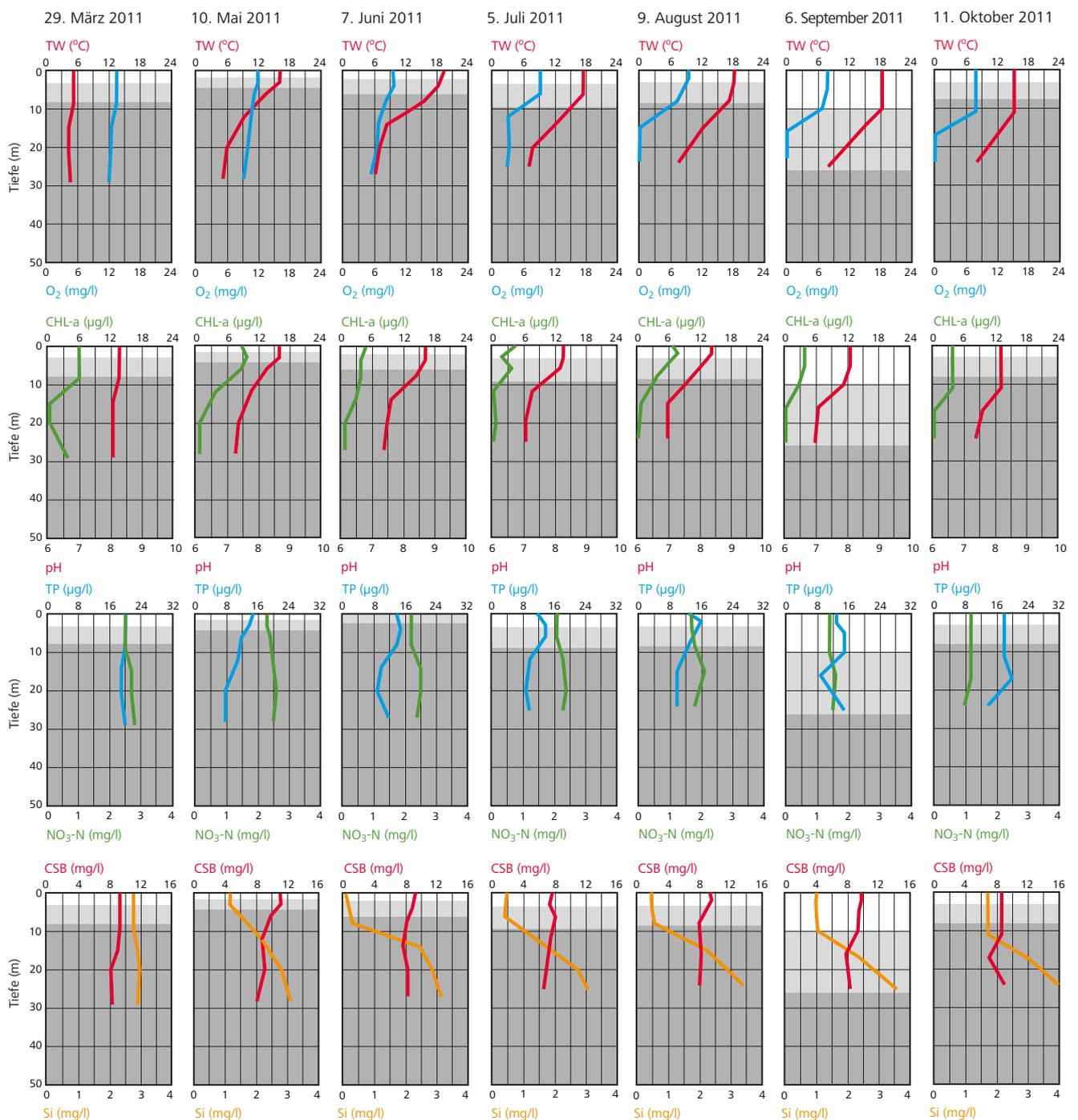


Bild 4.7: Tiefenprofile limnologischer Kenngrößen an der Probenahmestelle „Möhnetalsperre vor Mauer“ im Jahr 2011
 Fig. 4.7: Depth profiles of limnological parameters at the sampling point "Möhne Reservoir before the dam" in 2011

Sauerstoffbedarf dargestellt. Darüber hinaus sind die Sichttiefe als weiße Fläche und die euphotische Zone (2,5 x Sichttiefe) als hellgraue Fläche hinterlegt. Schon im Laufe des Aprils stieg während der anhaltenden Schönwetterphase die oberflächennahe Wassertemperatur von 5 °C bis auf 16 °C und während des nächsten Monats sogar auf knapp 20 °C an. Mit 6 µg/l Chlorophyll-a war bereits Ende März, also noch zur Zeit der Vollzirkulation, eine bemerkenswerte Algenpopulation vorhanden. Sie bestand, wie auch in den beiden folgenden Monaten bei Chlorophyllkonzentrationen bis zu 10 µg/l, zwischen 80 und 90 % aus Kieselalgen, hier vor allem mit den Radiären Formen bzw. *Asterionella formosa* und *Diatoma elongatum*. Diese Algengruppe kommt typischerweise verstärkt in den Frühjahrsmonaten vor, da sie im kalten Wasser gegenüber anderen Algengruppen konkurrenzstärker ist. Der mit der Algenentwicklung einhergehende photosynthetische CO₂-Entzug führte schon früh im Mai/Juni zu einem pH-Wertanstieg bis zu pH 8,7, dem Maximum in diesem Jahr. Im weiteren Jahresverlauf bis Anfang Dezember waren zwar Planktonalgen immer präsent, erreichten jedoch bei epilimnischen Wassertemperaturen um 18 °C im Sommer nicht mehr die hohen Zellzahlen des Frühjahres.

Mit der Abnahme des epilimnischen Gehalts von Silizium, dem essentiellen Baustoff zum Schalenbau der Kieselalgen, wurde die Entwicklung dieser Algengruppe limitiert. Ab Juni waren vermehrt Vertreter des Sommerplanktons in der Möhnetalsperre bildbestimmend. Dazu gehörten neben den immer häufiger präsenten Goldalgen (Chrysophyta), die mit sechs verschiedenen Spezies vorkamen, in nennenswertem Maße die Feueralgen (Pyrrophyta) und Flagellaten (Cryptophyta). Auffällig war, dass auch in diesem Jahr Grünalgen (Chlorophyta) kaum vorhanden waren (vgl. Bild 4.8). Blaualgen spielten wie in den Vorjahren keine Rolle.

Ab Anfang Juni gewannen neben den Auswirkungen der Algenentwicklungen auf die epilimnischen Verhältnisse die Folgen des Biomasseabbaus im Hypolimnion an Bedeutung. Durch die frühe Phyto- und auch Zooplanktonentwicklung 2011 war schon im Frühsommer eine erhebliche Biomasse vorhanden, die nach dem Absterben und -sinken im Tiefenwasser mikrobiologisch abgebaut wurde. In der mit einer mittleren Tiefe von 12,5 m verhältnismäßig flachen Möhnetalsperre steht zudem der produktiven Wasserschicht ein kleineres Volumen für die sauerstoffzehrenden Abbauprozesse als z.B. in der Sorpe- oder Biggetalsperre zur Verfügung. Die Folge war eine abnehmende Sauerstoffkonzentration, die vom Gewässergrund aus fortschritt. Anfang Juli wurde hier in den untersten 12 m nur noch 3 mg/l O₂ gemessen. Ab August war die Möhnetalsperre im Bereich der tiefsten Stelle („Staumauerbecken“) in den untersten acht bis neun Metern sauerstofffrei. Erst mit Auflösung der thermischen Schichtung, die in diesem Jahr aufgrund der regen- und windarmen Schönwetterperiode im Herbst bis in den November hinein Bestand hatte, wurde wieder Sauerstoff in das Hypolimnion transportiert (Vollzirkulation). Dieser temporäre sauerstofffreie Zustand über dem Gewässergrund stellt sich jedes Jahr, allerdings mit unterschiedlicher Ausprägung, ein. Er führt jedoch zu keiner Beeinträchtigung der dort vorhandenen Fischfauna, da die Fische jederzeit nach oben und/oder zur Seite in sauerstoffreichere Schichten ausweichen können.

In den drei Vorjahren hatte sich in der Möhnetalsperre ein niedriges Phosphorniveau mit Werten zwischen 17 und 19 µg/l TP eingestellt, das in diesem Jahr aufgrund der besonderen hydrologischen und meteorologischen Randbedingungen mit 21 µg/l TP leicht übertroffen wurde. Geht man allerdings bis Anfang der 1980er Jahre zurück, bewegten sich damals die Werte durchaus auch in Bereichen über 50 µg/l. Das führte in jener Zeit häufig zu Blaualgenmassenentwicklungen, meist der Gattung *Microcystis* mit mittleren Chlorophyllwerten über 10 µg/l und entsprechend höheren Sauerstoffzehrungsraten. In den 1980er Jahren bildete sich bei hypolimnischen Zehrungsraten bis über 1,2 g/(m² · d) O₂ bzw. bis zu 5 t/d O₂ an der Hauptprobenahmestelle regelmäßig eine 15 m mächtige sauerstofffreie Schicht am Grund der Möhnetalsperre aus.

Heute bewegen sich die Zehrungsraten um 0,6 g/(m² · d) O₂ bzw. zwischen 2,5 und 3,1 t/d O₂, so dass selten 10 m Sauerstofffreiheit im Tiefenwasser erreicht werden. Auch bei der Stickstoffbelastung ist ein Rückgang zu verzeichnen. Vor etwa 25 Jahren lagen die Jahresmittel um 2,8 mg/l TIN. Vor allem durch abwassertechnische Maßnahmen (Nitrifikation/Denitrifikation) und sparsameren Düngemiteleinsetz wurden in den letzten zehn Jahren im Mittel noch Werte um 2,3 mg/l TIN gemessen, entsprechend einer Abnahme von knapp 20 %. Im aktuellen Jahr betrug der durchschnittliche Gehalt sogar nur 2,0 mg/l TIN.

In Bild 4.8 sind die Verhältnisse der Primär- und Sekundärproduktion an der Probenahmestelle „Möhnetalsperre vor Mauer“ für die letzten 30 Jahre zusammengefasst. Auch wenn in den letzten Jahren die Kieselalgen mit einem Biovolumenanteil von 60 bis 80 % am stärksten vertreten waren, war die auffälligste Algengruppe die der Goldalgen, die in vielen der mesotrophen Ruhrverbandsalsperren immer präsenter werden. Diese häufig begeißelten Algen können neben den essentiellen Phosphorverbindungen auch organische feste Nahrung, wie z.B. Bakterien, nutzen, wodurch sie in nährstoffärmeren Gewässern nennenswerte Bestandsdichten erreichen. Dies ist als ein Indiz der verbesserten ökologischen und trophischen Verhältnisse in diesen Talsperren zu werten. Der Verbreitungsschwerpunkt dieser Algengruppe, die mit den Gattungen *Dinobryon*, *Kephyrion*, *Mallomonas*, *Ochromonas* und *Synura* vertreten war, lag im Frühjahr bis Frühsommer. Die nach wie vor dominanten Kieselalgen erlitten im Juli aufgrund fehlender Siliziumverbindungen einen Einbruch des Bestands und erreichten bis Oktober auch nicht mehr den Biomasseanteil wie im Frühjahr. Die Grünalgen, die bis 2006 meist die zweitgrößte Algengruppe repräsentierten, gehen seit 2007 kontinuierlich zurück und spielten 2011 keine Rolle in der Möhnetalsperre. Hinsichtlich weiterer Algengruppen war das aktuelle Jahr mit den Vorjahren vergleichbar.

Dagegen verdoppelte sich im Vergleich zu den letzten Jahren die Zooplanktondichte in der Talsperre. Durch den frühen Beginn der Phytoplanktonentwicklung und die dadurch hohe Algendichte hatte das Zooplankton bei sommerlichen Bedingungen schon im April optimale Startbedingungen. Zu diesem Zeitpunkt im April/Mai sind Gesamtbiovolumina zwischen 0,1 und 0,4 mm³/l üblich. Im Jahr 2007, als ebenfalls im Frühjahr sommerliche Verhältnisse

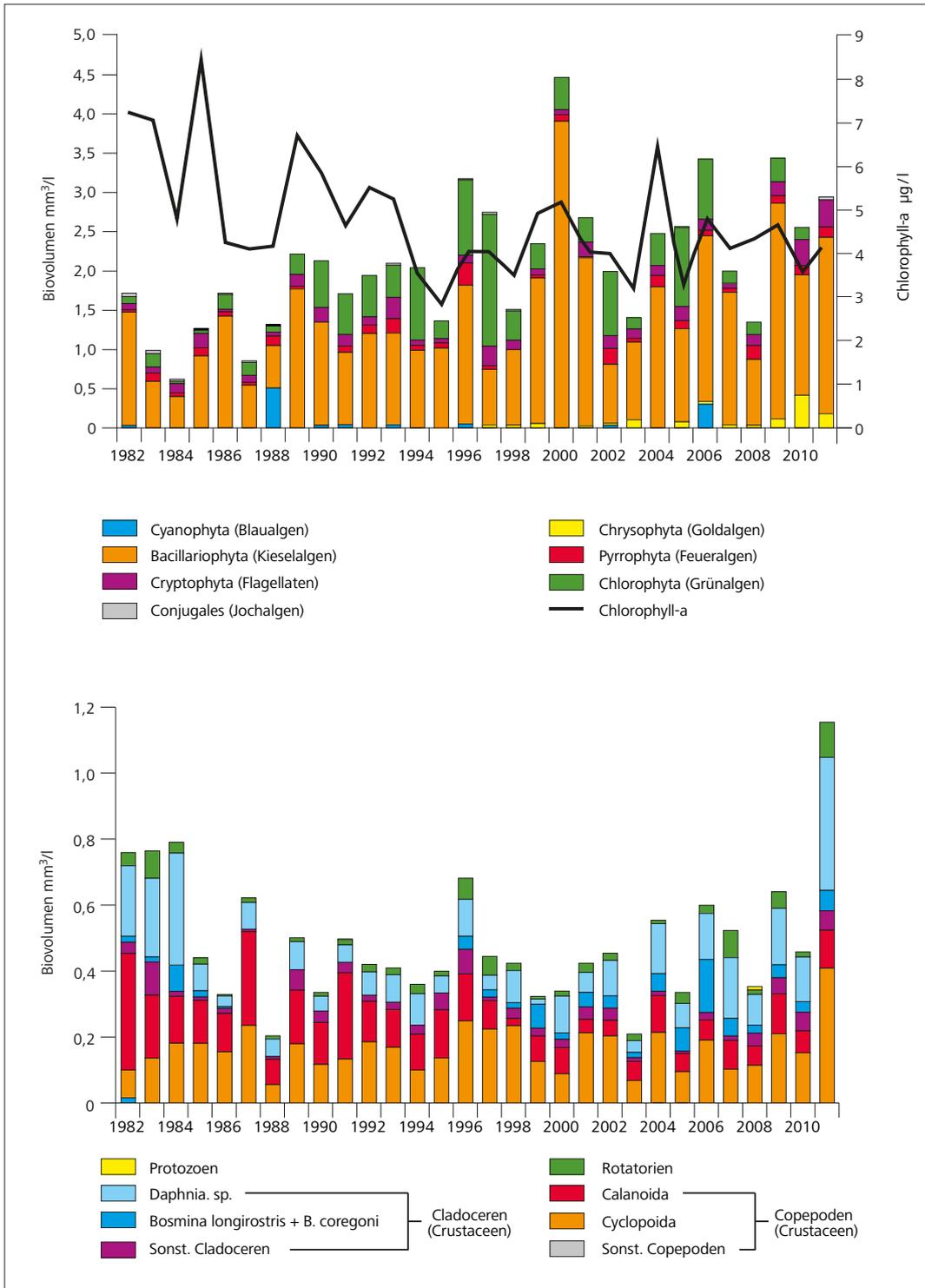


Bild 4.8: Phytoplankton und Zooplankton an der Probenahmestelle „Möhnetalsperre vor Mauer“ in den letzten 30 Jahren (Jahresmittel)

Fig. 4.8: Phytoplankton and zooplankton at the sampling point "Möhne Reservoir before the dam" in the last 30 years (annual means)

herrschen, betrug das Gesamtbiovolumen schon $0,8 \text{ mm}^3/\text{l}$. Im Jahr 2011 wurde dieser Wert Anfang Mai nochmals um $0,6 \text{ mm}^3/\text{l}$ übertroffen, was zu einem Gesamtbiovolumen von $1,4 \text{ mm}^3/\text{l}$ führte. Über 50 % des Biovolumens wurde in dieser Zeit durch die Rädertiere (Rotatoria), die üblicherweise im Frühjahr ihren Entwicklungsschwerpunkt haben, gebildet. Der dominante Zooplankter war das Rädertier *Asplanchna priodonta*, das sich auch räuberisch u. a. von anderen Rädertieren ernährt, mit einem Volumen von $0,7 \text{ mm}^3/\text{l}$. So ist es auch nicht verwunderlich, dass daneben lediglich die kleinen Arten *Kellicottia longispina* und *Keratella quadrata*, die Stacheln als Fraßschutz ausbilden, in nennenswertem Maße vorkamen.

Während bis Mai (fast) keine Daphnien vorhanden waren, entwickelten diese sich allmählich im Juni, um in den folgenden Sommermonaten mit bis zu 27.000 Ind./m^3 das Zooplankton zu dominieren. Das Gesamtbiovolumen erreichte im August das Jahresmaximum mit $2,5 \text{ mm}^3/\text{l}$, einem seit 1987 nicht mehr gemessenen Wert. Im Jahresdurchschnitt hatte der Wasserfloh *Daphnia longispina/cucullata* mit $0,4 \text{ mm}^3/\text{l}$ den gleichen Anteil am Zooplankton der Möhnetalsperre wie die ganzjährig präsente Gattung *Cyclops*, die zusammen mit der Gattung *Eudiaptomus* (Calanoida) zu den Ruderfußkrebse gehört. Hinsichtlich des Artenspektrums und auch weitestgehend in der Artenverteilung schließt sich das Jahr 2011 an die Vorjahre an, lediglich durch die sehr guten Nahrungsbedingungen bzw. den frühen Start der Algenentwicklungen kam es zu einer insgesamt höheren Sekundärproduktion als in den Jahren zuvor.

Das Bild 4.9 zeigt für die Möhnetalsperre nach der von der LAWA herausgegebenen „Vorläufigen Richtlinie für die Trophieklassifikation von Talsperren“ den Gesamtrophieindex sowie die Einzelindizes der letzten 30 Jahre. Bis auf den frühjährlichen Phosphorindex, der seit 2005 weiterhin kontinuierlich abnimmt, waren 2011 bei allen sommerlichen Indizes zum Teil deutliche Zunahmen zu verzeichnen. Hier war ein Grund der frühe Beginn der Vegetationsperiode, der schon früh zu einem Anstieg der epilimnischen Chlorophyll- und damit auch Gesamtphosphorkonzentrationen (Fixierung in der planktischen Biomasse) führte. Hinzu kamen die sommerlichen Phosphor-Einträge über die oberflächigen Abschwemmungen aus landwirtschaftlich genutzten Flächen, die im August/September bei ausgiebigen Niederschlägen stattfanden. Durch die Eintrübung des Epilimnions mit Phyto- aber auch Zooplankton nahmen im Vorjahresvergleich die Sichttiefe ab und damit der entsprechende Index zu. Auch die verhältnismäßig lange Phase der Sommerstagnation trug dazu bei, dass bis in den Herbst hinein eine nennenswerte Primärproduktion möglich wurde. Trotz aller für die Trophie ungünstigen Voraussetzungen sind in der ehemals eutrophen Möhnetalsperre weiter stabile mesotrophe Verhältnisse anzutreffen.

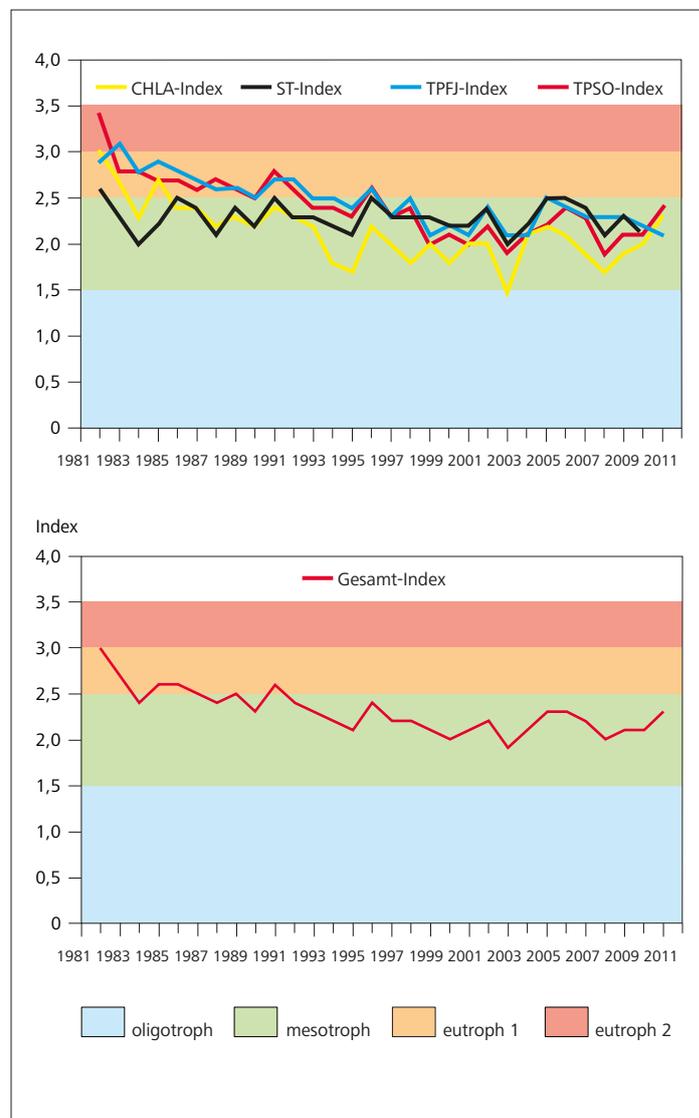


Bild 4.9: Entwicklung der Trophie in den letzten 30 Jahren in der Möhnetalsperre entsprechend der vorläufigen Richtlinie für die Trophieklassifikation von Talsperren (LAWA Juli 2001) [CHLA: Chlorophyll-a; ST: Sichttiefe; TP: Gesamtphosphor; FJ: Frühjahr; SO: Sommer]
 Fig. 4.9: Trophic development of the last 30 years in the Möhne reservoir according to the preliminary guideline 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

Neben der Prüfung des Ruhrwassers auf Physikalische und Allgemeine Chemische Parameter ist in den letzten Jahren die Bedeutung der Untersuchung Organischer Mikroverunreinigungen stetig gewachsen. Aus dem Ruhreinzugsgebiet beziehen ca. 4,6 Millionen EinwohnerInnen ihr Trinkwasser. Vor diesem Hintergrund wird die Kontrolle des Ruhrwassers vermehrt auch auf polare, gut wasserlösliche organische Verbindungen, namentlich eine Vielzahl von Arzneimittelrückständen, ausgedehnt. Insgesamt wurden im Jahr 2011 etwa 330 verschiedene organische Einzelstoffe im Ruhrwasser durch den Ruhrverband analysiert.

Die Bewertung der organischen Mikroverunreinigungen erfolgt, soweit für die einzelne Verbindung verfügbar, auf der Basis der Umweltqualitätsnormen (UQN) des „Leitfadens Monitoring Oberflächengewässer“ [2.1] und der Oberflächengewässerverordnung (OGewV) [2.2] sowie auf der Grundlage der von der Arbeitsgemeinschaft der Wasserwerke an der Ruhr (AWWR) festgelegten Zielwerte.

Die Übersicht in Tabelle 5.1 zeigt eine Auswahl der im Ruhrwasser analysierten organischen Mikroverunreinigungen. Im Folgenden wird zu den Ergebnissen der Messungen ausgewählter organischer Spurenstoffe berichtet. Die Analyseergebnisse zur Stoffgruppe der Benzotriazole werden ausführlich im gesonderten Kapitel „Herkunft und Vorkommen von Benzotriazolen im Gewässer und Abwasser“ dargestellt.

Flüchtige Organische Stoffe

Die hier mit Flüchtigen Organischen Stoffen (VOC, volatile organic compounds) bezeichnete Verbindungsgruppe umfasst organische Verbindungen mit Siedepunkten zwischen -30 °C und 220 °C, wobei Methan ausgeklammert wird. Die Analytik erlaubt die Analyse von bis zu 70 Komponenten mit einer Bestimmungsgrenze zwischen 0,01 und 0,05 µg/l in Abhängigkeit von der jeweiligen Verbindung. Die chemischen Klassen sowie die entsprechenden Anwendungsbereiche dieser Stoffe variieren erheblich. Entsprechend gibt es auch keine einheitliche chemische Definition Flüchtiger Organischer Spurenstoffe. Die Emissionen von VOC in die Umwelt rühren aus einer Vielzahl anthropogener, aber auch biogener Prozesse. Zu nennen sind besonders die Verwendung der chlorierten Lösemittel (LHKW) Trichlorethen (Tri), Tetrachlorethen (Per) und Trichlormethan (Chloroform) sowie der aromatischen Kohlenwasserstoffe (BTXE) Benzol, Toluol, Xylol, Ethylbenzol und der Einsatz von Benzinzusatzstoffen, wie etwa MTBE (Methyl-tertiär-butylether) und ETBE (Ethyl-tertiär-butylether).

Das Vorkommen von klassischen Lösemitteln der Verbindungsgruppen LHKW und BTXE im Ruhrwasser hat in den letzten Jahren beständig abgenommen und ein konstantes Niveau erreicht, welches durch wenige Belastungskomponenten gekennzeichnet

ist, die in Bild 5.1 bezüglich der Häufigkeit der Befunde oberhalb der Bestimmungsgrenze sowie hinsichtlich der Median- und Maximalkonzentrationen der Stoffe in der Ruhr bei Essen-Rellinghausen dargestellt werden.

Die häufigsten Befunde oberhalb der Bestimmungsgrenze waren für Tetrachlorethen und Trichlormethan zu verzeichnen. Alle Werte verblieben jedoch im niedrigen Bereich weit unter 0,1 µg/l und unterschreiten damit erheblich die geltenden EG-Umweltqualitätsnormen von 2,5 µg/l bzw. 10 µg/l. Der Benzinzusatzstoff MTBE wurde bei Essen-Rellinghausen in 68 % der Proben oberhalb der Bestimmungsgrenze gemessen (Bild 5.1). Die mediane Konzentration liegt mit 0,01 µg/l auf einem sehr niedrigen Niveau. Bei der Ermittlung der Medianwerte wurden die jeweiligen Zahlenwerte der Bestimmungsgrenze eines Stoffes in die Berechnung einbezogen. Der Rückgang der Benzinzusatzstoffe im Ruhrwasser wurde in den letzten Jahren schon mehrfach dokumentiert. In Bild 5.2 wird die Entwicklung der MTBE-Messwerte oberhalb der Bestimmungsgrenze an der Messstelle Essen-Rellinghausen für den Zeitraum 2003 bis 2011 verdeutlicht. Der gleiche Trend ist in den letzten Jahren auch für ETBE festzustellen. Bei Essen-Rellinghausen wurden 2011 nur wenige Befunde oberhalb der Bestimmungsgrenze analysiert.

Kurzkettige Chloralkane

Bei dieser Stoffgruppe handelt es sich um Gemische homologer Polychlor-n-alkane mit unterschiedlichem Chlorgehalt. Zu den kurzkettigen Chloralkanen bzw. Chlorparaffinen (SCCP – short chain chlorinated paraffins) zählen Verbindungen mit einer Kettenlänge von 10 bis 13 Kohlenstoff-Atomen. SCCP sind persistente, bioakkumulierende, toxische Verbindungen, die im Rahmen der WRRL als prioritär gefährlich eingestuft wurden. Trotz der sehr geringen Immissions-Datenbasis ist davon auszugehen, dass die Gewässerbelastungen gering ausfallen, da in Deutschland kurzkettige Chloralkane bereits seit 1996 nicht mehr hergestellt werden und seit 2002 EU-weite Anwendungsbeschränkungen bestehen. Chlorparaffine werden z.B. als Flammschutzmittel, als Weichmacher sowie in der Lederbearbeitung eingesetzt.

Die besondere Schwierigkeit der Analytik von Chlorparaffinen besteht in der Erfassung der bis zu 8.000 Einzelkongenere. Hierfür wurde ein GC/MS-Verfahren genormt, welches eine Bestimmungsgrenze von 0,1 µg/l für die Summe der Einzelsubstanzen ermöglicht [5.1].

Zur Analytik kamen Proben der Ruhrlängsuntersuchungen und der wöchentlichen Beprobungen an der Probenahmestelle Essen-Rellinghausen (n=49). Die Wässer wurden unfiltriert gemessen. Sämtliche Chloralkan-Konzentrationen lagen unterhalb der Bestimmungsgrenze des analytischen Verfahrens. Für SCCP gilt

[5.1] Draft ISO DIS 12010 – Determination of short chain polychlorinated alkanes (SCCP) in water – method using GC/MS and electron capture negative ionisation (ECNI)

Tabelle 5.1: Ausgewählte organische Spurenstoffe des Untersuchungsprogramms
Table 5.1: Selected organic trace substances in the research programme

Leichtflüchtige Komponenten			Perfluorierte Verbindungen
1,1,1-Trichlorethan	o-p'-DDT	Metribuzin	Perfluorbutansäure (PFBA)
1,1,2-Trichlorethan	Oxychloridan	Pendimethalin	Perfluorbutansulfonsäure (PFBS)
1,1,2-Trichlortrifluorethan	p-p'-DDD	Phenmedipham	Perfluordecansäure (g-PFDA)
1,1-Dichlorethan	p-p'-DDE	Prometryn	Perfluorheptansäure (g-PFHpA)
1,2-Dichlorethan *	p-p'-DDT Quintocen	Propazin	Perfluorhexansäure (g-PFHxA)
1,2-Dichlorpropan	trans-Heptachlorepoxyd	Propiconazol	Perfluorhexansulfonsäure (g-PFHxS)
1,3-Dichlorpropan	Trifluralin *	Sebuthylazin	Perfluornonansäure (g-PFNA)
2,2-Dichlorpropan	Vinclozolin	Simazin *	Perfluordecansäure (g-PFNA)
Allylchlorid	PSM, Organophosphorverbindungen	Terbutylazin	Perfluordecansulfonsäure (g-PFOS)
Benzol *	Azinphos-ethyl	Terbutryn	Perfluordecansulfonsäure (g-PFOS)
cis-Dichlorethen	Azinphos-methyl	PBSM, Phenylharnstoff- verbindungen, Urone	Perfluordecansulfonsäure (g-PFOS)
cis-Dichlorpropen	Chlorfenvinphos *	Chloroxuron	Röntgenkontrastmittel
Dibromchlormethan	Chlorpyriphos *	Chlortoluron	Amidotriozoesäure
Dichlorbrommethan	PSM, Phenoxyalkancarbonsäuren	Dimefuron	lohexol
Dichlormethan *	2,4,5-T	Diuron *	Iopamidol
ETBE (Ethyl-tert-butylether)	2,4-D	Ethidimeron	Iopromid
Ethylbenzol	2,4-DB	Ethofumesat	Ioversol
Hexachlorbutadien *	Bentazon	Isoproturon *	Iomeprol
Isopropylbenzol	Bromoxynil	Linuron	Arzneimittelwirkstoffe
m/p-Xylol	Clodinafop	Metobromuron	Atenolol
MTBE (Methyl-tert-Butylether)	Clopyralid	Metoxuron	Bezafibrat
o-Xylol	Dichlorprop	Monolinuron	Carbamazepin
Styrol	Fenoprop	Phosphororganische Flammschutzmittel, Weichmacher	Carprofen
TAME (tert-Amyl-butylether)	Fenoxaprop	Tributylphosphat	Clenbuterol
Tetrachlorethen	Fluroxypr	Triethylphosphat	Clofibrinsäure
Tetrachlormethan	Ioxynil	Triphenylphosphat	Diclofenac
Toluol	MCPA	Tripentylphosphat	Fenoprofen
trans-Dichlorethen	MCPB	Tris(butoxyethyl)phosphat	Flurbiprofen
trans-Dichlorpropen	Mecoprop	Tris(chlorethyl)phosphat	Gemfibrocil
Tribrommethan	Quinmerac	Tris(dichlorisopropyl)phosphat	Ibuprofen
Trichlorethen	PSM, Triazine und weitere	Tris(ethylhexyl)phosphat	Indometazin
Trichlormethan *	Alachlor	Tritolylphosphat	Indoprofen
Vinylchlorid	Atrazin *	Synthetische Komplexbildner	Ketoprofen
PBSM, Organochlorverbindungen	Azoxystrobin	NTA	Metoprolol
Alachlor *	Bifenox	EDTA	Nadolol
Aldrin	Bromacil	DTPA	Naproxen
alpha-Endosulfan *	Carbetamid	EGTA	Nicosamid
beta-Endosulfan	Carflutrazon-ethyl	CDTA	Oseltamivir-Carboxylat
Bromocyclen	Chloridazon	1,3-PDTA	Paracetamol
cis-Heptachlorepoxyd	Chlorpropham	β-ADA	Propranolol
Dieldrin	Cyanazin	Alkylphenole, -ethoxylate	Ritalinsäure
Endrin	Desethylatrazin	Nonylphenol *	Salbutamol
HCH, alpha	Desethylterbutylazin	Octylphenol *	Sotalol
HCH, beta	Desisopropylatrazin	4-tert-OP *	Sulfamethoxazol
HCH, delta	Diflufenican	4-OP-1-EO	Acetyl-Sulfamethoxazol
HCH, epsilon	Flufenacet	4-OP-2-EO	Timolol
Heptachlor	Flurtamone	4-NP-2-EO	Tolbutamid
Isodrin	Hexazinon	4-NP-3-EO	Tolfenaminsäure
Lindan * (Hexachlorcyclohexan)	Metamitron	4-NP-4-EO	Industriechemikalien
Methoxychlor	Metazachlor		TMDD
Mirex	Methabenzthiazuron		(2,4,7,9-Tetramethyl-5-decyn-4,7-diol)
o-p'-DDD	Metolachlor		Tetraoxaspirodecandecan
o-p'-DDE			

* prioritärer Stoff der EG-WRRL

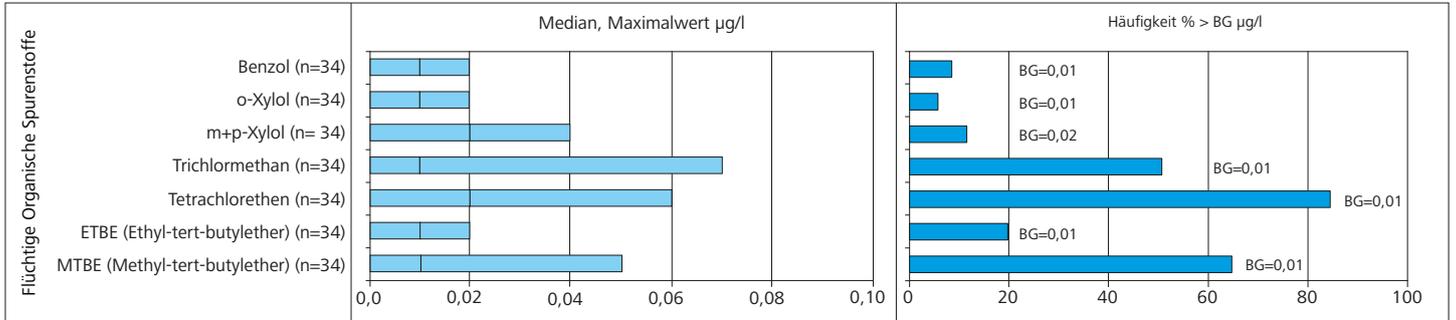


Bild 5.1: Häufigkeiten, Median- und Maximalkonzentrationen ausgewählter Flüchtiger Organischer Spurenstoffe in der Ruhr bei Essen-Rellinghausen
 Fig. 5.1: Frequencies, median and maximum concentrations of selected volatile organic trace substances in the Ruhr at Essen-Rellinghausen

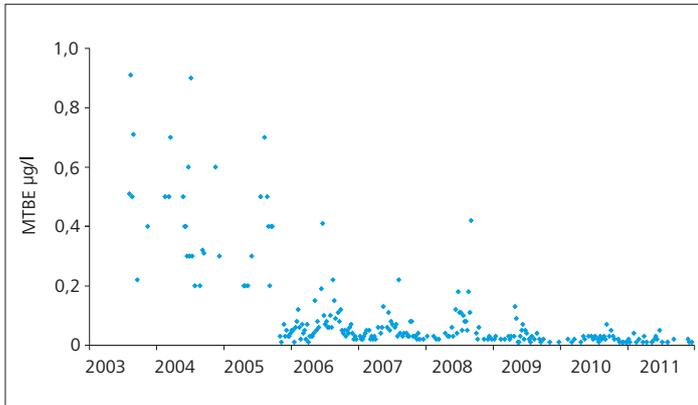


Bild 5.2: Entwicklung der MTBE-Konzentrationen oberhalb der Bestimmungsgrenze bei Essen-Rellinghausen, Zeitraum 2003 bis 2011
 Fig. 5.2: Development of MTBE concentrations above the quantification limit at Essen-Rellinghausen from 2003 to 2011

eine Umweltqualitätsnorm von 0,4 µg/l, bezogen auf das Jahresmittel, sowie eine zulässige Höchstkonzentration von 1,4 µg/l, die in allen untersuchten Proben (n=205) unterschritten wurden.

Alkylphenole und Bisphenol A

Alkylphenole und Bisphenol A weisen eine östrogene Wirkung auf und werden deshalb zu den endokrinen Disruptoren, also Verbindungen, die das Hormonsystem beeinflussen, gezählt. Alkylphenole dienen als Ausgangsstoffe zur Herstellung von Alkylphenol-Ethoxylaten, nichtionischen Tensiden, die z.B. in Industrierreinigern enthalten sind. Alkylphenol-Ethoxylate werden in Kläranlagen oder in der Umwelt über Zwischenstufen wieder zu Alkylphenolen abgebaut. Zu den bedeutsamsten Alkylphenolen gehören Nonyl- und Octylphenol, die noch in den 1980er Jahren in großen Mengen produziert und für die Produktion der Ethoxylate eingesetzt wurden. Beide Stoffe werden in der Liste prioritärer Stoffe der WRRL aufgeführt, wobei Nonylphenol den prioritär gefährlichen Stoffen zugeordnet wurde. Für Nonylphenol und für die entsprechenden Ethoxylate bestehen aufgrund ihrer hohen aquatischen Toxizität weitreichende Anwendungsverbote.

Diese Stoffe wurden ausschließlich im Rahmen der Ruhrlängsuntersuchungen (n=143) betrachtet. Octylphenol trat nur vereinzelt nahe der Bestimmungsgrenze von 0,005 µg/l mit einem Maximalwert von 0,009 µg/l auf. Nonylphenol war in 21 % der Proben oberhalb der Bestimmungsgrenze messbar, wobei sich die höchste Konzentration auf 0,054 µg/l belief. Die für das Jahresmittel festgelegten EU-Umweltqualitätsnormen von 0,1 µg/l für Octylphenol und von 0,3 µg/l für Nonylphenol wurden im Rahmen dieser Untersuchungen weit unterschritten.

Bisphenol A zählt mit etwa 2,8 Mio. t zu den weltweit am meisten produzierten Chemikalien [5.2]. Die Verbindung findet vor allem als Ausgangsstoff für Polycarbonate und Epoxidharze, als Antioxidans für Weichmacher in Kunststoffen sowie als Kleber und

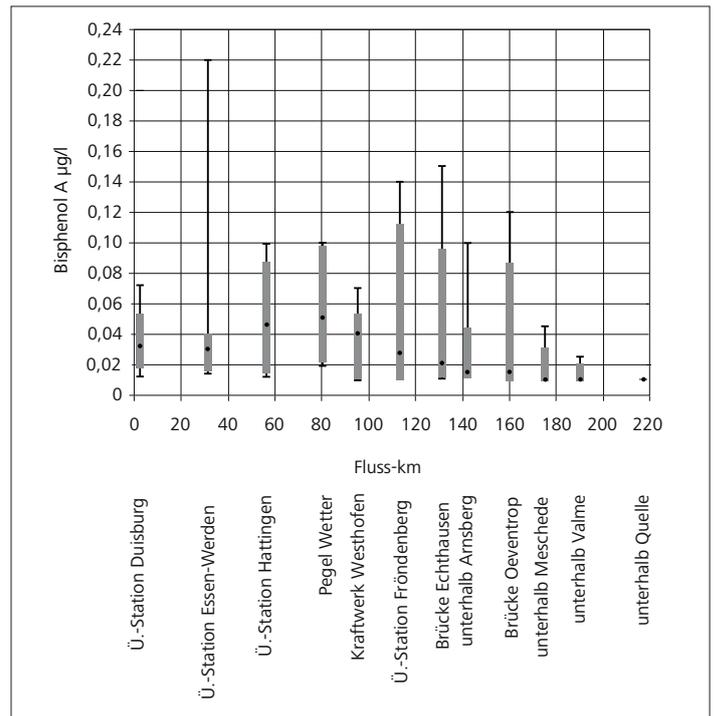


Bild 5.3: Ruhrlängsuntersuchungen 2011, statistische Daten Bisphenol A
 Fig. 5.3: Examinations along the Ruhr in 2011, statistical data bisphenol A

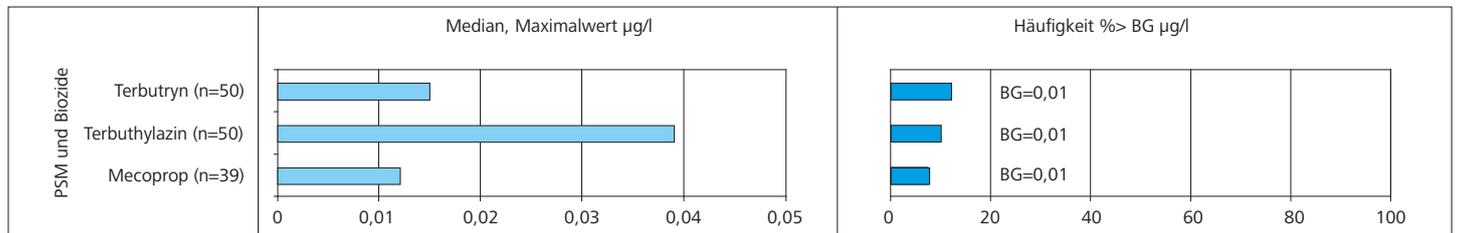


Bild 5.4: Häufigkeiten, Median- und Maximalkonzentrationen von Bioziden und PSM in der Ruhr bei Essen-Rellinghausen (BG=Bestimmungsgrenze)
 Fig. 5.4: Frequencies, median and maximum concentrations of biocides and crop protection agents in the Ruhr at Essen-Rellinghausen (BG = quantification limit)

in Beschichtungen Anwendung. Die Verbindung wird aus Kunststoffen bei der Verwendung, insbesondere nach Erwärmung, als Monomer wieder freigesetzt und gelangt auf diese Weise in die Umwelt. Die Verbreitung von Bisphenol A kann als ubiquitär bezeichnet werden [5.3].

Im Rahmen der Ruhrlängsuntersuchungen waren in 90 % der untersuchten Proben Befunde oberhalb der Bestimmungsgrenze zu verzeichnen. In Bild 5.3 wird deutlich, dass bereits im Quellbereich der Ruhr vereinzelt niedrige Gehalte auftreten. Die höchste mediane Konzentration wurde in der unteren Ruhr an der Probenahme-stelle „Pegel Wetter“ mit einem Wert von 0,051 µg/l erreicht und der höchste Einzelwert war an der Messstelle „Überwachungsstation Werden“ mit 0,22 µg/l zu beobachten. Diese Konzentrationen sind mit Gehalten in anderen Fließgewässern Deutschlands vergleichbar. So wurden im Rhein bei Karlsruhe für die Jahre 1999 und 2002 Mittelwerte zwischen 0,023 µg/l und 0,062 µg/l Bisphenol A gefunden [5.3]. In Nordhessischen Fließgewässern war im Rahmen von Screeninguntersuchungen (2007-2009) ein Maximalwert von 0,23 µg/l Bisphenol A zu verzeichnen [5.4]. Für Bisphenol A existiert ein gesetzlich nicht verbindlicher Orientierungswert von 0,1 µg/l, der im Ruhrwasser sicher eingehalten wurde [2.1].

Biozide und Pflanzenschutzmittel (PSM)

Biozide und Pflanzenschutzmittel bzw. Pestizide können im Rahmen ihrer Anwendung, z. B. in der Landwirtschaft, im Bauten- und Fassadenschutz oder bei der Antifoulingbehandlung von Booten in Gewässer eingetragen werden. In der deutschen Landwirtschaft werden jährlich ca. 43.000 t Pflanzenschutzmittelwirkstoffe (2008) zur Sicherung des Ertrags eingesetzt. Die ausgebrachten Substanzen sind biologisch hochwirksam und können die aquatische Lebensgemeinschaft teilweise schon in sehr geringen Konzentrationen beeinflussen. Der Prüfumfang von ca. 100 verschiedenen PSM, Bioziden und ihren Metaboliten basiert auf dem in der AWWR vereinbarten Untersuchungsprogramm, auf gesetzlichen Vorgaben und auf den Erfahrungen der letzten Jahre.

Die Beurteilung von PSM-Belastungen in der Ruhr orientiert sich an den Anforderungen der Trinkwasserverordnung. Hier gelten Grenzwerte von 0,1 µg/l pro Einzelwirkstoff und von 0,5 µg/l für die Summe aller Wirkstoffe (Trinkwasserverordnung – TrinkwV 2011). Auch in der Verordnung zum Schutz der Oberflächengewässer (OGewV) werden Umweltqualitätsnormen für eine Reihe

von Bioziden und PSM-Wirkstoffen, darunter auch für seit Jahren in Deutschland nicht mehr zugelassene Substanzen wie Atrazin und Simazin, genannt [5.5].

Biozid- und PSM-Analysen erfolgten im Rahmen der Ruhrlängsuntersuchungen in den Monaten April bis Oktober sowie ganzjährig an zwei weiteren Probenahmestellen innerhalb der zeitlich dichten Ruhrüberwachung bei Essen-Rellinghausen und Essen-Werden. Insgesamt wurden im Jahr 2011 ca. 950 Analysen vorgenommen. Diese umfassen Phenoxycarbonsäuren, verschiedene stickstoff- und phosphorhaltige Substanzen sowie Chlorpestizide (Tabelle 5.1).

An der Probenahmestelle Essen-Rellinghausen wurden im Berichtszeitraum in ca. 15 % der untersuchten Proben Konzentrationen oberhalb der jeweiligen Bestimmungsgrenze (von 0,001 µg/l bis 0,025 µg/l) analysiert (Bild 5.4). Nachgewiesen wurden die Wirkstoffe Terbutryn, Terbuthylazin und Mecoprop. Das Biozid Terbutryn zählt zu den 15 Verbindungen, die im Zuge der Überarbeitung der Liste prioritärer Stoffe von der Europäischen Kommission zusätzlich zu den bereits aufgeführten 33 Stoffen im Januar 2012 vorgeschlagen wurden. Die empfohlenen Umweltqualitätsnormen von 0,065 µg/l für das Jahresmittel sowie von 0,34 µg/l für die zulässige Höchstkonzentration wurden bei Essen-Rellinghausen in den letzten Jahren nicht überschritten. Auch im Rahmen der Ruhrlängsuntersuchungen waren in den letzten Jahren keine Überschreitungen dieser noch nicht geltenden Umweltqualitätsnormen festzustellen.

[5.2] <http://www.bisphenol-a.org/>

[5.3] Moltmann, J. F., Liebig, M., Knacker, Th.: Abschlussbericht F+E-Vorhaben – FKZ 20524205, Gewässerrelevanz endokriner Stoffe und Arzneimittel, 2007

[5.4] <http://www.hlug.de/start/wasser/fließgewaesser-chemie/spurenstoffe/weitere-spurenstoffe/bisphenol-a.html>

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

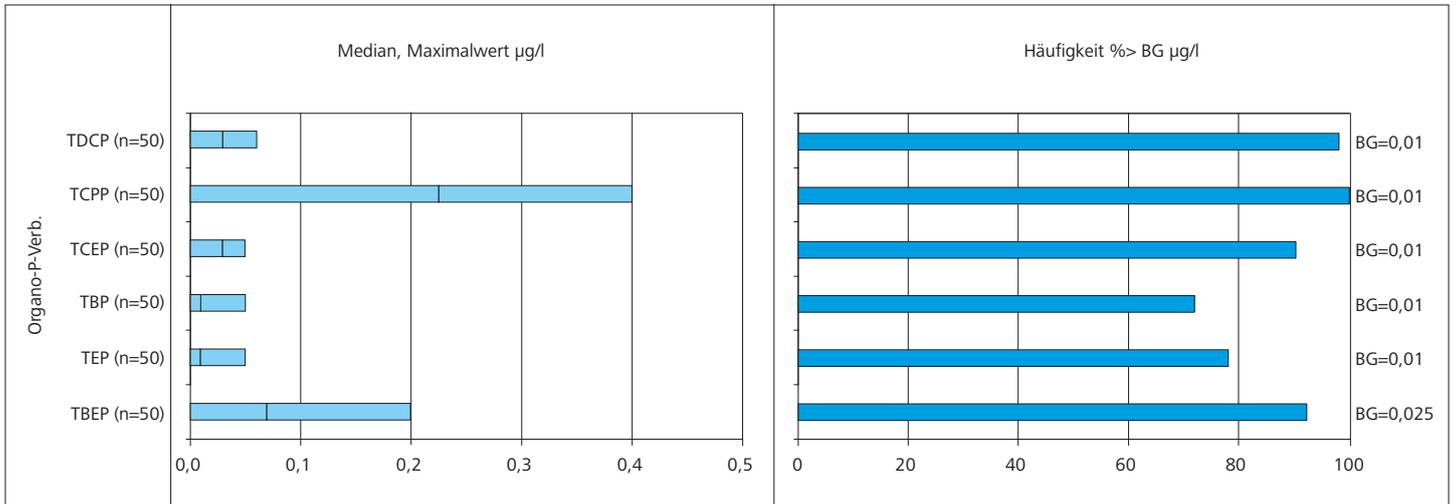


Bild 5.5: Häufigkeiten, Median- und Maximalkonzentrationen ausgewählter Phosphororganischer Spurenstoffe in der Ruhr bei Essen-Rellinghausen (BG=Bestimmungsgrenze)

Fig. 5.5: Frequencies, median and maximum concentrations of selected organic phosphorus trace substances in the Ruhr at Essen-Rellinghausen (BG = quantification limit)

Phosphororganische Flammschutzmittel und Weichmacher

Der weltweite Verbrauch an Flammschutzmitteln wird mit 1,14 Millionen t pro Jahr angegeben. Etwa 20 % davon entfallen auf phosphororganische Verbindungen [5.6], deren wichtigster Vertreter, das halogenierte Alkylphosphat Tris-(2-chlorisopropyl)-phosphat (TCPP), in der EU einen jährlichen Verbrauch von 38.000 t aufweist [5.7].

Die stofflichen Eigenschaften der Phosphorsäureester erlauben ihre Verwendung sowohl als Weichmacher als auch als Flammschutzmittel in verschiedenen Kunststoffprodukten. Die technischen Anwendungsmöglichkeiten, die sich aus der Kombination beider Eigenschaften ergeben, sind sehr vielfältig. Zu nennen ist vor allem der Einsatz in Polyurethan-Werkstoffen der Möbel-, Textil-, Automobil- und Bauindustrie sowie in Kunststoffen für Gerätebauteile (PCs, Drucker, Monitore). Die Stoffe gelangen unter anderem durch Emissionen während der Fertigung sowie der Verwendung der Produkte aus Polyurethandämm- und -baustoffen in Oberflächengewässer und in die Umwelt.

Das Untersuchungsprogramm zur Prüfung Phosphororganischer Flammschutzmittel und Weichmacher (P-FSM) umfasst die zehn wichtigsten Einzelverbindungen dieser Stoffgruppe (Tabelle 5.1), wobei sechs Substanzen in der Ruhr regelmäßig nachgewiesen werden. Dazu gehören TCPP, TCEP (Tris-(2-chlorethyl)-phosphat), TBEP (Tris(2-butoxyethyl)phosphat), TDCP (Tris(1,3-dichloroisopropyl)phosphat), TBP (Tributylphosphat) und TEP (Triethylphosphat). In Bild 5.5 sind die Häufigkeiten, Median- und Maximalkonzentrationen in der Ruhr bei Essen-Rellinghausen dargestellt. Mit Ausnahme von TBP und TEP wurden die Phosphororganischen Flammschutzmittel und Weichmacher in allen untersuchten Proben nachgewiesen. Die schon erwähnten hohen Einsatzmengen an TCPP spiegeln sich in den vergleichsweise hohen Gehalten

dieses Stoffes im Ruhrwasser wider. Die mediane Konzentration lag mit 0,23 µg/l bei Essen-Rellinghausen etwa in der Größenordnung der Vorjahre. Dennoch scheinen in den letzten Jahren die TCPP-Konzentrationen in der Ruhr geringfügig anzusteigen (Bild 5.6). Demgegenüber ist seit 2004 ein kontinuierlicher Rückgang der TCEP-Konzentrationen zu beobachten. TCEP wird seit Ende der 1990er Jahre aufgrund seiner ungünstigen ökotoxikologischen Eigenschaften vorrangig in Polyurethanschäumen durch TCPP ersetzt. TCPP gehörte mit einer Jahresfracht von 0,31 t bei Essen-Rellinghausen zu den Substanzen mit relativ hohen Transportraten (Bild 5.7). Die Untersuchungen im Längsverlauf der Ruhr zeigen auf dem Fließweg eine stetige Zunahme der TCPP-Konzentra-

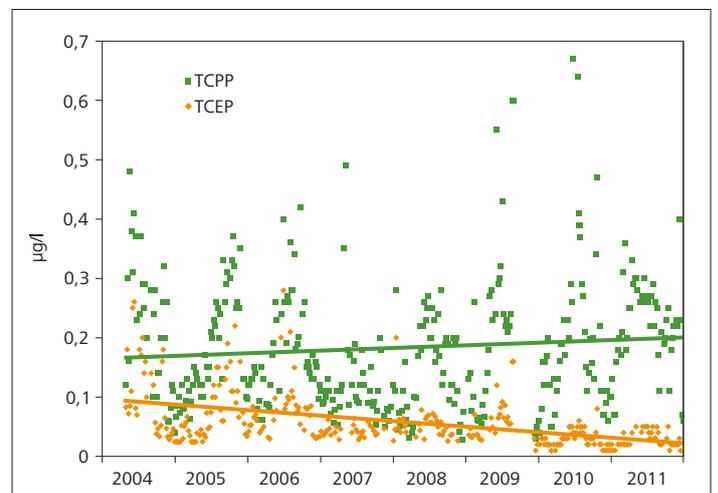


Bild 5.6: Entwicklung der TCPP- und TCEP-Konzentrationen an der Probenahmestelle „Essen-Rellinghausen“, 2004 bis 2011

Fig. 5.6: Development of TCPP and TCEP concentrations at the sampling point Essen-Rellinghausen, 2004 to 2011

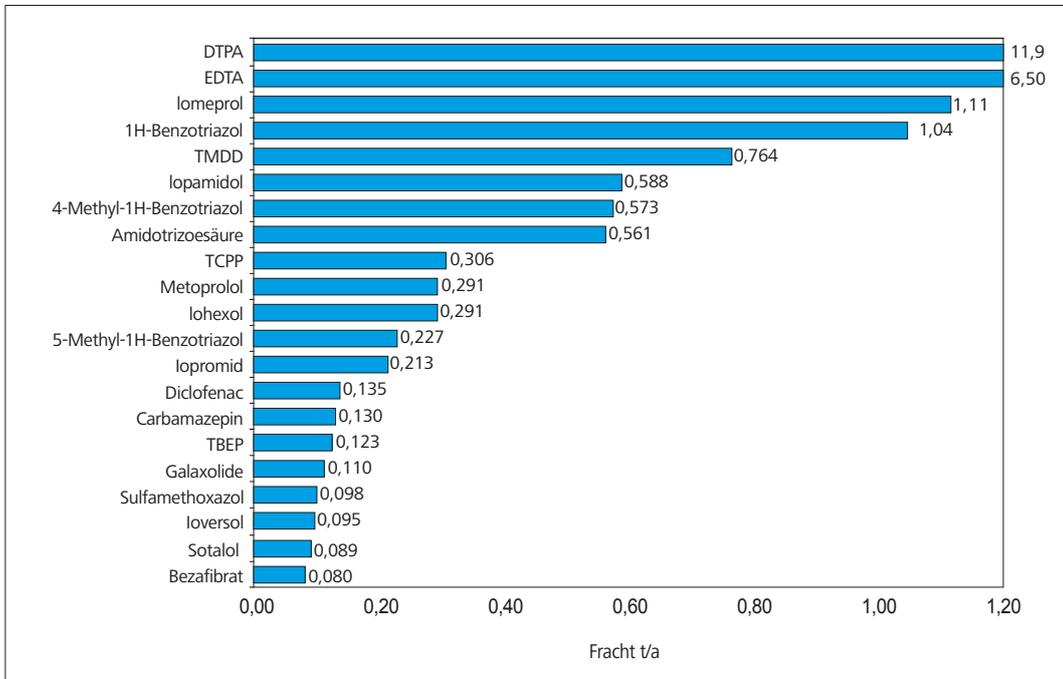


Bild 5.7: Jahresfrachten ausgewählter organischer Mikroverunreinigungen bei Essen-Rellinghausen

Fig. 5.7: Annual loads of selected organic micropollutants at Essen-Rellinghausen

tionen. Die Ergebnisse der Ruhrlängsuntersuchungen sind anhand der Median-, Minimal- und Maximalkonzentrationen sowie der 10- und 90-Perzentile in Bild 5.8 grafisch dargestellt.

Gegenüber den halogenierten Alkylphosphaten wird TBEP ausschließlich als Weichmacher vorrangig in Bodenpflegemitteln verwendet. Die Konzentrationen erreichten bei Essen-Rellinghausen im Median 0,07 µg/l und übertrafen mit Ausnahme des TCP alle übrigen P-FSM (Bild 5.5).

Im Längsverlauf der Ruhr war TBEP vereinzelt schon an der Messstelle „unterhalb Quelle“ (Fluss km 217,7) nachweisbar. Die medianen Konzentrationen erreichten innerhalb der 13 durchgeführten Längsuntersuchungen bei Fluss km 80,66 ein Maximum von 0,08 µg/l (Bild 5.8).

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

TMDD gehört zu den nicht-ionischen Tensiden mit einem breiten Anwendungsbereich. Die Substanz wird als Dispersionsmittel in Farbstoffen, in wasserlöslichen Lacken, Textilfarben, Metallreinigern und anderen Reinigungsmitteln sowie als Entschäumungsmittel in Zementadditiven und Pestiziden sowie in Druckertinten eingesetzt. TMDD ist von geringer bis mäßiger Toxizität, was sicherlich die breite Verwendung auch in Konsumgütern bedingt. Mit einem jährlichen Produktionsvolumen in den USA (1981) von 1,36 Mio t gehört TMDD zu den so genannten High Production Volume Chemicals [5.8]. Der Eintrag in Fließgewässer erfolgt vorrangig über die Einleitung gereinigter Abwässer. Nähere Betrachtungen zur Emissionssituation von TMDD und weiterer organischer Mikroverunreinigungen werden in Kapitel 6 „Mikroverunreinigungen im Ablauf kommunaler Kläranlagen“ vorgenommen.

Die Untersuchungen auf TMDD wurden ganzjährig (n=35) in Essen-Rellinghausen und im Rahmen der Ruhrlängsuntersuchungen durchgeführt. In Essen-Rellinghausen war das Tensid in allen untersuchten Proben nachweisbar. Die mediane Konzentration betrug an dieser Probenahmestelle 0,59 µg/l. Der Maximalwert von 1,2 µg/l, der im Mai bei Niedrigwasser auftrat, ist mit den höchsten Gehalten deutscher Fließgewässer, z. B. des Rheins (1,026 µg/l bis 1,330 µg/l) vergleichbar [5.9]. Untersuchungen von hessischen Fließgewässern im Jahr 2009 ergaben stark schwankende TMDD-Konzentrationen von 0,011 µg/l bis 27 µg/l [5.10].

- [5.6] Metzger, J. W., Möhle, E.: *Flammschutzmittel in Oberflächengewässern, Grundwässern, und Abwässern – Eintragspfade und Gehalte, abrufbar in: Fachdokumentendienst FADO des Landesamtes für Umwelt, Messungen und Naturschutz Baden-Württemberg, Schlussberichte 2001*
- [5.7] Kemmlin, S., Hahn, O., Jann, O.: *Emissionen von Flammschutzmitteln aus Bauprodukten und Konsumgütern. Forschungsbericht 299 65 321 im Auftrag des Umweltbundesamtes, Berlin 2003*
- [5.8] Gehring, M., Vogel, D., Bilitewski, B.: *Belastung von Recycling-Toilettenpapier aus verschiedenen Ländern mit 2,4,7,9-Tetramethyl-5-decyn-4,7-diol (TMDD) und den endokrin aktiven Stoffen Bisphenol A, 4-tert-Octylphenol, technischem 4-Nonylphenol und Pentachlorphenol. In: Bilitewski, B., Werner, P., Gehring, M. J.: Beiträge zu Abfallwirtschaft und Altlasten Bd. 61, Dresden 2009*
- [5.9] Guedez, A., Frömmel, S., Diehl, P., Püttmann, W.: *Occurrence and temporal variations of TMDD in the river Rhine, Germany. In: Environ Sci Pollut Res 17/2010, S. 321-330*
- [5.10] Guedez, A., Püttmann, W.: *TMDD in Fließgewässer Hessens. In: Abstractband der 4. Gemeinsamen Jahrestagung der GDCh-Fachgruppe Umweltchemie und Ökotoxikologie und der Society of Environmental Toxicology and Chemistry Europe (German-Language Branch) e.V. (SETAC GLB), 6. – 9. September 2010, Dessau, Rosslau*

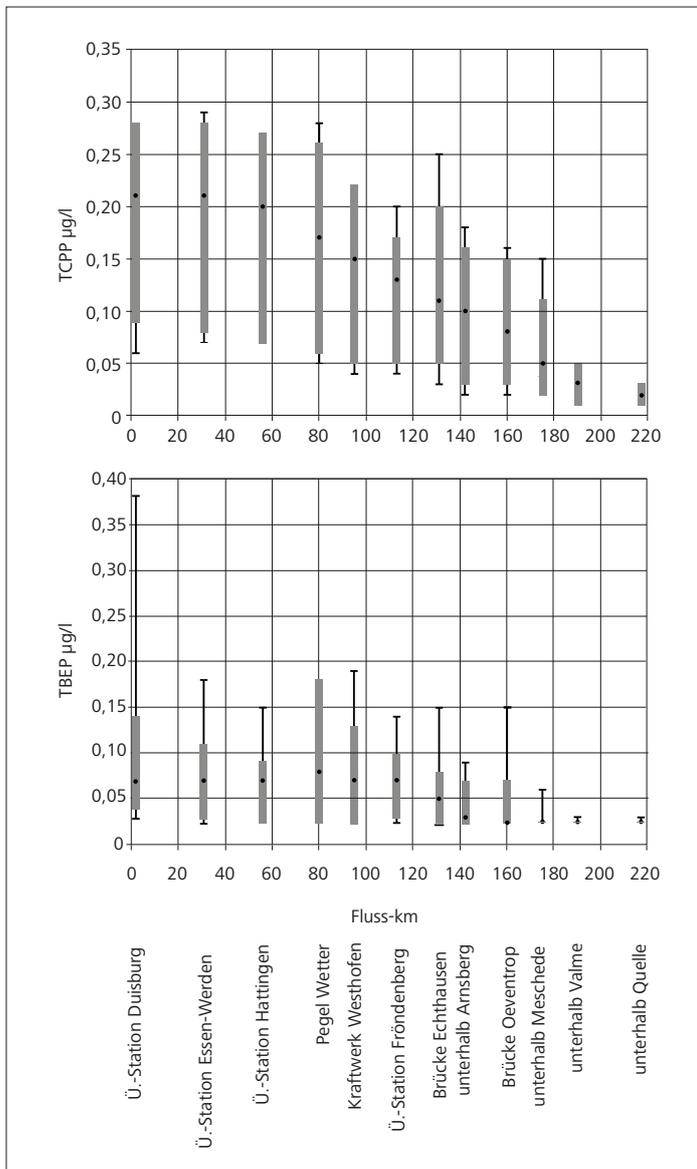


Bild 5.8: Ruhrlängsuntersuchungen 2011, statistische Daten Phosphorflammschutzmittel und Weichmacher
 Fig. 5.8: Examinations along the Ruhr in 2011, statistical data, organic phosphorus flame retardants and softeners

Die in Bild 5.9 dargestellte Entwicklung der seit 2009 gemessenen Konzentrationen bei Essen-Rellinghausen zeigt relativ starke Schwankungen der Gehalte von 0,03 µg/l bis 1,34 µg/l mit einer ausgeprägten Abhängigkeit der Werte vom jeweiligen Abfluss der Ruhr. Eine höhere Wasserführung führte, offensichtlich bedingt durch eine Verdünnung, zu sinkenden TMDD-Konzentrationen im Ruhrwasser.

Im Längsverlauf der Ruhr wurde, wie in den Vorjahren bei km 160,7, ein starker Anstieg der TMDD-Konzentration beobachtet (Bild 5.10). Hier ist ursächlich der Ablauf der Kläranlage Arnsberg-Wildshausen zu sehen (siehe auch Kapitel 6). Der höchste im

Längsverlauf der Ruhr gemessene TMDD-Wert übersteigt mit 2,0 µg/l nur unwesentlich die Maxima der Vorjahre.

Aus den TMDD-Gehalten in Essen-Rellinghausen und dem jeweiligen Durchfluss am Pegel Hattingen errechnet sich für 2011 eine Jahresfracht von 0,76 t. Damit zählt TMDD zu den Mikroverunreinigungen mit den höchsten Frachten in der Ruhr (Bild 5.7).

Synthetische Komplexbildner

Synthetische Komplexbildner werden in vielfältiger Weise in Industrie, Gewerbe und privaten Haushalten als Bestandteil von Wasch- und Reinigungsmitteln eingesetzt. Aufgrund der hohen Persistenz sind diese Stoffe allerdings im Hinblick auf die Trinkwassergewinnung trotz ihrer humantoxikologischen Unbedenklichkeit kritisch zu beurteilen. Für die Ruhr sind vor allem EDTA und DTPA aufgrund der hohen Frachteinträge durch industrielle Einleitungen und der im Gegensatz zum NTA biologisch schwereren Abbaubarkeit von großer Bedeutung. In der Langzeitbetrachtung der letzten zwei Jahrzehnte verringerte sich die Jahresfracht für EDTA und DTPA wesentlich (Bild 5.11), dennoch wiesen die Substanzen mit 11,9 t/a für DTPA und 6,5 t/a für EDTA im Berichtszeitraum die mit Abstand höchsten Transportraten von organischen Mikroverunreinigungen in der Ruhr auf (Bild 5.7).

Die Untersuchungen im Längsverlauf der Ruhr belegen erneut zwei durch Einleiter der papierverarbeitenden Branche verursachte Hauptbelastungsschwerpunkte, an denen sowohl die DTPA- als auch die EDTA-Werte stark ansteigen (Bild 5.12). Der Zielwert der Arbeitsgemeinschaft der Wasserwerke an der Ruhr von 10 µg/l (90-Perzentil) wurde für DTPA im Rahmen der 13 durchgeführten Ruhrlängsuntersuchungen in der unteren Ruhr überschritten.

In Bild 5.13 werden die Häufigkeiten von Werten oberhalb der Bestimmungsgrenze sowie die Median- und Maximalkonzentrationen der wichtigsten Synthetischen Komplexbildner an der Probenahmeestelle Essen-Rellinghausen dargestellt.

Arzneimittelrückstände und Diagnostika

In den letzten Jahren nahm die Zahl von Publikationen über Rückstände von Arzneimittelwirkstoffen und Diagnostika sowohl aus der Human- als auch aus der Veterinärmedizin in der aquatischen Umwelt stetig zu. Nicht zuletzt durch die Verbesserung der analytischen Möglichkeiten steigt die Anzahl der gefundenen Stoffe immer weiter an. Etwa 150 Arzneimittelwirkstoffe wurden bislang in Oberflächengewässern, in Sedimenten, im Grundwasser und in Böden nachgewiesen [5.11]. Die gemessenen Konzentrationen der Arzneimittelwirkstoffe in der Umwelt liegen in der Regel weit unterhalb der therapeutischen Dosen. Über eventuelle ökotoxikologische Folgen der zwar vergleichsweise geringen, aber permanenten Belastung der Gewässer mit Arzneimittelrückständen ist noch wenig bekannt [5.11].

In Deutschland sind etwa 9.500 Arzneimittelpräparate mit ca. 3.000 verschiedenen Wirkstoffen zur Anwendung beim Menschen zugelassen. Von den etwa 3.000 Wirkstoffen wurden 111 auf-

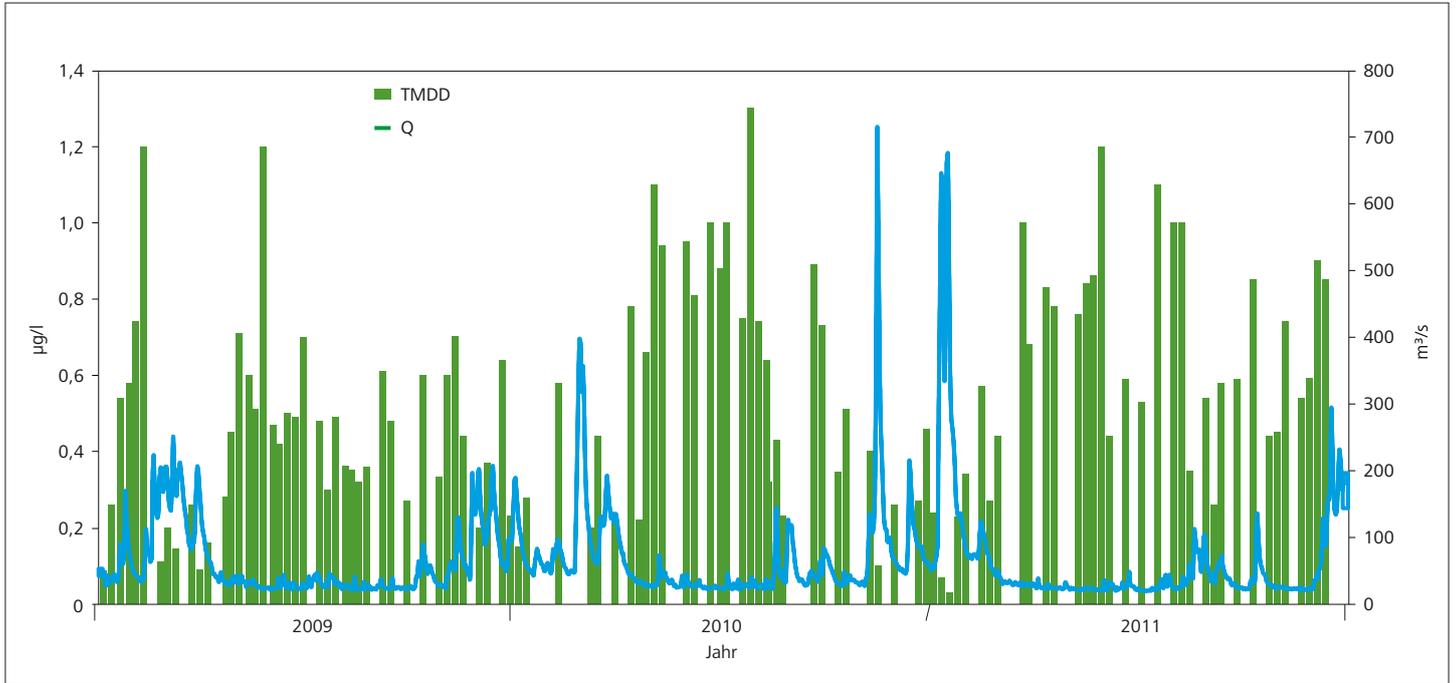


Bild 5.9: Entwicklung der TMDD-Konzentrationen im Zeitraum 2009 bis 2011, Wasserführung der Ruhr Pegel Hattingen
 Fig. 5.9: Development of TMDD concentrations from 2009 to 2011, Ruhr river flow at the gauging station Hattingen

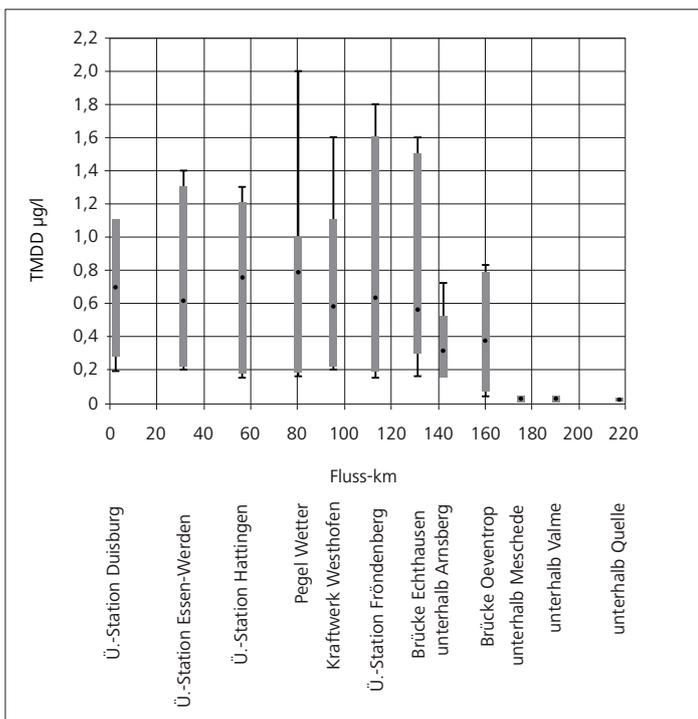


Bild 5.10: Ruhrlängsuntersuchungen 2011, statistische Daten TMDD
 Fig. 5.10: Examinations along the Ruhr 2011, statistical data TMDD

grund der Verkaufsmengen und nach den Ausschlusskriterien der Europäischen Arzneimittelagentur (EMA) für eine Umweltrisikobewertung als potenziell relevant eingestuft. Beispielsweise gehört das Analgetikum und Antiphlogistikum Ibuprofen mit einem Jahresverbrauch 2001 von über 344 t in Deutschland zu den Wirkstoffen mit den höchsten Einsatzmengen. Weitere Beispiele für Substanzen mit einem Verbrauch von mehr als 50 t/a sind das Antibiotikum Sulfamethoxazol, das Antiepileptikum Carbamazepin, das Antiphlogistikum Diclofenac und das Antihypertonikum Metoprolol [5.12].

Ausgewählte Substanzen des Untersuchungsprogramms in 2011 sind in Tabelle 5.1 aufgeführt. Im Berichtsjahr wurden weitere drei Arzneimittelrückstände bzw. deren Metaboliten in das Messprogramm aufgenommen, welche mittels flüssigchromatographischer Tandem-Massenspektrometrie analysiert werden. Die Strukturen dieser Substanzen sind in Bild 5.14 dargestellt.

Der das zentrale Nervensystem (ZNS) stimulierende Wirkstoff Methylphenidat wird hauptsächlich zur Behandlung des Aufmerksamkeitsdefizit-Hyperaktivitätssyndrom (ADHS) oder der Narkolepsie eingesetzt. Methylphenidat wird im Körper durch Esterspaltung zu

[5.11] <http://www.umweltbundesamt.de/chemikalien/arzneimittel/index.htm> (Zugriff Februar 2012)

[5.12] Sachverständigenrat für Umweltfragen, Stellungnahme Nr. 12: „Arzneimittel in der Umwelt“ (2007), <http://www.umweltrat.de>, 2007_Stellung_Arzneimittel_in_der_Umwelt.pdf

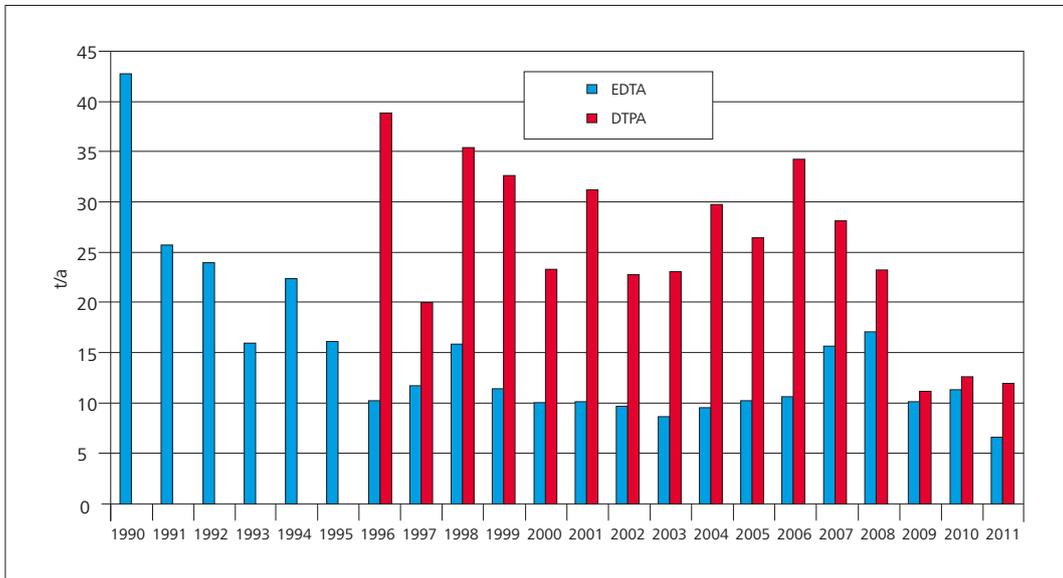


Bild 5.11: Verlauf der EDTA und DTPA-Frachten seit 1990 in der Ruhr bei Essen-Rellinghausen
 Fig. 5.11: Development of EDTA and DTPA loads since 1990 in the Ruhr at Essen-Rellinghausen

der pharmakologisch gering aktiven Ritalinsäure, dem Hauptmetaboliten, abgebaut [5.13]. Zwischen 78 und 97 % der verabreichten Methylphenidatmenge werden über den Urin als Ritalinsäure ausgeschieden. In Deutschland stiegen in den letzten Jahren die Verordnungszahlen von 34 kg im Jahr 1993 auf 1,2 t im Jahr 2006 [5.14]. Das Antibiotikum Sulfamethoxazol aus der Gruppe der Sulfonamide wird im Körper in einem Acetylierungsschritt zu seinem Hauptmetaboliten (50 bis 70 %, [5.15]), dem Acetyl-Sulfamethoxazol, umgewandelt.

Das frei verkäufliche Schmerzmittel Paracetamol aus der Gruppe der Aminophenolderivate ist bei Fieber und leichten bis mäßigen Schmerzen wirksam und eignet sich auch bei Säuglingen und Kindern zur Therapie [5.13]. Um die ökotoxikologischen Folgen der Arzneimittelrückstände und deren Abbauprodukte in der Umwelt abschätzen zu können, werden Untersuchungen zum Verhalten der Substanzen bei der Abwasserreinigung durchgeführt. Studien des Bayerischen Umweltamtes haben gezeigt, dass die im Körper gebildeten Metaboliten keine deutliche Veränderung im Abbauverhalten gegenüber der Ausgangssubstanz aufweisen. Des Weiteren werden die entstandenen Stoffe in den Kläranlagen zum Teil zu den Arzneimitteln retransformiert [5.16]. Für den Metaboliten Acetyl-Sulfamethoxazol konnte ein schneller Abbau beobachtet werden (> 95 %), jedoch entsteht in der Kläranlage bei diesem Schritt teilweise wieder das Sulfamethoxazol selbst [5.16].

In der Ruhr bei Essen-Rellinghausen wurden die Untersuchungen auf die iodierten Röntgenkontrastmittel Amidotrizoesäure, Iomeprol, Ioversol, Iopromid, Iohexol und Iopamidol fortgeführt. Eine Übersicht zu den Häufigkeiten der Befunde oberhalb der Bestimmungsgrenze von 0,04 µg/l sowie den Median- und Maximalkonzentrationen findet sich in Bild 5.15.

Mit Ausnahme des Ioversols sind die übrigen Diagnostika in über 85 % der Proben in Essen-Rellinghausen nachweisbar. Für das

Iomeprol wurden die höchsten Konzentrationen gemessen, wobei im April mit 2,3 µg/l der Maximalbefund auftrat. Bereits im Vorjahr stellte dieses Röntgenkontrastmittel die Substanz mit den höchsten Konzentrationen dar. Im Vergleich der Gehalte aus dem Jahr 2010 mit denen aus 2011 fällt für die untersuchten Diagnostika eine Zunahme der Maximalkonzentrationen für das Iopamidol (2010: 0,78 µg/l, 2011: 1,3 µg/l) auf. Eine Abnahme der analysierten Maximalbefunde ist für das Ioversol und das Iopromid zu beobachten. Die Gegenüberstellung der Mediankonzentrationen der untersuchten Röntgenkontrastmittel aus dem aktuellen Jahr zum Vorjahr zeigt eine Erhöhung der Werte für alle Stoffe mit Ausnahme des Ioversols.

Im Längsverlauf der Ruhr werden im mittleren und unteren Bereich für alle Diagnostika Gehalte oberhalb der Bestimmungsgrenze beobachtet, wobei die Werte durch den zunehmenden Abwasseranteil ansteigen. Der stetige Anstieg der Medianwerte für Amidotrizoesäure, Iomeprol und Iopamidol im Ruhrlängsverlauf ist in Bild 5.16 zu erkennen. Dabei wird die teilweise starke Zunahme der Werte im unteren Bereich der Ruhr deutlich.

Iopamidol zeigt einen ungleichmäßigen Verlauf der Medianwerte, die im Bereich der oberen Ruhr nur langsam ansteigen, bei Menden etwa 0,5 µg/l erreichen und im Verlauf der unteren Ruhr auf etwa 0,65 µg/l weiter anwachsen (siehe Bild 5.16). Die Röntgenkontrastmittel Iomeprol, Iopamidol und Amidotrizoesäure weisen, wie auch in den Vorjahren, die höchsten Jahresfrachten der untersuchten Diagnostika und Arzneimittel auf. So wurden 2011 bei Essen-Rellinghausen 1,11 t Iomeprol, 0,59 t Iopamidol und 0,56 t Amidotrizoesäure transportiert (Bild 5.7).

In Bild 5.17 sind die Median- und Maximalkonzentrationen sowie die Häufigkeiten der Befunde oberhalb der Bestimmungsgrenze von 0,01 µg/l für die untersuchten Arzneimittelrückstände dargestellt. Mit Ausnahme des Schmerzmittels Paracetamol, der Clofi-

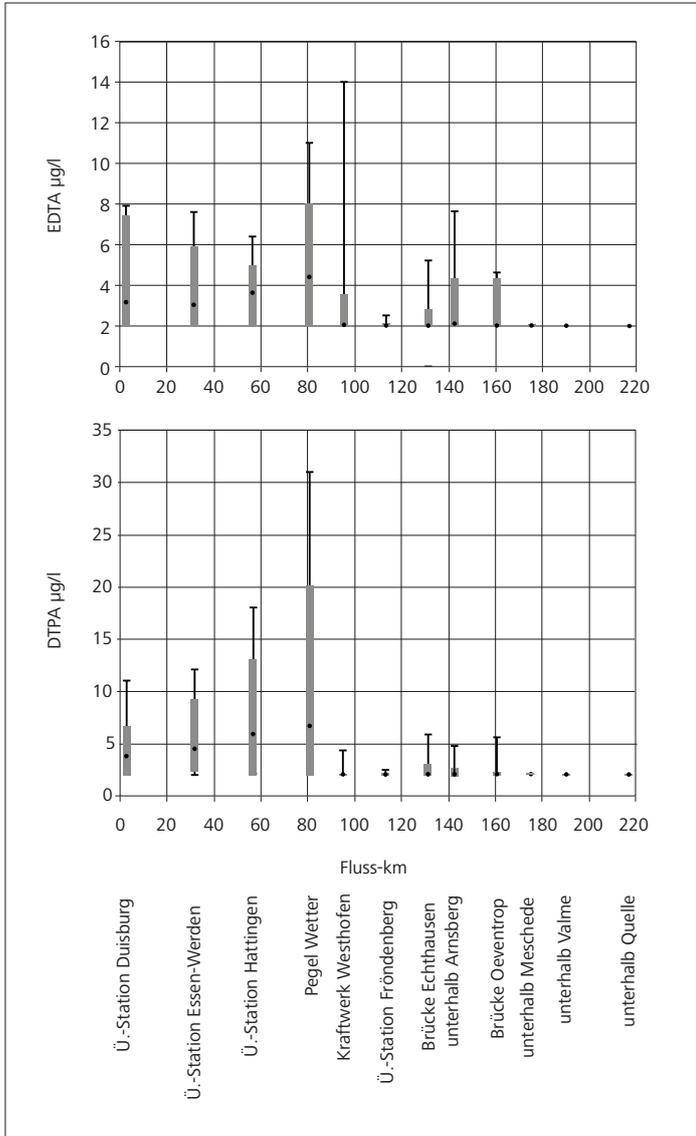


Bild 5.12: Ruhrlängsuntersuchungen 2011, statistische Daten Komplexbildner
 Fig. 5.12: Examinations along the Ruhr in 2011, statistical data, complexing agents

brinsäure, des Acetyl-Sulfamethoxazol und des Atenolol wurden die übrigen Wirkstoffe in allen Proben (n = 48) bei Essen-Rellinghausen über der Bestimmungsgrenze nachgewiesen. Die Maximalkonzentration für Metoprolol von 0,41 µg/l trat im November auf.

Mit 0,22 µg/l wurde im Dezember 2011 der Maximalwert für Diclofenac gemessen. Bei dem Antiphlogistikum bestätigt sich auch die jahreszeitliche Abhängigkeit der Gehalte, die im Winterhalbjahr im Vergleich zum Sommer teilweise um mehr als 50 % höher liegen [5.17]. Paracetamol wurde mit der Maximalkonzentration von 0,22 µg/l im Oktober 2011 bestimmt. Für Ritalinsäure traten bei Essen-Rellinghausen Medianwerte von 0,034 µg/l und eine Maximalkonzentration von 0,067 µg/l auf. Im Längsverlauf der Ruhr konnten alle Arzneimittelrückstände unterhalb der Valme nachgewiesen werden, was ein Hinweis auf relevante Einträge aus Kläranlagen ist.

Die Wirkstoffe Diclofenac und Paracetamol zeigen im Fließverlauf schwankende Werte, wobei in beiden Fällen die höchsten Gehalte im Bereich der unteren Ruhr (Pegel Wetter) auftraten. Die Gegenüberstellung der Sulfamethoxazol- und der Diclofenac-Medianwerte macht den unterschiedlichen Verlauf in Fließrichtung besonders deutlich (Bild 5.16), der beim Antibiotikum eine stetige Zunahme und beim Antiphlogistikum einen unregelmäßigen Verlauf aufweist.

Der Metabolit des Antibiotikums Sulfamethoxazol ist in Fließrichtung der Ruhr durch einen eher unregelmäßigen Konzentrationsverlauf gekennzeichnet. Der maximale Medianwert von 0,027 µg/l trat im Bereich der mittleren Ruhr bei Menden auf. Die Konzentra-

[5.13] Informationssystem CliniParm, <http://www.vetpharm.uzh.ch> (Zugriff Januar 2012)
 [5.14] Letzel, M., Weiß, K., Schüßler, W., Sengl, M., Arzneimittelmetaboliten in der Umwelt: Eintrag, Auftreten und Verbleib von Ritalinsäure im aquatischen System, Workshopbeitrag 2011, www.umweltbundesamt.de/11_poster-abstract_letzel_et_al.pdf
 [5.15] Clara, M., Gans, O., Humer, F., Weiß, S., Zieritz, I., Antibiotika im Grundwasser. Sondermessprogramm im Rahmen der Gewässerzustandsüberwachungsverordnung, Wien 2010, Reports Band 0258
 [5.16] Letzel, M., Weiß, K., Schüßler, W., Sengl, M., Arzneimittel und deren Metaboliten im Wasserkreislauf. In: Mitt Umweltchem Ökotox, 4/2010, S. 95-99
 [5.17] Ruhrverband: Organische Mikroverunreinigungen in der Ruhr. In: Ruhr-gütebericht 2010, Essen, S. 72-85

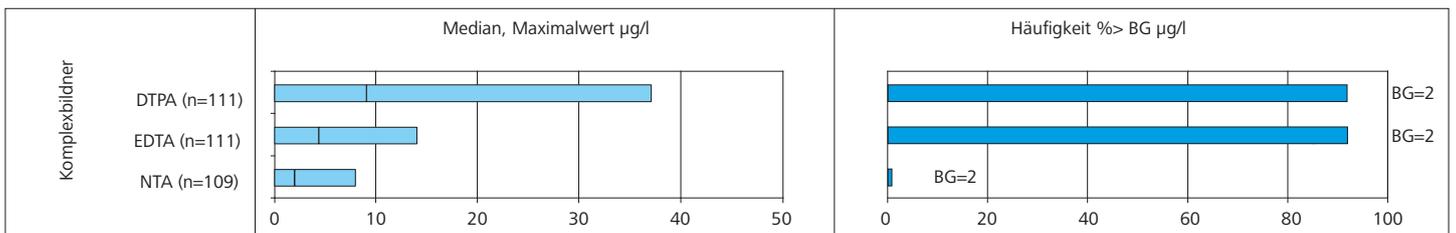


Bild 5.13 Häufigkeiten, Median- und Maximalkonzentrationen ausgewählter Komplexbildner in der Ruhr bei Essen-Rellinghausen (BG=Bestimmungsgrenze)
 Fig. 5.13: Frequencies, median and maximum concentrations of selected complexing agents in the Ruhr at Essen-Rellinghausen (BG = quantification limit)

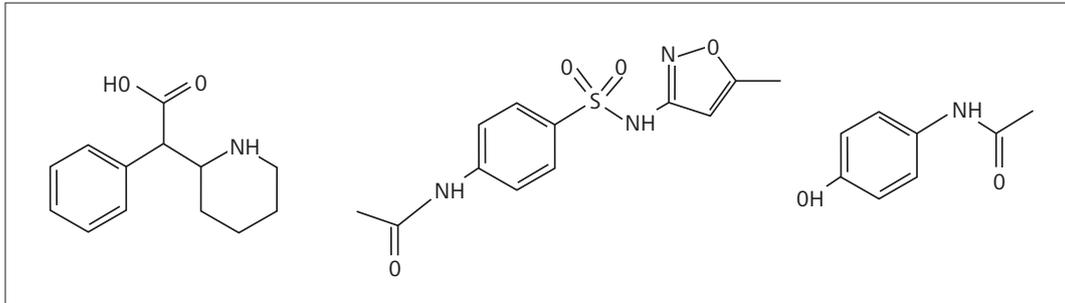


Bild 5.14: Strukturformeln der Metaboliten und des Wirkstoffs Paracetamol
 Fig. 5.14: Chemical structures of metabolites and the active ingredient paracetamol

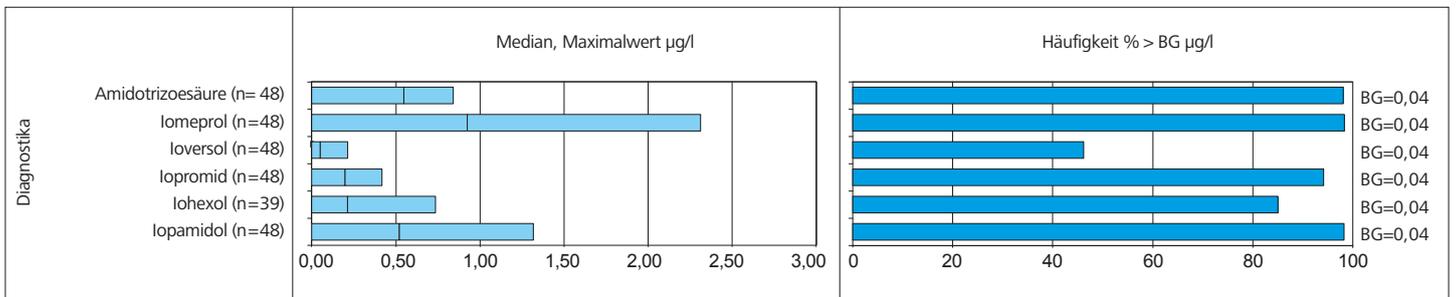


Bild 5.15: Häufigkeiten, Median- und Maximalkonzentrationen von Diagnostika in der Ruhr bei Essen-Rellinghausen (BG = Bestimmungsgrenze)
 Fig. 5.15: Frequencies, median and maximum concentrations of diagnostic agents in the Ruhr at Essen-Rellinghausen (BG = quantification limit)

tionsverläufe des Metoprolols und des Carbamazepins weisen in Fließrichtung einen nahezu gleichmäßigen Anstieg auf. Ritalinsäure offenbart einen interessanten Zuwachs der Konzentration in Fließrichtung, da die Werte erst im Bereich der unteren Ruhr merklich ansteigen. Die Befunde in der Ruhr sind mit den vom Bayerischen Landesamt für Umwelt veröffentlichten Mittelwerten in bayerischen Oberflächengewässern (Main, Regnitz) zwischen 0,004 und 0,023 µg/l in etwa vergleichbar [5.14]. Hinsichtlich der Jahresfrachten in der Ruhr bei Essen ragt das Arzneimittel Metoprolol mit 0,29 t heraus (Bild 5.7). Von den neu ins Messprogramm aufgenommenen Substanzen Acetyl-Sulfamethoxazol, Ritalinsäure und Paracetamol sind demgegenüber vergleichsweise geringe Jahresfrachten von lediglich etwa 0,04 t ermittelt worden.

Perfluorierte Tenside

Im Jahr 2006 wurde im Möhne- und Ruhrwasser eine bis zu diesem Zeitpunkt unbekannte Belastung mit PFT festgestellt. Ursache waren Elutionsvorgänge von kontaminierten Flächen vor allem im Einzugsgebiet der Möhne. Einträge aus metallbe- und -verarbeitenden Betrieben waren gegenüber der Kontamination aus dem Möhnegebiet von untergeordneter Bedeutung. Seit 2007 ist die PFT-Belastung der Gewässer rückläufig, weil kontaminierte Flächen saniert und auch gewerbliche Emissionen minimiert wurden. Heute befindet sie sich auf einem sehr niedrigen Niveau.

Die Konzentrationen haben in den betroffenen Gewässern weiter abgenommen. Der aktuelle Jahresdurchschnitt der PFT-Konzentration (PFOA + PFOS) von 47 ng/l im Hauptbecken der Möhnesperre ist im Vergleich zum Vorjahr um fast ein Viertel gesunken (Bild 5.18). Vergleichbares gilt auch für die Konzentrationen der

kürzerkettigen Verbindungen, die ebenfalls weiter rückläufig sind. Beispielsweise betrug das Jahresmittel für die Perfluorbutansäure lediglich 38 ng/l, im Vorjahr waren es noch 54 ng/l. Die entsprechenden Werte der Perfluorhexansäure sind von 30 auf 21 ng/l und der Perfluorbutansulfonsäure von 16 auf 12 ng/l gesunken. Die Konzentrationen der Perfluorpentansäure blieben fast ausnahmslos unter der Bestimmungsgrenze von 10 ng/l.

In der Ruhr bei Essen ist die durchschnittliche Konzentration für die Summe der beiden Hauptkomponenten PFOA und PFOS von 26 ng/l im Vergleich zum Vorjahr, als 28 ng/l ermittelt wurden, weiter gesunken. Der Maximalwert von 45 ng/l trat analog zu den Vorjahren während der abflussarmen Sommermonate auf (Bild 5.19), wenn der Anteil gereinigten Abwassers naturgemäß ansteigt. Etwa 80 % aller PFOA-Gehalte und 40 % aller PFOS-Gehalte blieben unterhalb der Bestimmungsgrenze von 10 ng/l. Von den kürzerkettigen Komponenten ist in der Ruhr bei Essen lediglich die Perfluorbutansulfonsäure zu nennen, die hier eine durchschnittliche Konzentration von 29 ng/l aufwies. Von den übrigen Verbindungen war lediglich die Perfluorbutansäure vereinzelt mit Werten oberhalb der Bestimmungsgrenze nachzuweisen. Seit 2010 hat sich das sehr niedrige Konzentrationsniveau für PFT in der Ruhr weiter stabilisiert. Eine Überschreitung des Trinkwasserzielwertes [5.18] von 100 ng/l für die Summe aus PFOA und PFOS, wie er zuletzt 2009 auftrat, ist heute nicht mehr zu erwarten.

[5.18] Vorläufige Bewertung von Perfluorierten Tensiden (PFT) im Trinkwasser am Beispiel ihrer Leitsubstanzen Perfluorooctansäure (PFOA) und Perfluorooctansulfonsäure (PFOS), Stellungnahme der Trinkwasserkommission des Bundesministeriums für Gesundheit (BMG) beim Umweltbundesamt vom 21. Juni 2006, überarbeitet am 13. Juli 2006

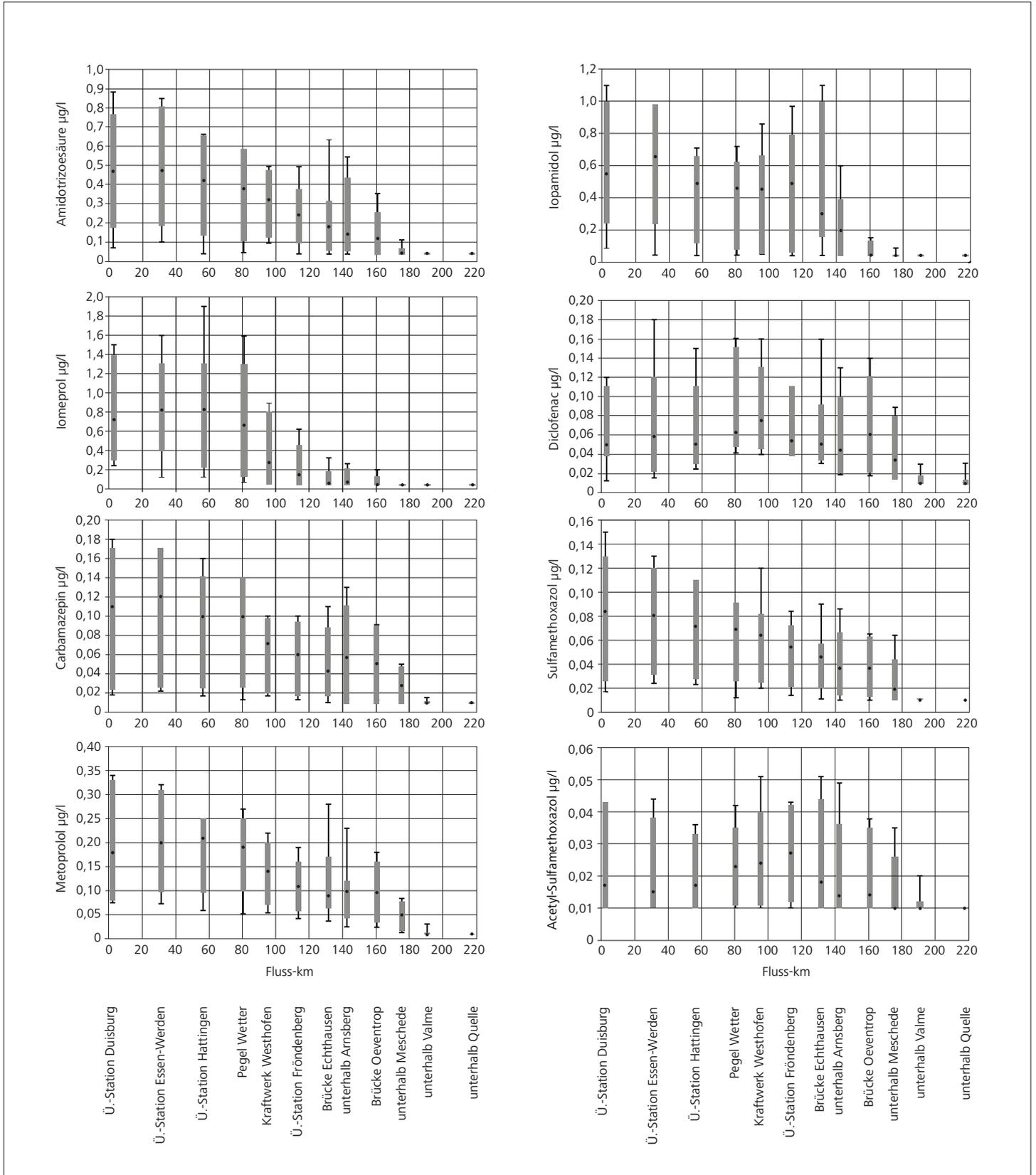


Bild 5.16: Ruhrlängsuntersuchung 2011, statistische Daten ausgewählter Arzneimittelwirkstoffe und Diagnostika
 Fig. 5.16: Examinations along the Ruhr in 2011, statistical data on selected pharmaceuticals and diagnostic agents

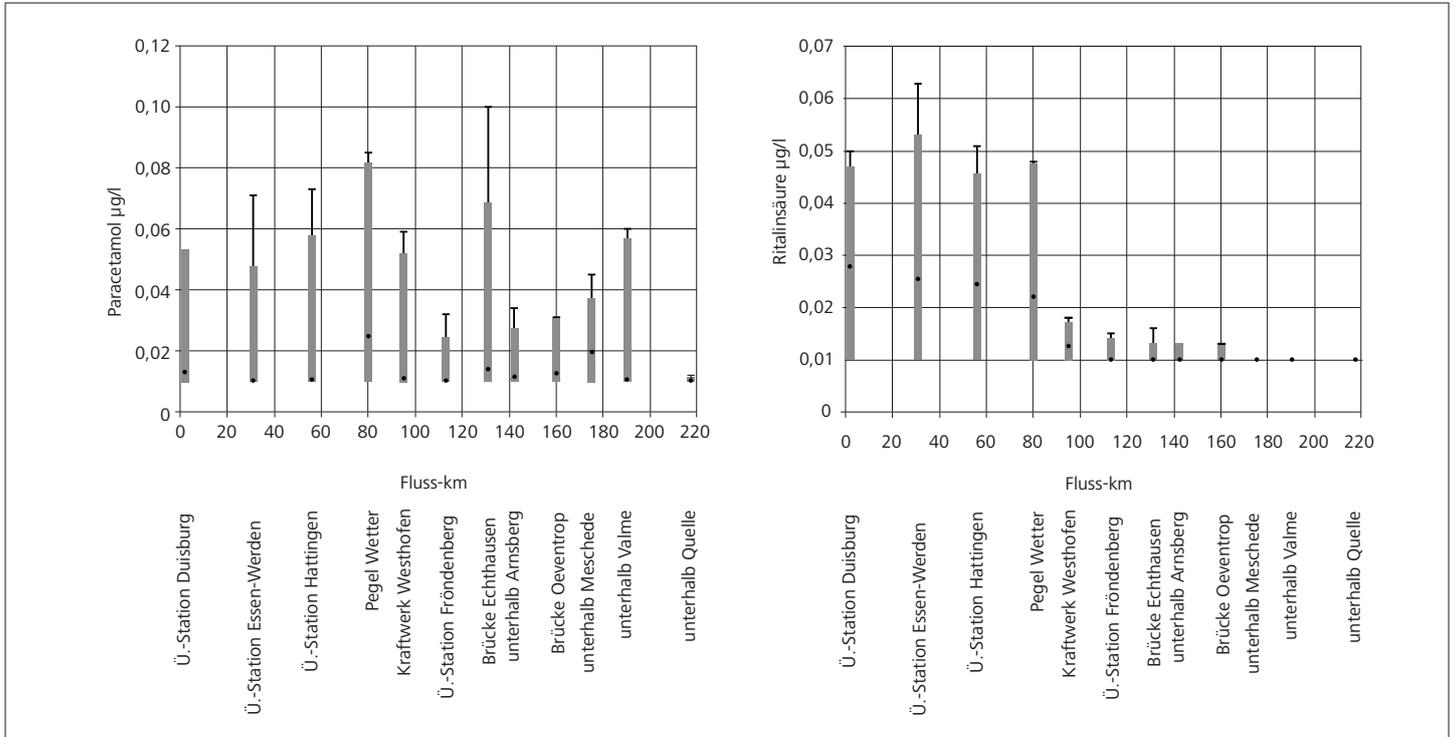


Bild 5.16: Ruhrlängsuntersuchung 2011, statistische Daten ausgewählter Arzneimittelwirkstoffe und Diagnostika
 Fig. 5.16: Examinations along the Ruhr in 2011, statistical data on selected pharmaceuticals and diagnostic agents

Frachtbetrachtung

Die PFT-Frachten an der Ruhrmündung haben seit Aufnahme der regelmäßigen Messungen im Jahr 2007 kontinuierlich abgenommen. Nachdem anfangs noch durchschnittlich 513 g/d PFT (PFOA + PFOS) in der Ruhr transportiert wurden, waren es im Jahr 2011 mit 148 g PFT noch lediglich 29 % der Anfangsfracht. Die jeweiligen Frachtanteile haben sich in diesem Zeitraum nur wenig ver-

ändert, da die PFT-Belastung in allen Herkunftsbereichen abgenommen hat (Bild 5.20).

Die im Vergleich zum Vorjahr weiter rückläufige Emission über die kommunalen Kläranlagen ist zum überwiegenden Teil drei Kläranlagen zuzuordnen. Im Ablauf der Kläranlage Werdohl sank die mittlere Tagesfracht an PFT (PFOA + PFOS) gegenüber 2010 um rund zwei Drittel, entsprechend 7,2 g. Ursachen sind hier der Ein-

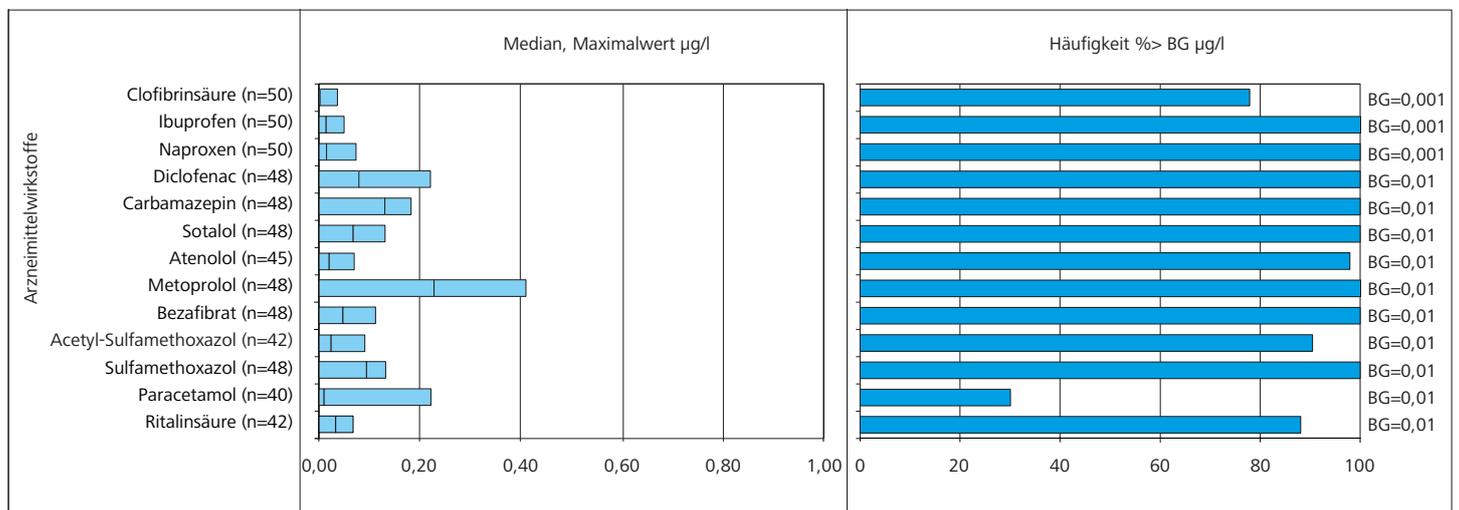


Bild 5.17: Häufigkeiten, Median- und Maximalkonzentrationen von Arzneimittelwirkstoffen in der Ruhr bei Essen-Rellinghausen (BG = Bestimmungsgrenze)
 Fig. 5.17: Frequencies, median and maximum concentrations of pharmaceuticals in the Ruhr at Essen-Rellinghausen (BG = quantification limit)

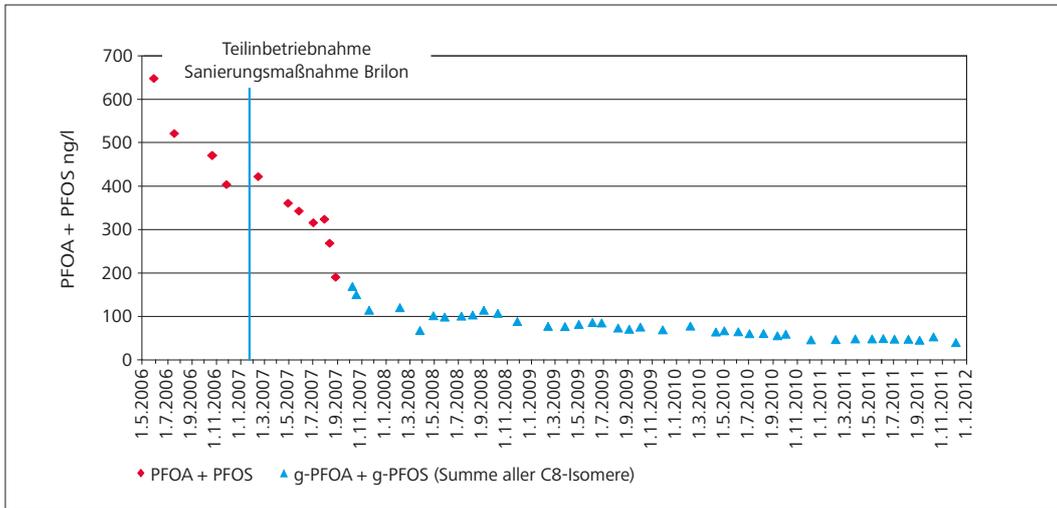


Bild 5.18: Konzentrationen an PFOA + PFOS in der Möhnetalsperre vor Mauer (Mittelwert aus Tiefenprofil)

Fig. 5.18: Concentrations of PFOA and PFOS in the Möhne Reservoir before the dam (mean from depth profile)

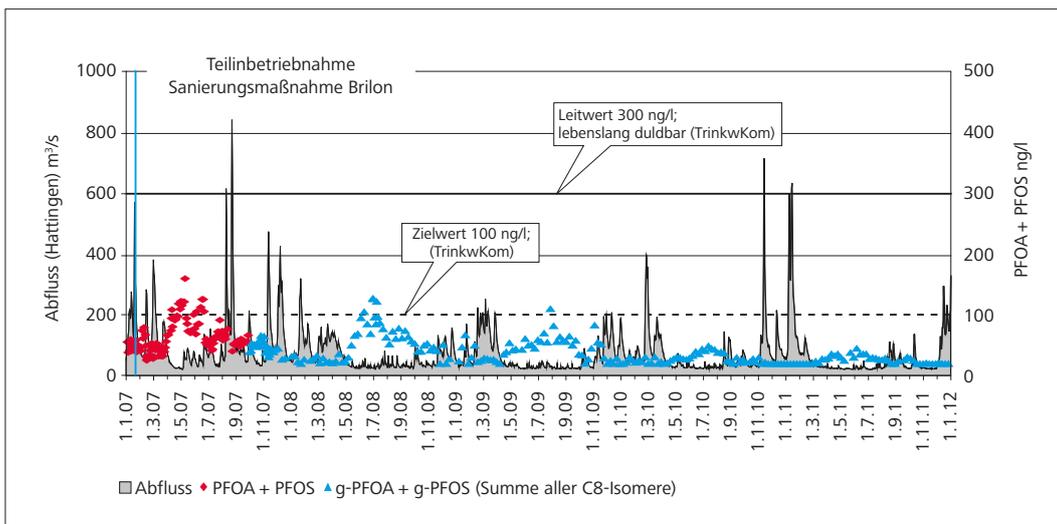


Bild 5.19: Konzentrationen an PFOA + PFOS und Abflüsse (Tagesmittel) in der Ruhr bei Essen

Fig. 5.19: Concentrations of PFOA and PFOS and runoffs (daily average) of the Ruhr at Essen

satz von Ionenaustauschern bei der gewerblichen Abwasserbehandlung sowie Verzicht und Substitution von PFT im Produktionsprozess. Auf der Kläranlage Rahmedetal sank die Emission aus den gleichen Gründen um rund 25 % auf 3,4 g/d. So konnte im Berichtsjahr eine Zunahme der Frachten an PFBS und H4-PFOS festgestellt werden, was für relevante Substitutionsmaßnahmen spricht. Eine Abnahme um 30 % ließ sich auf der Kläranlage Iserlohn-Baarbachtal feststellen. In Summe stehen die drei Kläranlagen für einen Frachtrückgang von etwa 12 g/d.

Zusammenfassend ist festzustellen, dass sich die Tendenz abnehmender PFT-Konzentrationen in Ruhr und Möhne im Jahr 2011 fortgesetzt hat. So betrug die durchschnittliche Konzentration in der Möhnetalsperre für die Summe der beiden Hauptkomponenten zuletzt lediglich 46 ng/l, in der Ruhr bei Essen waren es im Mittel 26 ng/l. Die Frachten an der Ruhrmündung sind von 513 g/d im Jahr 2007 um 71 % auf nunmehr 148 g/d gesunken.

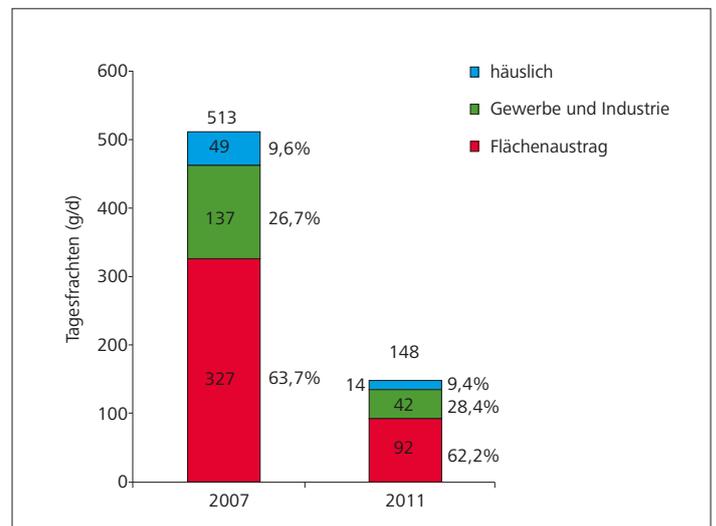


Bild 5.20: Herkunft der PFT-Frachten an der Ruhrmündung, 2007 und 2011

Fig. 5.20: Origin of PFC loads at the Ruhr's mouth, 2007 and 2011

Spezielle Untersuchungsprogramme

6 Mikroverunreinigungen im Ablauf kommunaler Kläranlagen

Einleitung

Organische Mikroverunreinigungen in Oberflächengewässern werden schon seit vielen Jahren untersucht und die Ergebnisse auch im Ruhrgütebericht vorgestellt (siehe Kapitel 5). Neben diffusen Einträgen und Mischwasserentlastungen stellen kommunale Kläranlagen einen weiteren Eintragspfad für diese Verbindungen in die Ruhr und ihre Nebengewässer dar. Aus diesem Grund werden in den letzten Jahren auch in den Abläufen der Verbandskläranlagen Untersuchungen auf Mikroverunreinigungen durchgeführt. Die hierbei gewonnenen Erkenntnisse sind auf der einen Seite für Frachtbilanzierungen und die Identifikation von Herkunftspfaden sowie für einen Vergleich von Immission und Emission von Interesse. Auf der anderen Seite werden viele organische Mikroverunreinigungen im Prozess der biologischen Abwasserreinigung nach geltenden Anforderungen nicht oder nur unzureichend eliminiert. Von den Behörden und in der Öffentlichkeit wird daher zunehmend die Frage nach der Etablierung einer vierten Reinigungsstufe gestellt. In Frage kommen hierfür z. B. die nachgeschaltete Oxidation mit Ozon oder der Einsatz von Aktivkohle – zwei Verfahren, die seit Mitte 2010 auf der Kläranlage Schwerte im Pilotversuch zur weitergehenden Abwasserbehandlung eingesetzt werden [6.1]. Vertiefte und integrale Kenntnisse über die Emission von Mikroverunreinigungen können in Ergänzung zu den Erkenntnissen aus eben diesem Testbetrieb als Argumentations- und Entscheidungshilfe in der aktuellen Diskussion dienen.

Ein erster Überblick über die Einleitungssituation wurde im Jahr 2007 durch die Untersuchung von sieben größeren Kläranlagen auf ausgewählte Leitkomponenten geschaffen [6.2]. Im Jahr 2009 erfolgte ein weiteres intensiveres Untersuchungsprogramm mit insgesamt rund 200 Proben aus den Abläufen aller Verbandskläranlagen [6.3], wobei der Fokus der Auswertung auf Leitparametern lag, die auch Schwerpunkt der „Arnsberger Vereinbarung“ sind [6.4]. Um einen aktuellen und hinsichtlich der Anzahl der Verbindungen umfassenderen Einblick in die Emissionssituation der Verbandskläranlagen zu erhalten, wurde im Jahr 2011 eine Monitoringuntersuchung in allen Kläranlagenabläufen durchgeführt. Während bei den vorangegangenen Untersuchungskampagnen nur wenige ausgewählte Stoffe analysiert wurden, waren im aktuellen Zeitraum 99 organische Mikroverunreinigungen Bestandteil der Untersuchungen. Das Monitoring erfasste dabei neun Flammschutzmittel, drei Benzotriazole, neun Tenside, fünf Konservierungsmittel, zehn perfluorierte Tenside, sechs Röntgenkontrastmittel und 57 Arzneimittelwirkstoffe. Letztere beinhalteten erstmals auch 26 Antibiotika. Im aktuellen Ruhrgütebericht werden die perfluorierten Tenside in Kapitel 5 thematisiert. Über die Benzotriazole wird ausführlich in Kapitel 7 berichtet. Diese beiden

Verbindungsklassen werden daher im Folgenden nicht weiter betrachtet.

Zur Charakterisierung der aktuellen Emissionssituation wurden im September 2011 in den Abläufen der 69 Verbandskläranlagen jeweils einmal durchflussproportionale 24-Stunden-Mischproben entnommen, wobei die Probenahmen überwiegend bei Trockenwetter erfolgten. Betrachtet man den relativen Abfluss Q/Q_t , also das Verhältnis von Abwassermenge am Untersuchungstag und Trockenwetterzufluss zur jeweiligen Kläranlage, so lag der Median während der Untersuchungen bei einem Verhältnis von 1,1. Lediglich in acht Prozent der Fälle übertraf die Wassermenge den zweifachen Trockenwetterzufluss. Die Probenahmen wurden in einem Zeitraum von etwa 14 Tagen vorwiegend in der Wochenmitte durchgeführt, um so auch industrielle Einflüsse auf die Abwasserbeschaffenheit hinreichend zu erfassen.

Im Folgenden werden die Ergebnisse der Monitoringuntersuchung für die genannten Verbindungsklassen dargestellt (Bilder 6.1 bis 6.5). Das Augenmerk wird hierbei jeweils auf die Häufigkeit der Positivbefunde und auf die Mediane der Konzentrationen sowie deren Schwankungsbreiten gelegt. Von Interesse sind ebenso die medianen und extremen einwohnerspezifischen Frachten (bezogen auf die Einwohnerzahl). Hierbei weisen weit oberhalb des Medians liegende Werte bei den Industriechemikalien – wie Flammschutzmittel und Tenside – auf einen deutlichen industriellen Einfluss hin. Bei den Diagnostika geben sie wiederum Hinweise auf das Vorhandensein röntgendiagnostischer Zentren im Einzugsgebiet der jeweiligen Kläranlage.

Für den Untersuchungszeitraum wurden die Tagesfrachten einzelner und die Frachtsummen aller Kläranlagen berechnet und hinsichtlich der Frachten auffällige Kläranlagen identifiziert, wobei bei den Berechnungen Konzentrationen unterhalb der Bestimmungsgrenze mit dem Wert der Bestimmungsgrenze berücksichtigt wurden. Einen weiteren Aspekt stellte der Vergleich der kläranlagenbürtigen Emission im Untersuchungszeitraum mit der mittleren Immission in der Ruhr bei Essen im Jahr 2011 dar (Bild 6.6). Hier kann eine größere Differenz zwischen Immission und Emission auf einen Eintrag aus diffusen Quellen hindeuten. Bei allen nachfolgenden Betrachtungen ist zu berücksichtigen, dass die Kläranlagenabläufe im Berichtsjahr jeweils nur einmal untersucht und die transportierten Frachten in der Ruhr aus den Mittelwerten von

[6.1] Ruhrverband: *Untersuchung zur Eliminierung von Mikroverunreinigungen auf der Kläranlage Schwerte*. In: *Ruhrgütebericht 2010*; Essen, S. 86-92

[6.2] Ruhrverband: *Organische Spurenstoffe im Ablauf kommunaler Kläranlagen*. In: *Ruhrgütebericht 2007*; Essen, S. 76-79

[6.3] Ruhrverband: *Organische Spurenstoffe im Ablauf kommunaler Kläranlagen und Vergleich mit der Immission in der Ruhr bei Essen*. In: *Ruhrgütebericht 2009*; Essen, S. 86-91

[6.4] Arnsberger Vereinbarung „Gemeinsame Verantwortung und kooperatives Handeln für hohe Trinkwasserqualität und Gesundheit“ zwischen der Arbeitsgemeinschaft der Wasserwerke an der Ruhr (AWWR) und dem Ministerium für Umwelt, Natur, Landwirtschaft und Verbraucherschutz (MUNLV) des Landes NRW vom 25. August 2006

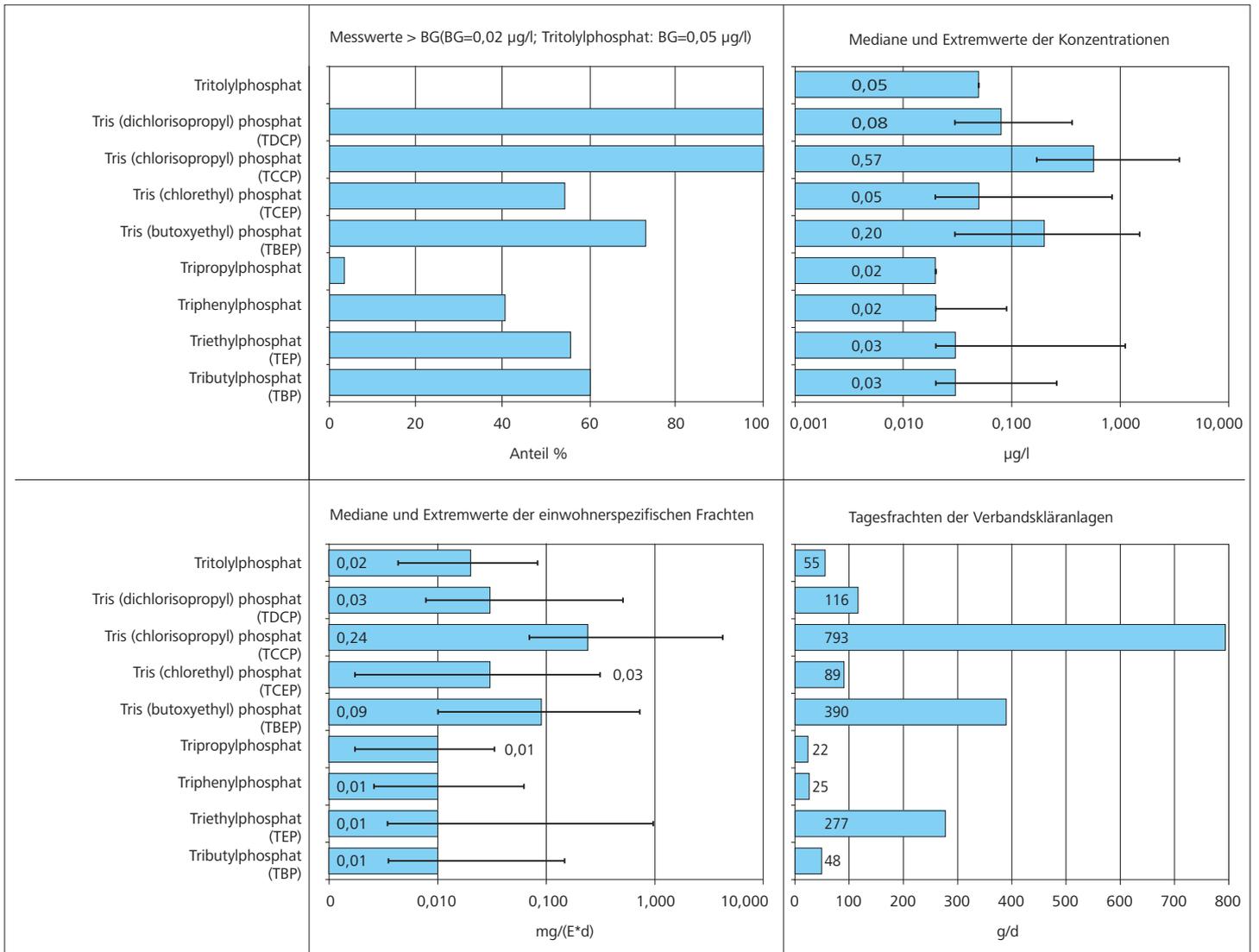


Bild 6.1: Phosphororganische Flammschutzmittel im Ablauf der Verbandskläranlagen – Konzentrationen, Frachten, Einwohnerspezifische Frachten
 Fig. 6.1: Organic phosphorus flame retardants in the outlet of the Ruhrverband's sewage treatment plants – concentrations, loads, inhabitant-specific loads

rund 50 über das Jahr verteilt, abflussunabhängigen Untersuchungen an der Probenahmestelle „Zornige Ameise“ ermittelt wurden.

Flammschutzmittel

Als Eintragspfade für Flammschutzmittel in das Abwasser gelten vor allem Auslaugungsvorgänge von Polyurethanwerkstoffen in verschiedenen Industriebereichen und Waschvorgänge von Textilien. Von den neun untersuchten phosphororganischen Flammschutzmitteln ergaben sich lediglich beim Tritolylphosphat keine und beim Tripropylphosphat nur vier Positivbefunde. Hingegen konnten Tris(dichlorisopropyl)phosphat (TDCP) und Tris(chlorisopropyl)phosphat (TCCP) in jeder Ablaufprobe festge-

stellt werden. Bei den anderen Verbindungen lag der Anteil an Messwerten über der Bestimmungsgrenze zwischen 51 und 91 % (Bild 6.1). Während das TDCP einen Median von 0,08 µg/l und einen Maximalwert von 0,36 µg/l aufweist, gestaltet sich die Belastungssituation beim TCCP durchweg höher. Bei einer Schwankungsbreite von 0,17 bis 3,5 µg/l beträgt das 50-Perzentil für diese Verbindung 0,57 µg/l. Die im Median zweithöchste Konzentration weist das Tris(butoxyethyl)phosphat (TBEP) mit 0,20 µg/l auf, wobei die Messwerte der einzelnen Anlagen um den Faktor 50 stark schwanken. Augenfällig ist die Maximalkonzentration, gemessen im Ablauf der Kläranlage Duisburg-Kaßlerfeld, von 1,1 µg/l für das Triethylphosphat (TEP), welches ansonsten durchgehend niedrige Gehalte aufweist.

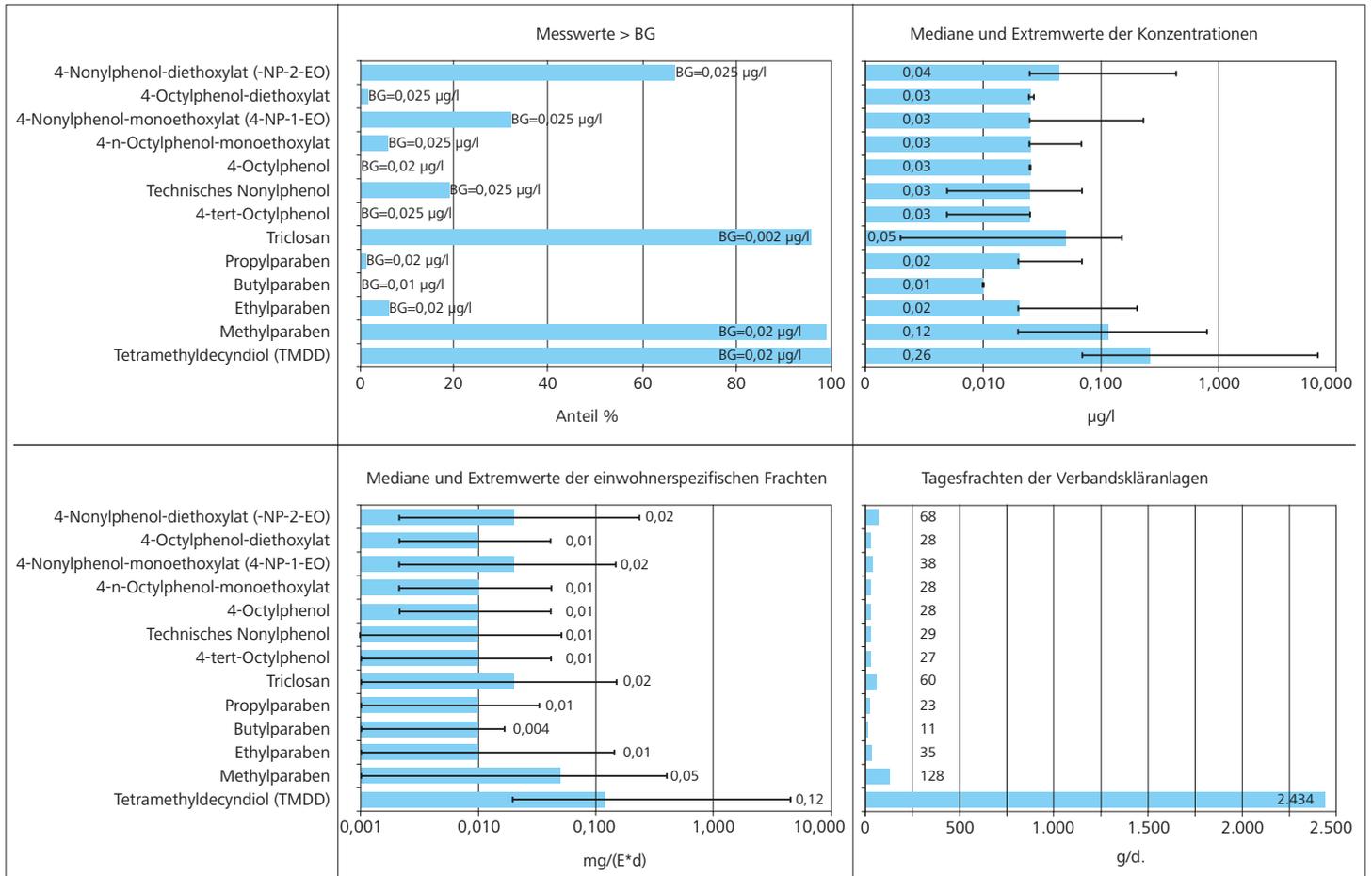


Bild 6.2: Tenside und Konservierungsmittel im Ablauf der Verbandskläranlagen – Konzentrationen, Frachten, Einwohnerspezifische Frachten
 Fig. 6.2: Tensides and preservatives in the outlet of the Ruhrverband's sewage treatment plants – concentrations, loads, inhabitant-specific loads

Das TCPP stellt auch hinsichtlich der einwohnerspezifischen Belastung mit einem Median von 0,24 mg/(E•d) die dominierende Verbindung innerhalb der Flammschutzmittel dar. Zum Vergleich lag der Median bei den Untersuchungen im Jahr 2009 bei 0,29 mg/(E•d) und somit auf einem sehr ähnlichen Niveau. Erwähnenswert ist der im Ablauf der Kläranlage Finnenrop gemessene Wert von 4,2 mg/(E•d). Die Emission aller Kläranlagen betrug in der Untersuchungsphase im September 2011 rund 790 g/d TCPP. Dies entspricht fast 45 % der Gesamtfracht aller neun untersuchten phosphororganischen Flammschutzmittel, was die Bedeutung dieser Verbindung herausstellt. Es folgen das TBEP mit einer Tagesfracht von 390 g und das TEP mit rund 280 g. Beim TEP wurden dabei fast 90 % der Emission durch die Kläranlage Duisburg-Kaßlerfeld verursacht. Für das Tris(chlorethyl)phosphat (TCEP), das wegen seiner als kritisch angesehenen Eigenschaften in der EU nicht mehr hergestellt wird, errechnete sich eine Emission von knapp 90 g/d.

Die mittlere transportierte Fracht an dem weitgehend persistenten TCPP in der Ruhr bei Essen belief sich im Jahr 2011 auf rund 840 g/d.

Der Anteil der oberhalb gelegenen Kläranlagen betrug mit 560 g/d rund zwei Drittel davon und lag somit in vergleichbarer Größenordnung wie im Jahr 2009. Hier berechnete sich der kläranlagenbürtige Anteil der Immission zu 590 g/d entsprechend 61 %. Für das TBEP konnte im September 2011 mit rund 220 g/d ein Frachtanteil der Kläranlagen von 65 % ermittelt werden.

Tenside

Untersucht wurden acht Nonylphenole und Nonylphenoethoxylate. Sie gehören zur Gruppe der Alkylphenole (AP) bzw. Alkylphenoethoxylate (APEO) und somit zu den nichtionischen Tensiden. In wässriger Lösung finden sie Verwendung als Industrie-reiniger, Lösungsvermittler und Benetzungsmittel und gelangen z. T. bestimmungsgemäß in das Abwasser.

Von den acht AP und APEO wurden zwei Verbindungen in keiner und drei weitere in maximal sechs Ablaufproben nachgewiesen. Beim Nonylphenol ergaben sich in rund 20 % der Proben Werte oberhalb der Bestimmungsgrenze, beim 4-Nonylphenol-mono-

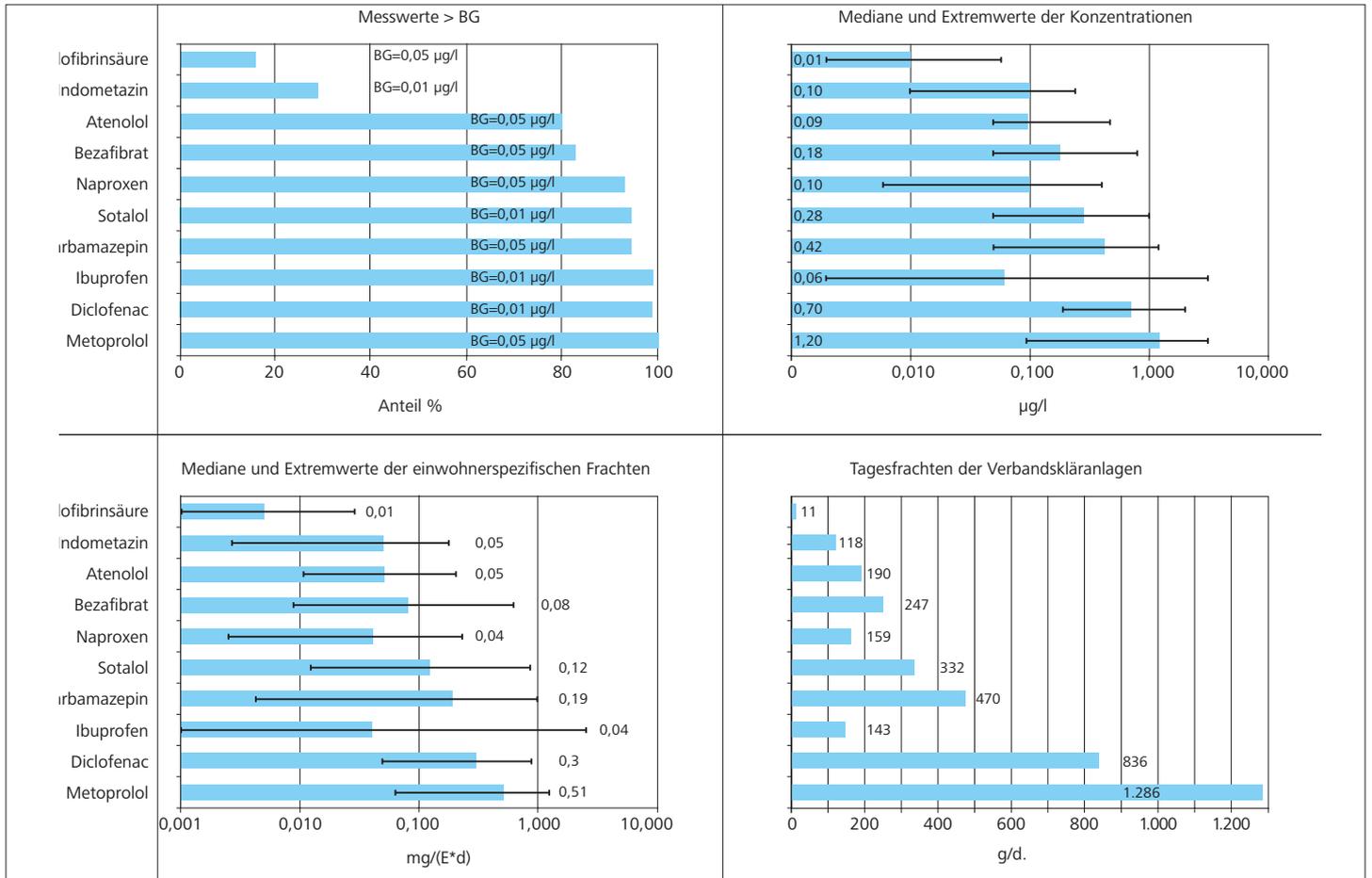


Bild 6.3: Arzneimittelwirkstoffe im Ablauf der Verbandskläranlagen – Konzentrationen, Frachten, Einwohnerspezifische Frachten
 Fig. 6.3: Pharmaceuticals in the outlet of the Ruhrverband's sewage treatment plants – concentrations, loads, inhabitant-specific loads

thoxylylat (4-NP-1-EO) waren es etwa ein Drittel und beim 4-Nonylphenol-diethoxylylat (4-NP-2-EO) rund zwei Drittel. Bei diesen drei Verbindungen lagen die Mediane der Konzentrationen mit 0,03 bzw. 0,04 µg/l vergleichsweise niedrig. Beim 4-NP-2-EO wurden in fünf Fällen Messwerte zwischen 0,20 und 0,44 µg/l festgestellt. Ebenfalls auf niedrigem Niveau lagen die einwohnerspezifischen Frachten, die beim 4-NP-2-EO im Median 0,02 mg/(E•d) und als Maximalwert 0,23 mg/(E•d) betragen. Im Untersuchungszeitraum wurden von allen Kläranlagen etwa 70 g/d 4-NP-2-EO emittiert, was rund 30 % der Tagesfracht aller AP und APEO entspricht (Bild 6.2).

Ein weiteres nichtionisches Tensid stellt das 2,4,7,9-Tetramethyl-5-decyn-4,7-diol (TMDD) dar, welches als Schaumhemmer in Farbstoffen, Druckertinten, Klebstoffen und Zementadditiven enthalten ist und über den häuslichen aber auch über den gewerblich-industriellen Pfad in das Abwasser gelangt. Als eine Quelle gelten Papierfabriken, in denen größere Anteile an Altpapier verarbeitet werden. TMDD wurde während der Untersuchungskampagne in allen Ablaufproben in Konzentrationen oberhalb der

Bestimmungsgrenze nachgewiesen. Bei einem Median von 0,26 µg/l schwankten die Messwerte um etwa den Faktor hundert. In rund 20 % der Proben wurden Gehalte über 1 µg/l festgestellt; die höchsten Werte im Ablauf der Kläranlagen Biggetal mit 6,9 µg/l und Arnsberg-Neheim mit 6,5 µg/l (Bild 6.2).

Der Median der einwohnerspezifischen Fracht an TMDD lag während der Untersuchungen bei 0,12 mg/(E•d). Weit überdurchschnittliche Belastungen wurden in Duisburg-Kaßlerfeld mit 4,5 mg/(E•d), Lennestadt und Biggetal mit je 3,5 mg/(E•d) und Arnsberg-Wildshausen mit 3,3 mg/(E•d) gemessen. Mit einer Ablauffracht aller Kläranlagen von rund 2.430 g/d ist die TMDD-Emission etwa zehnmal so hoch wie die Summe der Ablauffrachten der AP und APEO. Für etwa 75 % dieser Emission sind fünf Kläranlagen verantwortlich, davon die Kläranlage Duisburg-Kaßlerfeld allein für rund 1.100 g/d. Die Verursacher der TMDD-Emissionen in den Einzugsgebieten der Kläranlagen Duisburg-Kaßlerfeld und Biggetal sind bisher noch nicht bekannt. Inwieweit Papierfabriken einen signifikanten Anteil an der Ablauffracht einzelner Anlagen haben, ist durch weitere Untersuchungen zu klären.

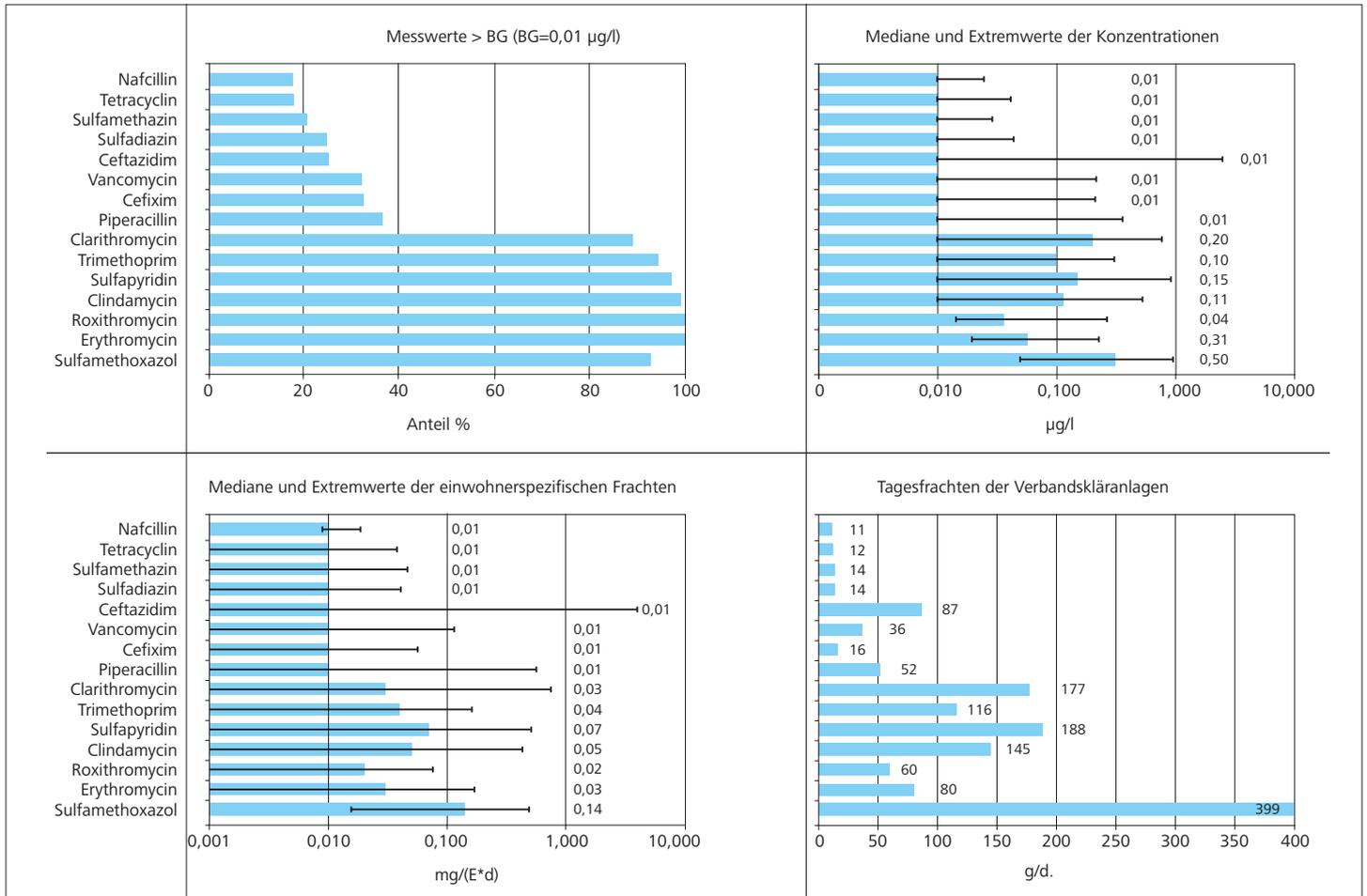


Bild 6.4: Antibiotika im Ablauf der Verbandskläranlagen – Konzentrationen, Frachten, Einwohnerspezifische Frachten
 Fig. 6.4: Antibiotics in the outlet of the Ruhrverband's sewage treatment plants – concentrations, loads, inhabitant-specific loads

ren. Durch die Emission der Kläranlage Arnsberg-Wildshausen ist der in Kapitel 5 beschriebene Konzentrationsanstieg in der oberen Ruhr im Bereich der „Brücke Oeventrop“ zu erklären. Die Immission in der Ruhr bei Essen betrug im Jahr 2011 im Mittel 2.090 g/d. Hieran haben bezogen auf den Untersuchungszeitraum die oberhalb gelegenen Kläranlagen einen Anteil von rund 60 %. Dies weist darauf hin, dass neben der Emission der Kläranlagen diffuse Quellen und/oder Mischwasserentlastungen einen nennenswerten Anteil an der Immission aufweisen.

Konservierungs- und Desinfektionsmittel

Alkylparabene und Triclosan werden wegen ihrer antimikrobiellen und fungiziden Wirkung in pharmazeutischen Produkten, in Personal-Care-Produkten sowie in bestimmten Lebensmitteln als Konservierungs- und Desinfektionsmittel eingesetzt und gelangen über diesen Pfad ins häusliche Abwasser. Von den fünf untersuchten Verbindungen wurden drei in keiner bis in maximal sechs Proben nachgewiesen. Bei Methylparaben und Triclosan ergaben

sich in nahezu jedem Kläranlagenablauf Gehalte über der Bestimmungsgrenze, wobei die Konzentrationen im Median 0,12 bzw. 0,05 µg/l betragen. Der höchste Messwert wurde hierbei im Ablauf der Kläranlage Iserlohn-Letmathe mit 0,79 µg/l Methylparaben festgestellt. Die einwohnerspezifischen Frachten für die beiden Verbindungen lagen im Median bei 0,05 bzw. 0,02 mg/(E*d). Die schmale Häufigkeitsverteilung der Messwerte deutet dabei auf einen überwiegend häuslichen Ursprung hin. Im Untersuchungszeitraum wurden von den Kläranlagen rund 130 g/d Methylparaben und 60 g/d Triclosan abgeleitet (Bild 6.2).

Arzneimittelwirkstoffe

Die Humanarzneimittelwirkstoffe gelangen überwiegend über den häuslichen Gebrauch oder über Krankenhausabwässer in das Abwasser. Von den 31 untersuchten Wirkstoffen wiesen im Untersuchungszeitraum etwa zwei Drittel durchgehend Konzentrationen unterhalb der Bestimmungsgrenze auf. Bei neun Verbindungen wurden in 80 % oder mehr der Ablaufproben Positivbefunde fest-

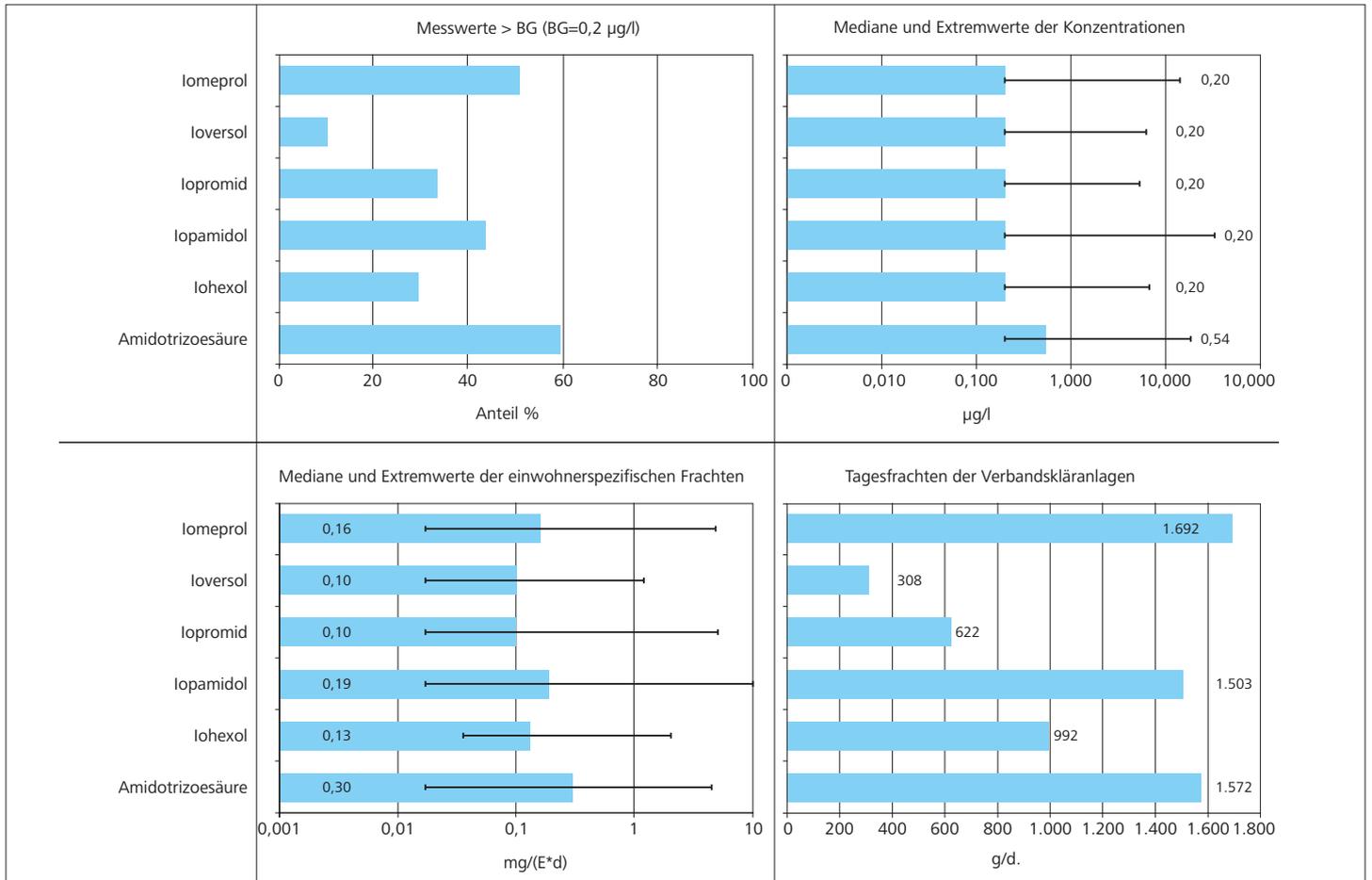


Bild 6.5: Diagnostika im Ablauf der Verbandskläranlagen – Konzentrationen, Frachten, Einwohnerspezifische Frachten
 Fig. 6.5: Diagnostic agents in the outlet of the Ruhrverband's sewage treatment plants – concentrations, loads, inhabitant-specific loads

gestellt (Bild 6.3). Hierbei handelte es sich um drei Betablocker, vier Analgetika, einen Lipidsenker und ein Antiepileptikum. Insgesamt betrachtet schwanken die Konzentrationen bei diesen Wirkstoffen etwa um den Faktor zehn bis 60, wobei tendenziell die höchsten Gehalte in den Abläufen kleinerer Anlagen gemessen wurden.

Bei den Betablockern lag die Ablaufkonzentration an Metoprolol im Median bei 1,2 µg/l und somit deutlich über den Werten für Sotalol mit 0,28 µg/l und Atenolol mit 0,09 µg/l. Auch bei den Analgetika wurden unterschiedliche 50-Perzentile ermittelt. Während die Gehalte beim Ibuprofen und Naproxen bei maximal 0,1 µg/l lagen, war der Wert beim Diclofenac mit 0,70 µg/l deutlich höher und lag in etwa auf dem Niveau der Untersuchungen des Jahres 2009, als im Median 0,90 µg/l Diclofenac festgestellt wurden. Der Lipidsenker Bezafibrat wies im 50-Perzentil eine Konzentration von 0,18 µg/l auf. Der Gehalt an dem Antiepileptikum Carbamazepin lag im Vergleich dazu mit 0,42 µg/l etwa doppelt so hoch. Die Ablaufkonzentration dieses Wirkstoffes betrug bei den Untersuchungen im Jahr 2009 im Median 0,77 µg/l.

Hinsichtlich der einwohnerspezifischen Belastung wurde für das Metoprolol bei einer Schwankungsbreite von 0,06 bis 1,21 mg/(E•d) mit einem Median 0,51 mg/(E•d) der höchste Wert aller untersuchten Wirkstoffe festgestellt. Innerhalb der Indikationsgruppe der Betablocker folgen das Sotalol mit einem 50-Perzentil von 0,12 mg/(E•d) und das Atenolol mit 0,05 mg/(E•d). Deutliche Unterschiede sind auch bei den Analgetika zu verzeichnen. Hier liegt bei einer Schwankungsbreite von 0,05 bis 0,86 mg/(E•d) der Median für die spezifische Belastung durch Diclofenac mit 0,30 mg/(E•d) etwa zehnfach höher als bei den anderen Wirkstoffen. Damit befindet sich die einwohnerbezogene Fracht auf vergleichbarem Niveau zum Jahr 2009, als ein Median von 0,25 mg/(E•d) ermittelt wurde. Bemerkenswert ist die vergleichsweise hohe Schwankungsbreite beim Ibuprofen, welches Werte zwischen 0,01 und 2,5 mg/(E•d) aufweist. Im Falle des Antiepileptikums Carbamazepin schwankte die einwohnerspezifische Fracht um etwa den Faktor 100 und lag im Median bei 0,19 mg/(E•d). Zum Vergleich betrug im Jahr 2009 der entsprechende Wert im 0,23 mg/(E•d). Die unterschiedlichen einwohnerspezifischen

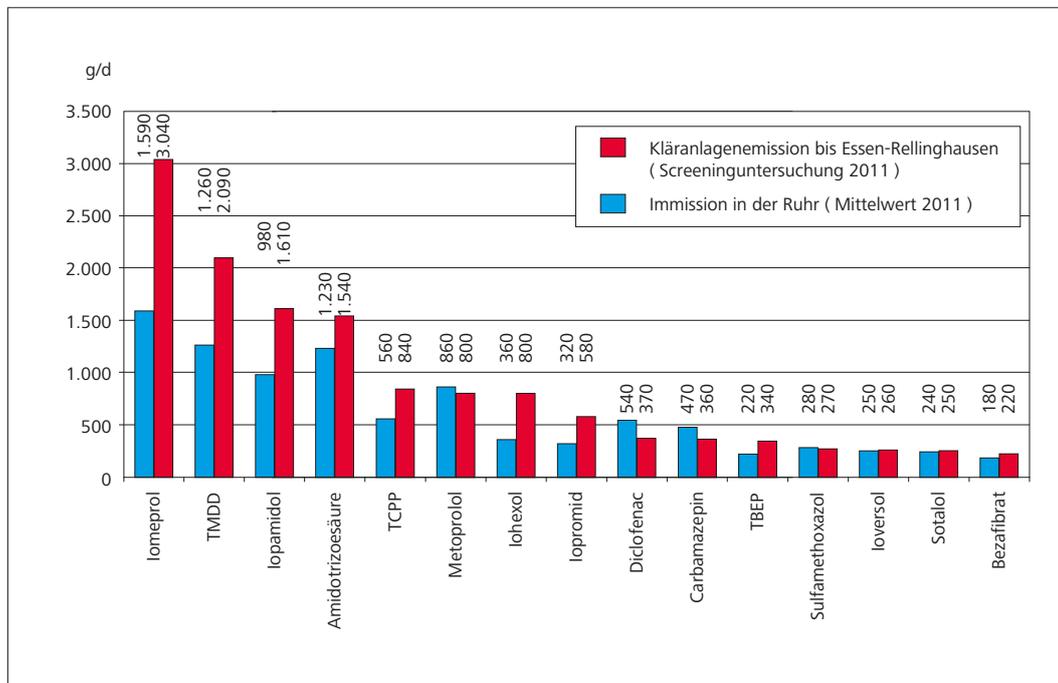


Bild 6.6: Tagesfrachten organischer Mikroverunreinigungen in den Kläranlagenabläufen bis Essen-Rellinghausen und mittlere Immission in der Ruhr

Fig. 6.6: Daily loads of organic micro-pollutants in the sewage treatment plants' outlets up to Essen-Rellinghausen and mean immission in the Ruhr

Belastungen der Wirkstoffe einer Indikationsgruppe geben zum einen Hinweise auf die Anwendungshäufigkeiten der entsprechenden Medikamente. Zum anderen werden die Wirkstoffe in unterschiedlichem Maße im Prozess der biologischen Abwasserreinigung abgebaut.

Das Metoprolol erweist sich auch mit Blick auf die Emission aller Verbandskläranlagen im Untersuchungszeitraum als der bedeutendste Wirkstoff. Die gesamte Tagesfracht betrug rund 1.290 g. An zweiter Stelle steht das Diclofenac mit einer Emission von 840 g/d, gefolgt vom Carbamazepin mit 470 g/d und dem Sotalol mit 330 g/d. Für die weiteren hier beschriebenen Wirkstoffe liegen die Emissionen zwischen 11 und 250 g/d. Vergleicht man die mittlere transportierte Fracht des Jahres 2011 in der Ruhr bei Essen mit den Emissionen der oberhalb gelegenen Kläranlagen, so ergibt sich im Falle des Metoprolols eine gute Übereinstimmung. Einer Immission von 800 g/d steht eine kläranlagenbezogene Emission von 860 g/d gegenüber. Beim Diclofenac weichen die Werte mit 540 g/d für die Emission und 370 g/d für die Immission deutlich voneinander ab. Hier ist neben der unterschiedlichen Anzahl der Messungen u. a. auch zu berücksichtigen, dass die Messkampagne der Kläranlagenabläufe im Herbst stattfand, während die Untersuchungen in der Ruhr das gesamte Jahr und somit auch die Sommermonate abdeckten. Für das Diclofenac wurde, wie auch für einzelne weitere Arzneimittel, ein ausgeprägter Jahresgang der Frachten mit vergleichsweise niedrigeren Werten im Sommer festgestellt [6.3], der sich auf die Mittelwertbildung auswirkt. Entsprechend liegt auch für das Carbamazepin die Emission mit 470 g/d deutlich über der Immission von 360 g/d. Im Falle des Sotalols, das wie auch das Metoprolol als ganzjährig in vergleichbaren

Mengen applizierter Betablocker einen geringeren Jahresgang aufweisen sollte, findet sich wiederum mit einer Emission von 240 g/d und einer Immission von 250 g/d eine gute Übereinstimmung.

Antibiotika

Als eine Indikationsgruppe der Arzneimittelwirkstoffe werden Antibiotika zur Behandlung von Infektionskrankheiten eingesetzt und gelangen daher über die Haushalte, aber auch über Krankenhausabwässer in das Abwasser. Bei der Monitoringuntersuchung im Herbst 2011 wurden 26 Antibiotika erstmals in den Parameterkatalog aufgenommen und analysiert. Hierbei wurden bei dreizehn Substanzen in mindestens 20 % der Ablaufproben Konzentrationen oberhalb der Bestimmungsgrenze ermittelt. Bei sieben dieser Verbindungen ergaben die Untersuchungen in mehr als 80 % der Fälle Positivbefunde (Bild 6.4).

Bei einer Schwankungsbreite von 0,05 bis 0,96 µg/l weist das Sulfamethoxazol mit einem Wert von 0,31 µg/l den höchsten Median der untersuchten Antibiotika auf. Der zu den Sulfonamiden zählende Wirkstoff wird häufig in Kombination mit Trimethoprim in einem Verhältnis von 5:1 eingesetzt. Beim Trimethoprim ergaben die Untersuchungen folgerichtig auch niedrigere Messwerte zwischen 0,01 und 0,31 µg/l. Die Konzentration des ebenfalls zu den Sulfonamiden zählenden Sulfapyridins betrug im Median 0,15 µg/l. Clarithromycin, Clindamycin, Erythromycin und Roxithromycin zählen zu den Makrolidantibiotika. Die 50-Perzentile dieser Wirkstoffe liegen zwischen 0,04 und 0,20 µg/l. Auch die Schwankungsbreiten der Messwerte haben für diese Wirkstoffgruppe ein ähnliches Niveau.

Die einwohnerspezifische Belastung der sieben hier beschriebenen Antibiotika lag im Untersuchungszeitraum zwischen 0,02 und 0,14 mg/(E•d), wobei der Maximalwert beim Sulfamethoxazol ermittelt wurde. Dieses ist auch hinsichtlich der Summe der Ablauffrachten mit einer Tagesfracht von rund 400 g die auffälligste Verbindung dieser Indikationsgruppe. Es folgen das Sulfapyridin mit 190 g/d und das Clarithromycin mit 180 g/d. Wie bei den zuvor beschriebenen Arzneimittelwirkstoffen geben unterschiedliche Frachten Hinweise auf die Einsatzhäufigkeit der Antibiotika, wobei der unterschiedliche Abbau im biologischen Abwasserprozess zu berücksichtigen ist. Die mittlere transportierte Fracht von Sulfamethoxazol in der Ruhr bei Essen im Jahr 2011 betrug 270 g/d. Mit einer Emission der oberhalb gelegenen Kläranlagen von 280 g/d ergibt sich für den Untersuchungszeitraum eine gute Übereinstimmung.

Diagnostika

Diagnostika geraten überwiegend in Folge einer medizinischen Applikation in meist hoher Dosierung in röntgendiagnostischen Zentren in das Abwasser. Wie bereits die Untersuchungen im Jahre 2009 gezeigt haben, weisen die Kläranlagenabläufe unterschiedliche Belastungen durch Röntgenkontrastmittel auf. Ursache hierfür ist die variierende Häufigkeit der Diagnosezentren in den jeweiligen Einzugsgebieten [6.2]. Bei den sechs untersuchten Röntgenkontrastmitteln lag der Anteil der Messwerte oberhalb der Bestimmungsgrenze zwischen 10 % beim Ioversol und 59 % bei der Amidotrizoesäure. Das 50-Perzentil der Konzentrationen betrug bei der Amidotrizoesäure 0,54 µg/l und war somit niedriger als im Jahr 2009 mit 0,99 µg/l. Bei den fünf anderen Diagnostika entsprach der Median mit 0,2 µg/l dem Wert der Bestimmungsgrenze. Die größte Schwankungsbreite mit einem Faktor 170 und einem Maximalwert von 33 µg/l wurden beim Iopamidol festgestellt. Die Maximalgehalte der anderen Verbindungen lagen zwischen 5,3 und 18 µg/l (Bild 6.5).

Bei den einwohnerspezifischen Frachten sind die Schwankungsbreiten bei der Amidotrizoesäure und dem Iopamidol jeweils vergleichbar zum Jahr 2009. Gleiches gilt für die Mediane, die für die Amidotrizoesäure bei 0,30 mg/(E•d) (2009: 0,33 mg/(E•d)) und beim Iopamidol 0,19 mg/(E•d) (2009: 0,14 mg/(E•d)) betragen. Für Iomeprol, das bei den vorangegangenen Untersuchungen nicht erfasst worden war, wurde im Berichtszeitraum ein 50-Perzentil von 0,16 mg/(E•d) errechnet. Ein Blick auf die Zahl der Kläranlagen mit Werten über 1 mg je Einwohner und Tag zeigt, dass diese bei der Amidotrizoesäure nur fünfzehn, beim Iomeprol nur vierzehn und beim Iopamidol sogar nur acht beträgt. Diese Anlagen tragen aber im Untersuchungszeitraum zu 40 % zur Gesamtemission an Iopamidol von 1.500 g/d und zur Hälfte zu derjenigen an Amidotrizoesäure von 1.570 g/d bei. Im Fall des Iomeprols mit einer Tagesfracht von 1.690 g beträgt der Anteil dieser Kläranlagen sogar fast 70 %. Der variierende Einsatz der Röntgenkontrastmittel mit vermutlich täglichen Schwankungen macht sich auch bei einem Vergleich mit der Immission in der Ruhr bei Essen bemerkbar. Es wäre zu erwarten, dass die Kläranlagen Haupteintragspfad für die Diagnostika in das Gewässer sind und somit Emission und Immission auf vergleichbarem Niveau liegen. Für die Zeit der Untersuchungskampagne in den Kläranlagenabläufen

beträgt der Anteil der Kläranlagen an der mittleren transportierten Fracht in der Ruhr für Iomeprol aber nur etwa 50 %, für Iopamidol rund 60 % und für die Amidotrizoesäure ca. 80 %.

Fazit

Von den 99 im Rahmen der Monitoringuntersuchung erfassten organischen Mikroverunreinigungen wurden bei 43 in mehr als 20 % der Analysen Konzentrationen oberhalb der jeweiligen Bestimmungsgrenze gemessen. Bei 24 lag der Anteil der Positivbefunde über 90 %. Mehr als zwei Drittel dieser Verbindungen können den Arzneimittelwirkstoffen inklusive der Antibiotika sowie den Diagnostika zugeordnet werden. Darüber hinaus handelt es sich um ein Tensid, drei Benzotriazole (Kapitel 7) und drei phosphororganische Flammenschutzmittel. Die Untersuchungen von TCPP, Diclofenac, Carbamazepin, Amidotrizoesäure und Iopamidol ergaben bezogen auf die Mediane der einwohnerspezifischen Frachten gegenüber dem Berichtszeitraum 2009 Messwerte in vergleichbarer Größenordnung.

Die Untersuchung der als ubiquitär verbreitet geltenden Flammenschutzmittel weist, wie bereits bei der letzten Untersuchungskampagne, dennoch auf den dominierenden Einfluss einzelner Kläranlagen hin. Im Falle des TCPP und des TMDD gibt es Hinweise auf einen nennenswerten Anteil von diffusen Quellen bzw. von Mischwasserentlastungen an der Immission. Bei den Diagnostika ist der Einfluss von röntgendiagnostischen Einrichtungen auf die Ablaufbeschaffenheit der jeweiligen Kläranlagen zu erkennen, während bei den Arzneimittelwirkstoffen eine vom Einzugsgebiet eher unabhängige einwohnerspezifische Belastung auszumachen ist.

Aus den Untersuchungen können für die einzelnen Verbindungsklassen Leitsubstanzen mit vergleichsweise hohen Konzentrationen und Frachten identifiziert werden. Hierzu zählen das TCPP bei den Flammenschutzmitteln, das 1H-Benzotriazol bei den Korrosionsschutzmitteln (Kapitel 7), das TMDD bei den Tensiden und das Methylparaben bei den Konservierungstoffen. Bei den pharmazeutischen Wirkstoffen handelt es sich um den Betablocker Metoprolol, das Analgetikum Diclofenac, das Antiepileptikum Carbamazepin, den Lipidsenker Bezafibrat und die Antibiotika Sulfamethoxazol, Sulfapyridin und Clarithromycin. Zudem eignen sich Amidotrizoesäure sowie Iomeprol und Iopamidol bei den Diagnostika gut als Leitsubstanzen. Bei weiteren Untersuchungen sollte auf diese Kenngrößen ein verstärktes Augenmerk gelegt werden.

Neben zukünftigen Monitoringuntersuchungen sind durch den Betrieb der Versuchsanlage auf der Kläranlage Schwerte zusätzliche Kenntnisse über eine mögliche weitergehende Entfernung von Mikroverunreinigungen aus dem Abwasser zu erwarten. Im Rahmen des Forschungsprojektes „Elimination von Arzneimittelrückständen in kommunalen Kläranlagen“ wurde im Sommer 2011 die Phase 1 abgeschlossen. Erste Ergebnisse wurden bereits im Ruhrgütebericht 2010 beschrieben [6.1]. Weitere Erkenntnisse können durch die im Frühjahr 2012 begonnenen Versuche im Rahmen der Untersuchungsphase 2 erwartet werden.

7 Herkunft und Vorkommen von Benzotriazolen im Gewässer und Abwasser

Einleitung und Literaturdaten

Viele der heute eingesetzten chemischen Stoffe werden über das kommunale Abwasser oder infolge direkter Emissionen in die Gewässer eingetragen. Es werden immer mehr „neue“ organische Stoffe aus dem alltäglichen Bereich in Gewässern unter anderem auf Grund sensitiverer Analytik nachgewiesen.

Ein Beispiel stellt die Stoffgruppe der Benzotriazole mit den Vertretern 1H-Benzotriazol und Tolyltriazole (4-Methyl-1H-Benzotriazol und 5-Methyl-1H-Benzotriazol, Bild 7.1) dar. Das 1H-Benzotriazol ist ein auf o-Phenylendiamin basierender Stoff mit der Summenformel $C_6H_5N_3$, mit einem Oktanol-Wasser-Verteilungskoeffizienten ($\log K_{OW}$) von nur 1,44 (für das 5-Methyl-1H-Benzotriazol beträgt der $\log K_{OW}$ 1,71) [7.1] und somit guter Wasserlöslichkeit. Benzotriazole kommen in der aquatischen Umwelt ubiquitär vor, wobei für die ökotoxikologische Einschätzung bei einem $\log K_{OW}$ zwischen 1 und 3 kein nennenswertes Bioakkumulationspotenzial zu erwarten ist [7.3]. In vitro und in vivo durchgeführte Genotoxizitätstests haben keinen belastbaren Beweis für Genotoxizität ergeben [7.4]. In vitro wurde antiöstrogene Wirkung in Hefezellen beobachtet, die allerdings in vivo bei Fischen nicht auftrat [7.5]. Nach dem TTC-Konzept (Threshold of Toxicological Concern) wurde vom Bayerischen Landesamt für Gesundheit und Lebensmittelsicherheit für die Benzotriazole ein Trinkwasserleitwert von 4,5 $\mu\text{g/l}$ festgelegt [7.4].

Als hauptsächliche Einsatzgebiete sind der Korrosionsschutz (ab 0,001 % wirksam [7.6]), Silberschutz in Reinigungsmitteln im Haushalt, Zusatz in Kühlflüssigkeiten und Schmierstoffen in Motoren, Frostschutz- und Flugzeugenteisungsmittel [7.2], Antischleiermittel in der Foto- und Druckindustrie [7.7], Desinfektionsmittel für Metalloberflächen [7.8], und wegen der thermischen und oxidativen Stabilität sowie UV-Lichtbeständigkeit der Einsatz als Faserschutz [7.9] zu nennen. Die jährliche Produktion der Benzotriazole beträgt weltweit etwa 9.000 t [7.5].

Aus Messwerten einer Untersuchung des Bodensees und seiner Zuflüsse errechnet sich der jährliche Pro-Kopf-Verbrauch an 1H-

Benzotriazol in Deutschland und Österreich zu 790 mg und in der Schweiz zu 3.000 mg. Der Verbrauch von Tolyltriazolen beträgt in Deutschland und Österreich 1.000 mg und in der Schweiz 600 mg pro Einwohner und Jahr [7.10].

In einer weiteren Studie wird für Deutschland ein Verbrauch an Benzotriazolen in Maschinengeschirrspülmitteln von etwa 70 t pro Jahr genannt, was etwa 900 mg Benzotriazol pro Einwohner und Jahr entspricht [7.4].

Zur Flugzeugenteisung wird pro Flugzeug eine Menge von etwa 3.600 l Enteisungsmittel (Gehalt an Benzotriazolen von 0,05 bis 0,3 %) verwendet, was 2,5 bis 15 kg Benzotriazol pro Flugzeug entspricht [7.1]. Der Einsatz beschränkt sich auf Frostperioden.

In Tabelle 7.1 sind ausgewählte Ergebnisse mehrerer Studien bezüglich der Gewässer- und Abwasserbelastung mit Benzotriazolen dargestellt. In Berlin konnten in Kläranlagenzuläufen mittlere Konzentrationen zwischen 17 und 40 $\mu\text{g/l}$ an 1H-Benzotriazol und zwischen 1,1 und 4,9 $\mu\text{g/l}$ für das jeweilige Tolyltriazol bestimmt werden [7.11]. In bisherigen Studien wurden im Ablauf kleinerer Kläranlagen (z. B. Langenau) für 1H-Benzotriazol Konzentrationen von 1 bis 5 $\mu\text{g/l}$ und von 2 bis 8 $\mu\text{g/l}$ für die Summe der Tolyltriazole nachgewiesen [7.2].

Im Zusammenhang mit einer in der Bodenseeregion durchgeführten Untersuchung auf Spurenstoffe ergab sich für Benzotriazole eine Kläranlagen-Elimination von 44 % [7.10]. Eine effektivere Entfernung konnte beim Einsatz von 20 mg/l Pulveraktivkohle (PAK) beobachtet werden, wobei bis zu 80 % 1H-Benzotriazol zurückgehalten wurden (Restkonzentration von 2,4 bis 2,9 $\mu\text{g/l}$). Der Gehalt an 5-Methyl-1H-Benzotriazol wurde hierbei bereits durch den biologischen Abbau bis unterhalb der Bestimmungsgrenze reduziert [7.11]. Des Weiteren konnte festgestellt werden, dass im gereinigten Abwasser 4-Methyl-1H-Benzotriazol gegenüber 5-Methyl-1H-Benzotriazol dominierte, was auf die unterschiedlich gute mikrobiologische Abbaubarkeit zurückzuführen ist [7.2]. Verantwortlich hierfür ist die Stellung der Methylgruppe im Molekül [7.9].

Auf Grund des geringen biologischen Abbaupotenzials können insbesondere 1H-Benzotriazol und 4-Methyl-1H-Benzotriazol nur partiell in Kläranlagen eliminiert werden. Diese Befunde haben nach Berechnungen des Helmholtz-Zentrums Geesthacht zur Folge, dass jedes Jahr rund 80 Tonnen der Chemikalie hauptsächlich über Elbe und Rhein in die Nordsee eingetragen werden [7.1].

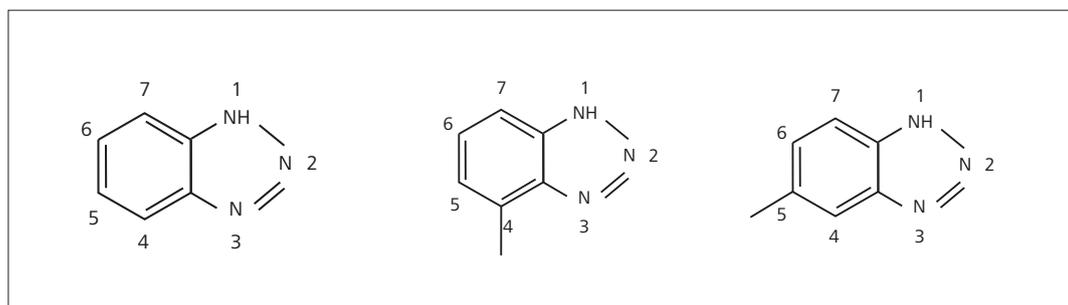


Bild 7.1: Strukturformeln der Benzotriazole
Fig. 7.1: Chemical structure of benzotriazoles

Tabelle 7.1: Ausgewählte Beispiele zu Benzotriazolgehalten aus Studien
 Table 7.1: Selected examples of benzotriazole concentrations taken from studies

	Konzentration an 1H-Benzotriazol [µg/l]	Konzentration an Tolyltriazolen [µg/l]	Literatur
Gewässer			
Bodenseezuflüsse	0,057 – 5,00	0,04 – 3,90	7.10
Elbe	< 0,05 – 0,68	0,13 – 0,46	7.5
Elbe / Nordsee	0,091 – 0,304	0,049 – 0,323	7.1
Rhein	0,09 – 0,39	< 0,05 – 0,17	7.5
Donau (Leipheim)	0,1	0,5	7.2
Havel	< 0,05 – 1,57	< 0,05 – 2,14	7.5
Kläranlagen			
Berlin (Zuläufe)	17 – 44	1,1 – 4,9	7.11
Langenau (Abfläufe)	1 – 5	2 – 8	7.2

In Proben aus 12 Bodenseezuflüssen wurden Durchschnittskonzentrationen von 0,057 bis 0,5 µg/l für 1H-Benzotriazol und von 0,04 bis 0,39 µg/l für die Tolyltriazole nachgewiesen [7.10]. In der Donau bei Leipheim traten Konzentrationen von 0,1 µg/l für 1H-Benzotriazol und 0,5 µg/l für die Tolyltriazole auf [7.2]. In der Elbe wurden für 1H-Benzotriazol Konzentrationen zwischen 0,091 bis 0,304 µg/l und für die Tolyltriazole zwischen 0,049 und 0,323 µg/l bestimmt. Dort gab es vor allem im März hohe Konzentrationen, die auf den Einsatz von benzotriazolhaltigen Enteisungs- und Frostschutzmitteln in den Wintermonaten schließen lassen [7.1]. Reemtsma et al. [7.5] haben bei Untersuchungen des Rheins 1H-Benzotriazol in Konzentrationen zwischen 0,09 und 0,39 µg/l nachgewiesen. Für die Tolyltriazole betrug die Spannweite <0,05 µg/l bis 0,17 µg/l. Im Rahmen derselben Studie wurden in der Elbe Konzentrationen an 1H-Benzotriazol unterhalb von 0,05 µg/l bis 0,68 µg/l bestimmt. Für 4-Methyl-1H-Benzotriazol betrug die Maximalkonzentration 0,13 µg/l und für 5-Methyl-1H-Benzotriazol 0,46 µg/l. Mit 1,57 µg/l für 1H-Benzotriazol, 0,34 µg/l für 4-Methyl-1H-Benzotriazol und 2,14 µg/l für 5-Methyl-1H-Benzotriazol wurden in der Havel unterhalb von Berlin in dieser Studie die höchsten Mittelwerte für die Konzentrationen nachgewiesen [7.5].

Befunde in der Ruhr

Das Ruhrwasser weist nach eigenen Analysen erwartungsgemäß ebenfalls eine Belastung mit Benzotriazolen auf. In allen unter-

suchten Proben bei Essen-Rellinghausen wurden für 1H-Benzotriazol und für die Tolyltriazole Konzentrationen oberhalb der Bestimmungsgrenze von 0,01 µg/l festgestellt (Bild 7.2).

Die Medianwerte für 1H-Benzotriazol liegen bei 0,67 µg/l, für 4-Methyl-1H-Benzotriazol bei 0,40 µg/l und für 5-Methyl-1H-Benzotriazol bei 0,16 µg/l.

Der Vergleich dieser Medianwerte mit denen des Vorjahres zeigt eine Erhöhung der Gehalte in 2011 für alle drei Benzotriazolverbindungen, was gleichermaßen für die transportierten Frachten gilt [5.17].

In Bild 7.3 ist die Abhängigkeit der Konzentration der Benzotriazole vom Abfluss am Beispiel des Pegels Hattingen dargestellt. Der eingezeichnete Konzentrationsverlauf macht die Abnahme mit steigendem Abfluss deutlich. Die Fracht-Abfluss-Beziehung weist auf einen vergleichsweise geringen Einfluss von diffusen Quellen

- [7.1] Wolschke, H., Xie, Z., Möller, A., Strum, R., Ebinghaus, R.: Occurrence, distribution and fluxes of benzotriazoles along the German large river basins into the North Sea. In: *Water Research*, Vol. 45/18 (2011), S. 6259-6266
- [7.2] Publikationen zu Benzotriazolen des Zweckverbandes Landeswasserversorgung Langenau, www.lw-online.de und GIT-Labor.de (Zugriff Januar 2012)
- [7.3] Teilbericht der Störfall-Kommission beim Bundesminister für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit, 1997, www.kas-bmu.de/publikationen/sfk/sfk_gs_11.pdf
- [7.4] Auftreten und Bewertung von Arzneimittelwirkstoffen, ausgewählter Metaboliten sowie weiterer polarer Spurenstoffe im Roh- und Trinkwasser aus oberflächenwasserbeeinflussten Gewinnungsanlagen. Gemeinsamer Bericht von LfU und LGL, <http://www.lgl.bayern.de> (Zugriff Dezember 2011)
- [7.5] Reemtsma, T., Mieke, U., Dünnbier, U., Jekel, M.: Polar pollutants in municipal wastewater and the water cycle: Occurrence and removal of benzotriazoles. In: *Water Research* 44/2 (2010), S. 596-604
- [7.6] <http://www.korrosionsinhibitoren.de> (Zugriff Dezember 2011)
- [7.7] Baumann, W., Herberg-Liedtke, B., *Papierchemikalien: Daten und Fakten zum Umweltschutz*, 1994
- [7.8] Datenblatt Benzotriazol, www.cimachem.de (Zugriff Dezember 2011)
- [7.9] Umweltforschungsplan des Bundesministeriums für Umwelt und Reaktorsicherheit, Forschungsbericht 200 24 233, 2002, Einsatz umweltverträglicher Chemikalien in der Kühlwasserkonditionierung, www.umwelt-daten.de/publikationen/jpdf-l/2218.pdf
- [7.10] IGKB-Bewertung, 2011, Anthropogene Spurenstoffe im Bodensee und seinen Zuflüssen, www.igkb.de/pdf/anthropogene_spurenstoffe_im_bodensee.pdf
- [7.11] Mieke, U., *Wirksamkeit technischer Barrieren zur Entfernung anthropogener Spurenstoffe*, Dissertation 2010, <http://www.wasser-wissen.de/linklisten/dissertationen.htm>

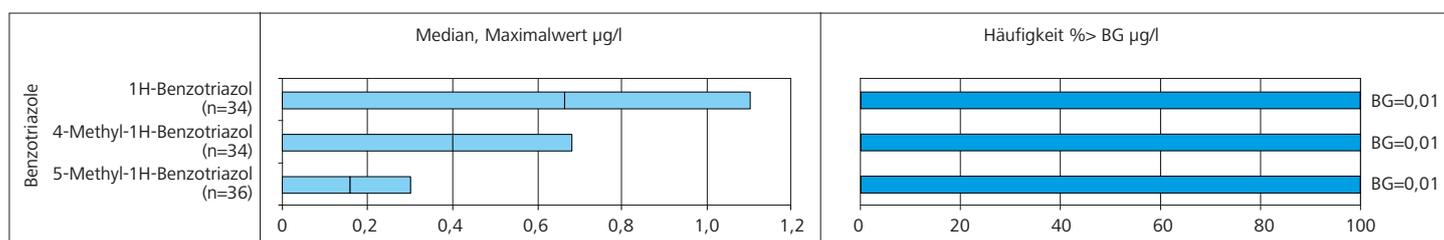


Bild 7.2: Häufigkeiten, Median- und Maximalkonzentrationen der Benzotriazole in der Ruhr bei Essen-Rellinghausen (BG = Bestimmungsgrenze)
 Fig. 7.2: Frequencies, median and maximum concentrations of benzotriazoles in the Ruhr at Essen-Rellinghausen (BG = quantification limit)

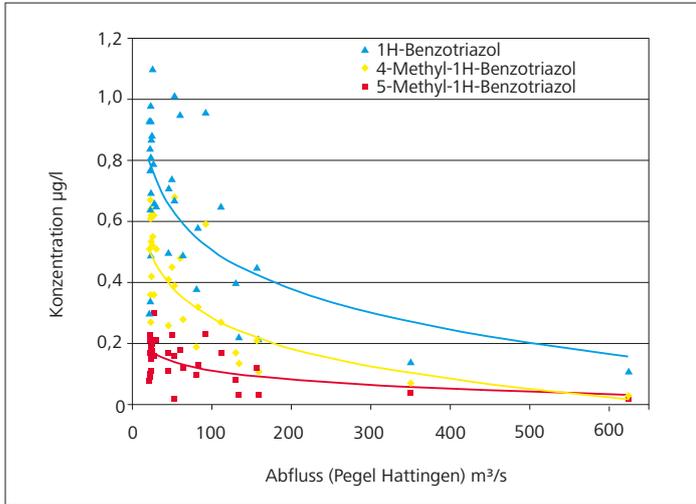


Bild 7.3: Konzentrationsabhängigkeit der Benzotriazole vom Abfluss (Pegel Hattingen)

Fig. 7.3: Relation of benzotriazole concentrations and the runoff (gauging station Hattingen)

auf den Benzotriazoltransport im Gewässer hin. Die Längsverlaufsuntersuchungen zeigen im Quellbereich der Ruhr für alle drei untersuchten Benzotriazol-Derivate niedrige Konzentrationen, die in beinahe allen Fällen unterhalb der Bestimmungsgrenze liegen (Bild 7.4). Der höchste Wert von 1,40 µg/l für die Konzentration an 1H-Benzotriazol ist in Bild 7.4 (oben) im Mündungsbereich zu erkennen. Für 4-Methyl-1H-Benzotriazol wurde demgegenüber bei unauffälligem Median die maximale Konzentration bei 0,96 µg/l im Bereich der oberen Ruhr festgestellt. Für 5-Methyl-1H-Benzotriazol trat der Maximalwert von 0,24 µg/l im Bereich der unteren Ruhr auf. Die Medianwerte für 1H-Benzotriazol und für 5-Methyl-1H-Benzotriazol bewegen sich im Unterlauf bei 0,60 bzw. 0,15 µg/l und sind mit den Niveaus des Vorjahres vergleichbar. Merklich höher sind in diesem Jahr jedoch die Mediankonzentrationen für 4-Methyl-1H-Benzotriazol von 0,35 µg/l.

Emissionssituation der Verbandskläranlagen

Um einen Überblick über die Emissionssituation der Kläranlagenabläufe bezüglich der Benzotriazole zu erhalten, wurden im Mai und im September 2011 zwei Untersuchungskampagnen durchgeführt. Die Abläufe der 69 Verbandskläranlagen wurden dabei je Kampagne einmal in Form von 24-Stunden-Mischproben beprobt und auf die Gehalte an 1H-Benzotriazol, 4-Methyl-1H-Benzotriazol und 5-Methyl-1H-Benzotriazol untersucht. Die Probenahmen erfolgten im Mai mit wenigen Ausnahmen bei Trockenwetter. In diesem Zeitraum lagen 90 % der Proben bei einem relativen Abfluss Q/Q_i von <1 , wobei das mittlere Verhältnis 0,7 betrug. Im September lagen die Wassermengen mit einem mittleren Verhältnis von 1,2 und einem 90-Perzentil von 1,9 tendenziell höher, wobei jedoch nur in vier Fällen der zweifache Trockenwetterabfluss leicht überschritten wurde.

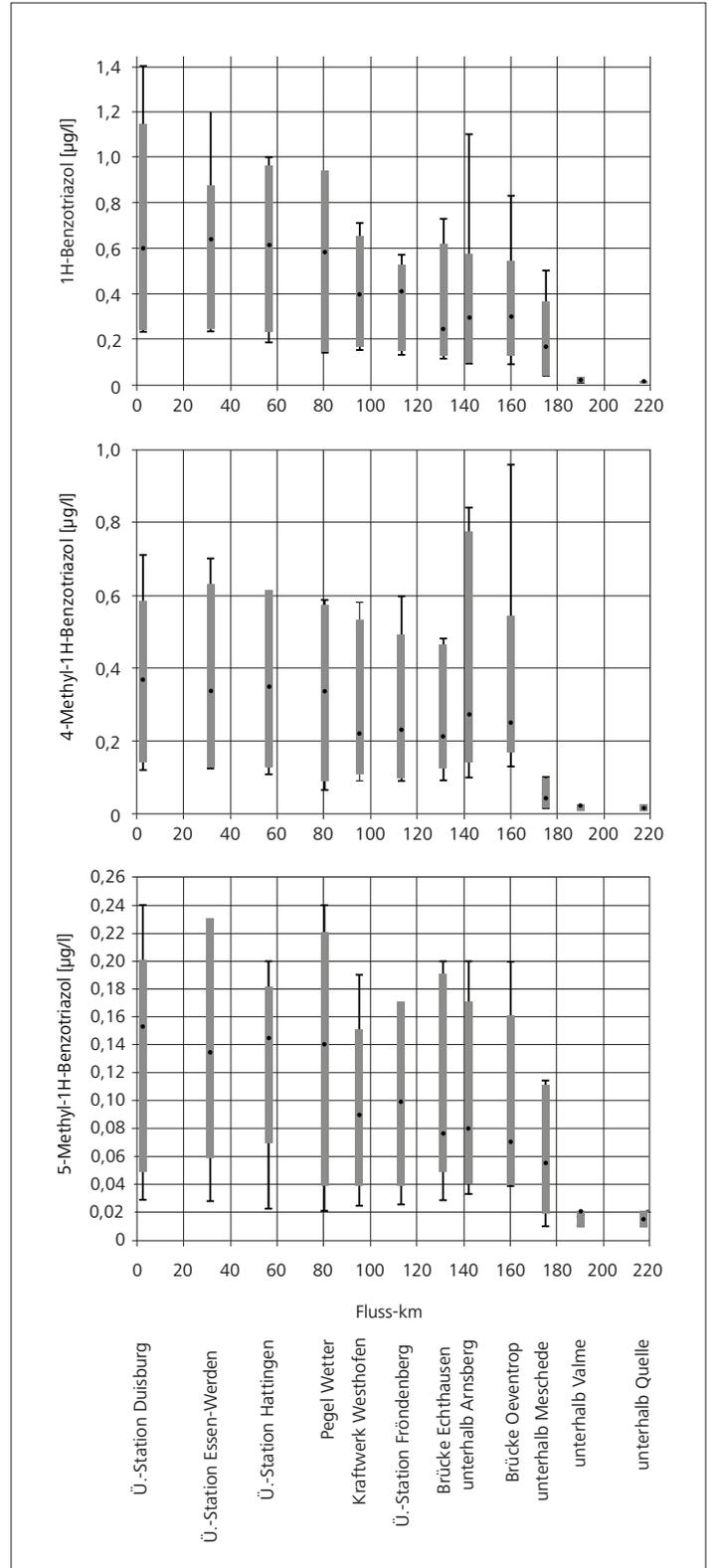


Bild 7.4: Ruhrlängsuntersuchung 2011, statistische Daten Benzotriazole
Fig. 7.4: Examinations along the Ruhr in 2011, statistical data on benzotriazoles

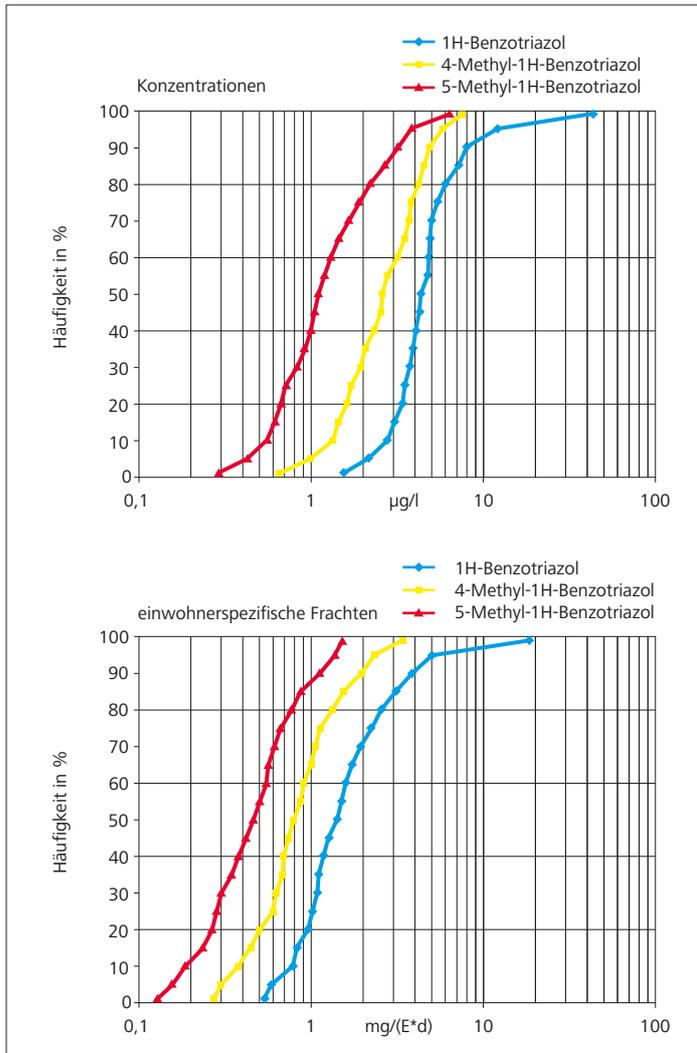


Bild 7.5: Summenhäufigkeiten der mittleren Gehalte an Benzotriazolen im Ablauf der Ruhrverbandskläranlagen im Jahr 2011

Fig. 7.5: Cumulative frequencies of the mean benzotriazole loads in the outlet of the Ruhrverband's sewage treatment plants in 2011

Bild 7.5 zeigt die Summenhäufigkeiten der mittleren Konzentrationen und der einwohnerspezifischen Frachten an Benzotriazolen. Zu erkennen ist, dass die drei Verbindungen Häufigkeitsverteilungen auf leicht unterschiedlichen Belastungsniveaus aufweisen. Hierbei ergeben sich für das 1H-Benzotriazol jeweils die höchsten Werte. Die Verteilungskurve der Konzentrationen für diese Verbindung weist darüber hinaus auf einige wenige Anlagen mit sehr hohen Gehalten hin. In Tabelle 7.2 sind die Spannweiten der mittleren Gehalte für die drei untersuchten Verbindungen dargestellt. Für das 1H-Benzotriazol wurde mit Werten zwischen 1,3 und 66 µg/l bei einem Median von 4,3 µg/l die größte Spannweite der Konzentrationsmittelwerte festgestellt. Bei geringeren Schwankungsbreiten liegen die Mediane der Konzentrationsmittelwerte für 4-Methyl-1H-Benzotriazol mit 2,6 µg/l und 5-Methyl-1H-Benzotriazol mit 1,3 µg/l im Vergleich niedriger.

Tabelle 7.2: Mediane und extreme Gehalte an Benzotriazolen im Ablauf der Verbandskläranlagen im Jahr 2011

Table 7.2: Median and extreme loads of benzotriazoles in the outlet of the Ruhrverband's sewage treatment plants in 2011

	Konzentrationen (µg/l)			Einwohnerspezifische Frachten (mg/(E•d))		
	1H-Benzotriazol	4-Methyl-1H-Benzotriazol	5-Methyl-1H-Benzotriazol	1H-Benzotriazol	4-Methyl-1H-Benzotriazol	5-Methyl-1H-Benzotriazol
Minimum	1,3	0,56	0,23	0,5	0,3	0,1
Maximum	66	9,4	5	20,5	3,7	1,6
Median	4,3	2,6	1,3	1,4	0,8	0,5

Hinsichtlich der einwohnerspezifischen Belastung schwanken im Falle des 1H-Benzotriazol bei einem Median von 1,4 mg/(E•d) die Werte um etwa den Faktor 40. Für das 4-Methyl-1H-Benzotriazol liegt der Median bei 0,8 mg/(E•d) und für das 5-Methyl-Benzotriazol bei 0,5 mg/(E•d). Aus den drei Medianen errechnet sich in Summe eine spezifische Belastung von 2,7 mg/(E•d). Diesem Wert steht ein häuslicher Verbrauch in Maschinengeschirrspülmitteln von rund 2,5 mg/(E•d) gegenüber [7.4]. Einen Vergleich der Summenhäufigkeiten der Gehalte an 1H-Benzotriazol im Ablauf der Ruhrverbandskläranlagen für die beiden Untersuchungskampagnen im Mai und im September 2011 zeigt Bild 7.6. Zu erkennen ist das insgesamt höhere Konzentrationsniveau der Mai-Untersuchungen, welches vor allem auf die geringeren Tageswassermengen, ausgedrückt durch das Verhältnis Q/Q_t , zurückzuführen ist. Das Resultat dieser beiden gegenläufigen Effekte sind insgesamt nur unwesentlich höhere einwohnerspezifische Frachten im September, was auf eine vergleichsweise gering schwankende frachtbezogene Emissionssituation aller Kläranlagen hinweist.

Die Emission aller Verbandskläranlagen bis zur Mündung lag im Jahr 2011 im Mittel bei rund 4.990 g/d 1H-Benzotriazol, 2.650 g/d 4-Methyl-1H-Benzotriazol und 1.080 g/d 5-Methyl-1H-Benzotriazol (Bild 7.7). Das 1H-Benzotriazol hat somit einen Anteil von knapp 60 % an der Gesamtemission der drei untersuchten Verbindungen. Die Frachtverteilung deutet auf variierende Verwendungsmengen bzw. unterschiedliche Abbaubarkeiten der drei Benzotriazole hin. Eine detaillierte Betrachtung der Kläranlagen zeigt, dass die Kläranlage Duisburg-Kaßlerfeld mit einer mittleren Ablauffracht an 1H-Benzotriazol von 1.190 g/d für rund 24 % der Gesamtemission aller Verbandskläranlagen verantwortlich ist. Für das 4-Methyl-1H-Benzotriazol liegt der Anteil dieser Anlage bei 35 % und für das 5-Methyl-1H-Benzotriazol bei 26 %. Darüber hinaus erwiesen sich die Kläranlagen Altena und Finntrop mit Tagesfrachten von 500 bzw. 210 g/d als überdurchschnittlich belastet. Für diese beiden Anlagen ergeben sich für 1H-Benzotriazol einwohnerspezifische Frachten, die um den Faktor acht bis neun über dem Ruhrverbandsdurchschnitt liegen. Für die Kläranlage Duisburg-Kaßlerfeld liegt dieser Wert noch um etwa das Doppelte über der mittleren Belastung aller Anlagen. Die stark erhöhten Relationen weisen auf einen signifikanten gewerblich-industriellen Frachtanteil hin.

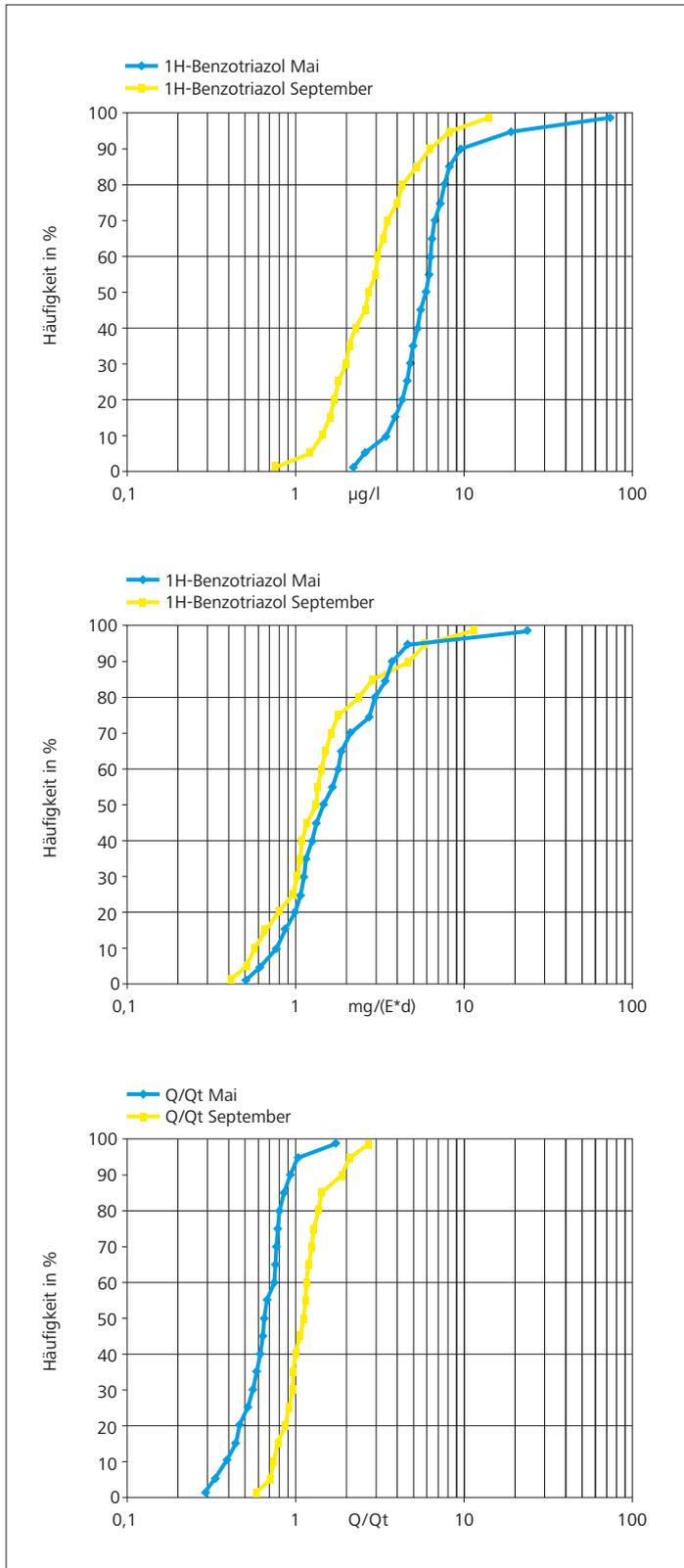


Bild 7.6: Summenhäufigkeiten der Gehalte an 1H-Benzotriazol im Ablauf der Ruhrverbandskläranlagen im Jahr 2011
 Fig. 7.6: Cumulative frequencies of 1H-benzotriazole loads in the outlet of the Ruhrverband's sewage treatment plants in 2011

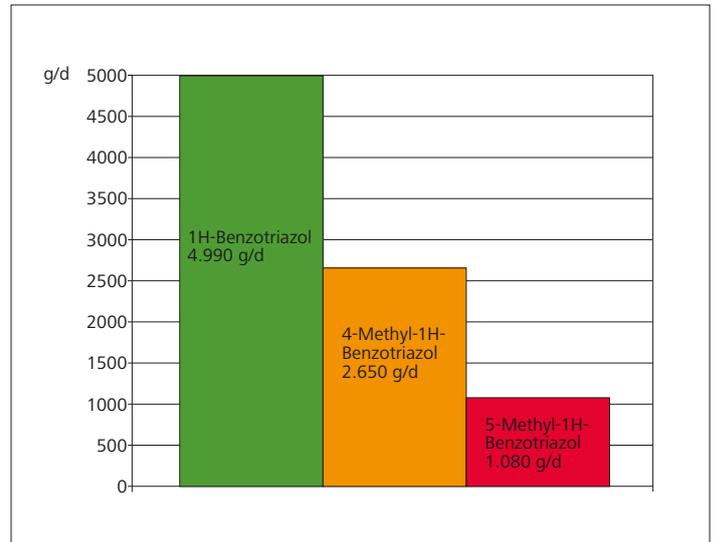


Bild 7.7: Mittlere Tagesfrachten an Benzotriazolen im Ablauf der Ruhrverbandskläranlagen im Jahr 2011
 Fig. 7.7: Mean daily loads of benzotriazoles in the outlet of the Ruhrverband's sewage treatment plants in 2011

In Bild 7.8 wird der zeitliche Verlauf der Zu- und Ablaufkonzentrationen an 1H-Benzotriazol am Beispiel der Kläranlage Duisburg-Kaßlerfeld für den Zeitraum von einer Woche dargestellt. Es ist ein ausgeprägter Wochengang mit einem Belastungsminimum am Wochenende und einem Maximum in der Woche festzustellen. Für die Anlagen in Finnentrop und Altena ist ein vergleichbarer Verlauf festzustellen, wobei die Maxima an unterschiedlichen Wochentagen auftreten. Der Wochenverlauf verdeutlicht den industriellen Einfluss auf die Zulaufbelastung dieser drei Anlagen. Für die beiden Tolybenzotriazole ist der beschriebene Wochengang weitaus weniger ausgeprägt. Stichprobenartige Untersuchungen ergaben für die Kläranlagen Altena und Finnentrop je einen Einleiter, der alleine für rund 40 bzw. 20 % der mittleren Zulauffracht an 1H-Benzotriazol verantwortlich erscheint. Die bisherigen Untersuchungen im Einzugsgebiet der Kläranlage Duisburg-Kaßlerfeld ergaben dahingegen noch keinen Hinweis auf einen herausragenden Verursacher.

Aus den Summen der mittleren Tagesfrachten im Zu- und Ablauf der drei Kläranlagen ergibt sich für den betrachteten Untersuchungszeitraum ohne Berücksichtigung der Aufenthaltszeiten eine rechnerische Reinigungsleistung für 1H-Benzotriazol von etwa 47 %. In der Literatur werden Eliminationsleistungen von 30 bis 44 % genannt [7.10, 7.12]. Zum weiteren Vergleich lag die Reinigungsleistung im Ablauf der Nachklärung 1 auf der Kläranlage Schwerte (konventionelle kommunale Verfahrenstechnik) über einen Zeitraum von 16 Untersuchungstagen im Mittel bei 31 %. Für 4-Methyl-1H-Benzotriazol beträgt die durchschnittliche Eliminationsrate im Untersuchungszeitraum 14 % und für 5-Methyl-1H-Benzotriazol 80 %. Literaturangaben zufolge betragen die Retentionsleistungen etwa 34 % beim 4-Methyl-1H-Benzotriazol und bis zu 80 % beim 5-Methyl-1H-Benzotriazol [7.5].

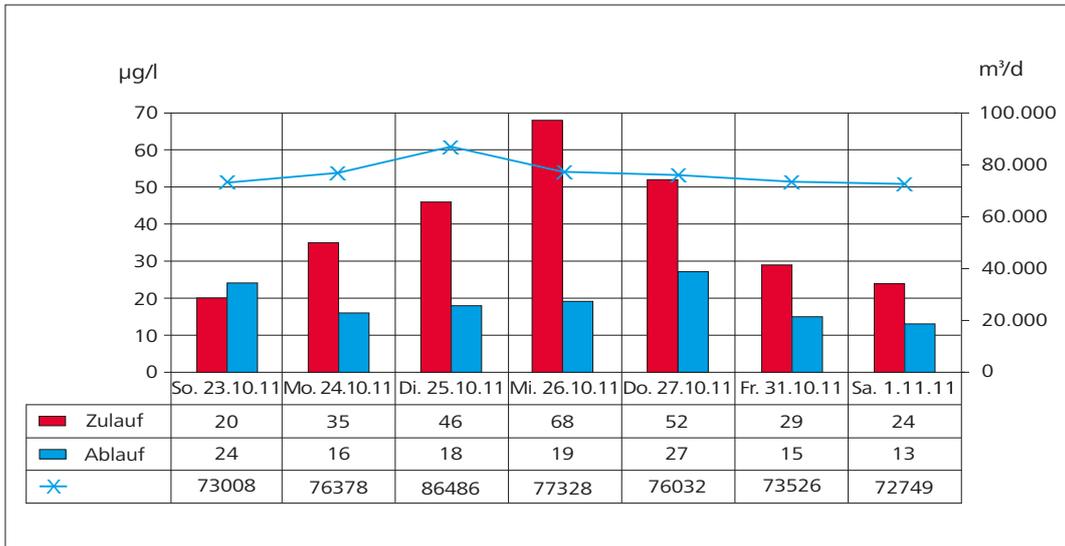


Bild 7.8: Wochengang der Zu- und Ablaufkonzentrationen an 1H-Benzotriazol auf der Kläranlage Duisburg-Kaßlerfeld
 Fig. 7.8: 1H-benzotriazole concentrations in the inlet and outlet of the sewage treatment plant Duisburg-Kaßlerfeld during one week

Einen interessanten Aspekt bei der Betrachtung der Benzotriazole stellt der Vergleich der Frachteinträge aus den Kläranlagen mit der Immission in der Ruhr dar. Dort lagen die transportierten Frachten an der Probenahmestelle Essen-Rellinghausen im Jahr 2011 im Mittel aller Untersuchungen bei rund 2.860 g/d 1H-Benzotriazol, 1.570 g/d 4-Methyl-1H-Benzotriazol und 620 g/d 5-Methyl-1H-Benzotriazol. Aus den oberhalb gelegenen Kläranlagen wurden während der beiden Untersuchungskampagnen rund 3.350 g/d 1H-Benzotriazol, 1.520 g/d 4-Methyl-1H-Benzotriazol und 710 g/d 5-Methyl-1H-Benzotriazol eingeleitet. Unter Berücksichtigung der unterschiedlichen Probenahmezeiträume und -frequenzen findet sich eine relativ gute Übereinstimmung zwischen Emission und Immission, welche daraufhin deutet, dass die Kläranlagen die Haupteintragsquelle für Benzotriazole in die Ruhr darstellen.

Fazit

Die als Korrosionsschutzmittel bekannten Benzotriazole kommen sowohl in Haushalten in Geschirrspülmitteln als auch in Industrie und Gewerbe zum Einsatz. Teilweise werden im jeweiligen Einzugsgebiet dominante Einleiter identifiziert. Im konventionellen Kläranlagenbetrieb gelten die Verbindungen als mäßig bis mittel gut abbaubar. Dies wird durch mittlere Eliminationsraten zwischen 14 und 80 % bestätigt. Effektiver lassen sich Benzotriazole durch den Einsatz von Aktivkohle aus dem Abwasser entfernen. Wie ein Vergleich von Emission und Immission zeigt, stellen die Kläranlagen den Haupteintragspfad für diese Verbindungsklasse dar. Die Abhängigkeit der Frachten vom Abfluss verdeutlicht, dass diffuse Quellen einen vergleichsweise geringen Anteil an der in der Ruhr transportierten Fracht haben. Im Jahr 2011 wurden in allen in der Ruhr bei Essen entnommenen Proben signifikante Befunde ermittelt, wobei die Mediane für die drei Verbindungen zwischen 0,16 und 0,67 µg/l lagen. Benzotriazole gehören somit zu den Mikroverunreinigungen mit vergleichsweise hohen Konzentrationen in der Ruhr.

[7.12] Hollender, J., 2007, Mikroverunreinigungen. Vorkommen in Gewässern der Schweiz und Bewertung. In: gwa, 11/2007, S. 843-852

8 Das Vorkommen der Neozoe *Hemimysis anomala* – Schwebgarnele – in der Möhnetalsperre

Einleitung

Als „Neozoen“ werden nicht-heimische Tierarten bezeichnet, die – direkt oder indirekt durch den Menschen verursacht – heute Gebiete besiedeln und sich dort erfolgreich reproduzieren, in denen sie natürlicherweise nicht vorkommen und die sie auch bei Wanderungen nie hätten erreichen können. Bekannte Beispiele sind die aus Europa nach Australien eingeschleppten Kaninchen oder die aus Nordamerika nach Europa als Pelztiere eingeführten Bisam und Nutrias, die in Freiheit gelangten und sich seitdem entlang vieler Gewässer ausbreiten konnten.

Bei der Besiedlung der für sie neuen Areale kommt es häufig zu Massenentwicklungen dieser Neozoen, die dann zur Plage werden können, wie z.B. an der Kaninchenplage in Australien zu sehen ist. Aber auch Bisam und Nutria konnten sich in Europa stark vermehren und gefährden nun durch ihre Wühltätigkeit die Standortsicherheit von Ufern und Deichen [8.1]. Der Ruhrgütebericht widmete sich bereits 1998 und 2007 u.a. dem Thema aquatische Neozoen [8.2, 8.3] und beleuchtete den Verbreitungsstand sowie mögliche ökologische Effekte dieser nicht-heimischen Arten in den Gewässern des Ruhreinzugsgebiets. Da die Einwanderung und Ausbreitung der Neozoen ein kontinuierlicher, dynamischer Prozess ist, wird dieser durch den Ruhrverband auch weiterhin verfolgt, um mögliche negative Folgen einer Invasion einzelner Neozoenarten frühzeitig zu erkennen. Gezielte Maßnahmen zur Beeinflussung des Aufkommens von Neobiota sind nach derzeitigem Stand der Fachdiskussion allerdings nicht sinnvoll.

Bereits seit 2003 ist das Vorkommen der aus der Schwarzmeerregion stammenden Schwebgarnele *Hemimysis anomala* in der Möhnetalsperre bekannt (Bild 8.1). Damit ist die Möhnetalsperre die einzige Talsperre im Ruhreinzugsgebiet, nach aktuellem Kenntnisstand sogar die einzige Talsperre in Deutschland, in der diese Art heute vorkommt. Ihr sonstiges Vorkommen in Deutschland ist v.a. aus Bundeswasserstraßen, dem Bodensee und kleineren Kiesgruben dokumentiert. Da die Kenntnisse zur Ökologie dieser Art und zu den Effekten, die sie als Neozoe in neu besiedelten Gewässern verursacht, gering und zum Teil widersprüchlich sind, wurden im Rahmen einer Masterarbeit [8.4] das Vorkommen von *Hemimysis anomala* und ihre möglichen Auswirkungen auf das Nahrungsnetz der Möhnetalsperre genauer untersucht. Da diese Art von der DAISIE-Datenbank (DAISIE: Delivering Alien Invasive Species Inventory for Europe) als „invasiv“ eingestuft wird, liegt ein besonderes Augenmerk auf ihren Verbreitungsmustern in der Talsperre und der Entwicklung der Populationsstärke.



Bild 8.1: Die Schwebgarnele *Hemimysis anomala* (Foto: Volker Krautkrämer)
Fig. 8.1: Bloody-red Mysid shrimp *Hemimysis anomala* (Photo: Volker Krautkrämer)

Charakteristik und Verbreitung von *Hemimysis anomala*

Die Schwebgarnele *Hemimysis anomala* hat ihr ursprüngliches Verbreitungsgebiet im Brackwasserbereich des Schwarzen Meeres sowie in der Donau und weiteren Schwarzmeer-Zuflüssen. In Westeuropa wurde die Art zum ersten Mal im Jahre 1992 im nördlichen Teil der Ostsee nachgewiesen [8.5]. Das Verbindungs-glied zwischen diesem Fund in Finnland und der ursprünglichen Heimat des Organismus stellen künstlich angelegte Seen im Einzugsgebiet der Ostsee dar, in die u. a. die Schwebgarnele gezielt als Fischnährtier eingesetzt worden war. Sie sollte dazu beitragen, den Fischertrag in den nährstoffarmen Gewässern zu steigern. Durch Bau des Rhein-Main-Donaukanals gelangte die Schwebgarnele aus dem Donaueinzugsgebiet in den Rhein, wo sie 1997 zum ersten Mal auf deutschem Gebiet nachgewiesen werden konnte.

Nach ihrer schnellen Ausbreitung im gesamten Rhein konnte sie bald auch in der unteren Ruhr bei Mülheim zusammen mit anderen neozoischen Kleinkrebsarten festgestellt werden [8.3]. Eine weitere Ausbreitung ruhraufwärts erfolgte bis jetzt nicht, aber seit 2005 kann *Hemimysis anomala* als isolierter Bestand in der gesamten Möhnetalsperre nachgewiesen werden. Ihr Weg dorthin ist weiterhin unklar. Schwebgarnelen können in Fließgewässern nicht aktiv aufwärts – d.h. gegen die Strömung – schwimmen [8.10], da ihre Kräfte hierfür nicht ausreichend sind. Stehende oder extrem langsam fließende Gewässer, z.B. im Mündungsbe-reich ins Meer, sind daher ihr bevorzugter Lebensraum. Aus diesem Grund ist es nicht möglich, dass *Hemimysis* aus eigener Kraft durch die Ruhr aufwärts wandernd bis in die Möhne gelangen konnte – unabhängig von der Frage, wie die Talsperrenmauer als Wanderhindernis hätte überwunden werden können.

Möglich ist, dass sie im Zusammenhang mit Fischbesatz bzw. mit dem Transportwasser zugekaufter Fische in die Möhnetalsperre gelangte. Denn *Hemimysis* wird vor allem in Osteuropa als „Fischnährtier“ in Talsperren und künstlichen Seen ausgesetzt, um die

Fischproduktion zu stärken. Gelangen dort produzierte Fische als Besatzfische in den Verkauf, ist der ungewollte Mittransport der Schwebgarnelen möglich. Aber auch Boottransporte aus bereits mit *Hemimysis* besiedelten Gewässern oder möglicherweise sogar ein bewusstes Freisetzen sind als Besiedlungspfade möglich.

Hemimysis anomala gehört in die Ordnung der Schwebgarnelen, einer Gruppe von Kleinkrebsen mit Verbreitungsschwerpunkt im marinen Bereich. Der ursprüngliche Lebensraum von *Hemimysis anomala* ist daher auch der Brackwasserbereich. Sie verfügt jedoch über ein ausgeprägtes Anpassungsvermögen und ist in der Lage, ihren körpereigenen Salzhaushalt zu regulieren, so dass ihre Salztoleranz im Bereich von 0 bis 19 Promille liegt. Damit ist für diese Art auch das Süßwasser – wenn auch physiologisch suboptimal – besiedelbar, also auch die Möhnetalsperre. Ausgewachsene Schwebgarnelen werden 6 bis 15 mm lang, wobei die Weibchen in der Regel etwas größer als die Männchen sind. Die Tiere werden ein bis zwei Jahre alt, die Anzahl der Generationen pro Jahr ist unsicher und schwankt mit der geographischen Lage des Vorkommens. Nach der Begattung werden die befruchteten Eier nicht ins Freiwasser abgegeben, sondern das Weibchen trägt diese in einem durch Beingliedmaßen gebildeten Brutraum (Marsupium) unter dem Körper. Die Anzahl der Eier bzw. Embryonen pro *Hemimysis*-Weibchen wird in der Literatur mit sechs bis 70 angegeben [8.5], bei Tieren aus der Möhnetalsperre schwankt diese Zahl zwischen 28 und 61 (Mittelwert: 42). Nach dem Schlüpfen aus dem Brutraum können die Jungtiere innerhalb von 45 Tagen selbst wieder geschlechtsreif werden [8.6]. Die Art hat damit durch Brutpflege (= verringerte Mortalität in der Frühphase der Entwicklung), die relativ hohen Eizahlen und die kurzen Generationszeiten das für invasive Neozoen typische Potenzial, schnell große Populationsdichten aufzubauen. Die Art toleriert Wassertemperaturen von 4 bis 22 °C, ein relativ weiten Temperaturbereich, den *Hemimysis anomala* durch Vertikalwanderung in entsprechende Tiefen in der Möhnetalsperre immer einhalten kann. Das Spektrum der Wassertiefen, in denen *Hemimysis anomala* in anderen Untersuchungen nachgewiesen wurde [8.7, 8.8, 8.9], reicht von wenigen Zentimetern bei unmittelbarer Ufernähe bis zu 50 m Tiefe. Der Schwerpunkt der Verbreitung liegt bei 6 bis 10 m. Zur Überprüfung der Tiefenverbreitung von *Hemimysis* in der Möhnetalsperre inkl. des Heve-Beckens wurden im Sommer 2009 insgesamt 37 Fallen in unterschiedlichen Tiefen und an unterschiedlichen Standorten exponiert. Die maximale Tiefe der Möhnetalsperre liegt bei 33,7 m, die mittlere Tiefe bei 12,6 m. Bild 8.2 gibt die vertikale Verteilung der Fänge von *Hemimysis* wieder. Der Verbreitungsschwerpunkt liegt zwischen 7 und 9 m mit einem Maximum bei 7 m Tiefe, d.h. bei der unteren Grenze der euphotischen Zone. Flachere und tiefere Bereiche werden kaum besiedelt, hier konnten nur Einzelfunde nachgewiesen werden. Der von *Hemimysis* präferierte Bereich ist damit das Metalimnion der Möhnetalsperre, das tiefer gelegene, im Sommer sauerstoffarme Hypolimnion (vgl. Kap. 4, Talsperrenuntersuchungen – Möhnetalsperre) wird gemieden. Da *Hemimysis anomala* zudem negativ phototaktisch ist, d.h. Licht meidet, ist sie auch im flachen Uferbereich eher selten. Ihr Vorkommen konzentriert sich hier auf Bereiche mit groben Steinschüttungen mit einem großen Hohlraumssystem, das als Versteck und Unterstand zum Schutz vor dem

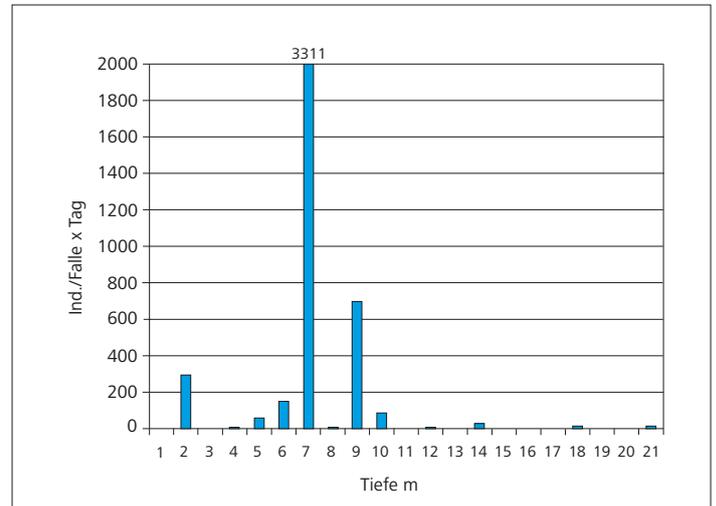


Bild 8.2: Tiefenpräferenz von *Hemimysis anomala* in der Möhnetalsperre (Auswertung von 37 Fallen in Tiefen zwischen 1 m und 21 m, normiert auf 24 h Expositionsdauer)

Fig. 8.2: Water depth preference of *Hemimysis anomala* in the Möhne Reservoir (data from 37 traps exposed in water depth between 1 m and 21 m, exposure time in 24h increments)

Sonnenlicht genutzt wird. Bild 8.3 zeigt die Verbreitung von *Hemimysis anomala* in der Möhnetalsperre. Die Schwebgarnelenart hat damit seit ihrem ersten Auftreten 2003 die gesamte Talsperre als Lebensraum erobert. Bevorzugt werden vor allem Bereiche, die in der von ihr präferierten Tiefe Blocksteine als geeignete Unterstände bieten. Gemäß Literaturangaben siedelt

- [8.1] Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e.V. (Hrsg.): Biber, Nutria – Erkennungsmerkmale und Lebensweisen, Gestaltung und Sicherung gefährdeter Ufer, Deiche und Dämme. DVWK-Merkblatt 247/1997
- [8.2] Ruhrverband: Neophyten und Neozoen an und in der Ruhr. In: Ruhrgütebericht 1998, Essen, S. 40-47
- [8.3] Ruhrverband: Neozoen im Einzugsgebiet der Ruhr. In: Ruhrgütebericht 2007, Essen, S. 99-107
- [8.4] Achtabowski, A.: Das Vorkommen der Neozoe *Hemimysis anomala* in der Möhnetalsperre – ökologische und fischereiwirtschaftliche Bedeutung. Masterarbeit im Studiengang „Wasser und Umwelt“ der Leibniz Universität Hannover 2010
- [8.5] Dumont, S.: A new invasive Species in the North-East of France, *Hemimysis anomala* G. O. Sars, 1907 (Mysidacea). In: Crustaceana Vol. 79, No.10 (November 2006), S. 1269-1274
- [8.6] Borcherding J., Murawski S., Arndt H.: Population ecology, vertical migration and feeding of the Ponto-Caspian invader *Hemimysis anomala* in a gravel-pit lake connected to the River Rhine. In: Freshwater Biology 51 (2006), S. 2376-2387
- [8.7] Marty, J.: Biological Synopsis of the Bloody Red Shrimp (*Hemimysis anomala*). Canadian manuscript report of fisheries and aquatic sciences, Bd. 2842 (2008)
- [8.8] Kestrup, A. M., Ricciardi, A.: Occurrence of the Ponto-Caspian mysid shrimp *Hemimysis anomala* (Crustacea, Mysida) in the St. Lawrence Stream. In: Aquatic Invasions 3 (4) (2008), S. 461-464
- [8.9] Rudolph, K., Zettler, M. L.: Erste Nachweise der Schwebegarnelle *Hemimysis anomala* Sars, 1907 (Crustacea, Mysidacea) in Wasserstraßen im Nordosten Deutschlands. In: Sitzungsberichte der Gesellschaft Naturforschender Freunde zu Berlin, Band 42 (2003), S. 79-83
- [8.10] Salemaa, H., Hietalagti, V.: *Hemimysis anomala* G.O.Sars (Crustacea: Mysidacea) – Immigration of a Pontocaspian mysid into the Baltic Sea. In: Ann. Zool. Fennici 30 (1993), S. 271-276

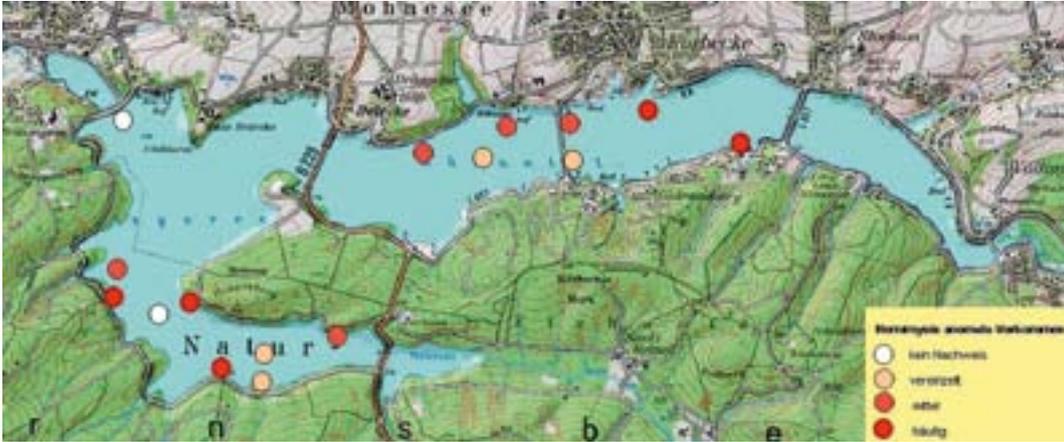


Bild 8.3: Verbreitung von *Hemimysis anomala* in der Möhnetalsperre (Zusammenstellungen von Untersuchungen aus 2008 - 2011)

Fig. 8.3: Distribution of *Hemimysis anomala* in the Möhne Reservoir (pooled data from research between 2008 and 2011)

Hemimysis anomala zudem, wenn auch weniger häufig, auf weichen Sedimenten. Auch wurde sie in Zonen mit dichter Vegetation nachgewiesen [8.10], beides jedoch Habitatbereiche, die in der Möhnetalsperre fehlen.

Wenn *Hemimysis anomala* sich am Tag nicht benthisch, d. h. am Gewässergrund, versteckt unter Steinen aufhält, dann bildet sie im Metalimnion Schwärme im Freiwasser (Bild 8.4). Speziell in den Wintermonaten können große Schwärme mit einer Ausdehnung von 1 bis 2 m beobachtet werden. In der Dämmerung bzw. nachts lösen sich diese teilweise dichten Schwärme dann auf, und die Garnelen steigen ins Epilimnion auf. Die Vertikalwanderungen der Schwebgarnelen werden besonders gut mittels hydroakustischer Verfahren sichtbar (Bild 8.5 a, Bild 8.5 b, [8.11]). Diese Vertikalwanderung im Tag-/Nacht-Rhythmus wird durch die Form des Nahrungserwerbs erklärt, denn juvenile Tiere ernähren sich in erster Linie von Phytoplankton. Mit zunehmender Körpergröße bekommt auch tierische Nahrung eine immer größere Bedeutung für



Bild 8.4: Schwarm von *Hemimysis anomala* in der Möhnetalsperre (Foto: Volker Krautkrämer)

Fig. 8.4: School of *Hemimysis anomala* in the Möhne Reservoir (Photo: Volker Krautkrämer)

Hemimysis. Dabei werden das Phytoplankton und kleine Zooplanktonorganismen mit den Filterbeinen aus dem Wasser herausgefiltert, um anschließend die an den Borsten hängenden Partikel abzuweiden. *Hemimysis* ist aber auch in der Lage, größere Zooplanktonorganismen aktiv zu jagen, und wird daher ernährungsbiologisch sowohl zu den Filtrierern als auch zu den Räubern gezählt. Durch diese Form des Nahrungserwerbs erklärt sich das Verhalten der Vertikalwanderung. Phytoplankton besitzt zum Ende des Tages den höchsten Energiegehalt durch die während der Sonneneinstrahlung mittels Photosynthese produzierten Kohlenhydrate und ist damit als Nahrung für planktivore Organismen zu dieser Zeit besonders wertvoll.

Auf der anderen Seite sind Schwebgarnelen in der Dämmerung für optisch jagende Fische kaum erkennbar und damit einem geringeren Fraßrisiko ausgesetzt. Dies hat zur Folge, dass sich *Hemimysis* über Tag entweder am Grund versteckt in Höhlungen aufhält oder durch Schwarmbildung in der dunklen Zone des Metalimnions das Risiko des Einzelindividuums, gefressen zu werden, minimiert. In der Dämmerung, bei geringerem Fraßrisiko, steigen die Tiere dann in die Schicht des energiereichen Planktons zur Nahrungsaufnahme auf.

Auch viele der kleineren Zooplanktonorganismen, vor allem Wasserflöhe (Cladocera) und Ruderfußkrebse (Copepoda), zeigen aus den gleichen Gründen dieselbe Tag-/Nacht-Wanderung. Große adulte Tiere von *Hemimysis*, bei denen Zooplankton als Hauptnahrungsquelle gilt, folgen der Vertikalwanderung ihrer Beute und ändern daher ihr Verhalten der Vertikalwanderung beim Übergang vom planktivoren Jungtier zum räuberischen Adultus nicht. Damit muss jedes Individuum von 1 mm bis ca. 15 mm Körperlänge täglich rund 5 m oder mehr auftauchen und bei der morgendlichen Dämmerung, zur Rückkehr ins Metalimnion, die gleiche Strecke wieder abtauchen.

Untersuchungen der Planktonentwicklung in der Möhnetalsperre in den Zeiten vor dem Auftreten von *Hemimysis anomala* sollen im Vergleich mit den Jahren, als diese Art sich in der Talsperre bereits etabliert hatte, prüfen, ob das Auftreten von *Hemimysis anomala* durch das Filtrieren von Phytoplankton eine erkennbare

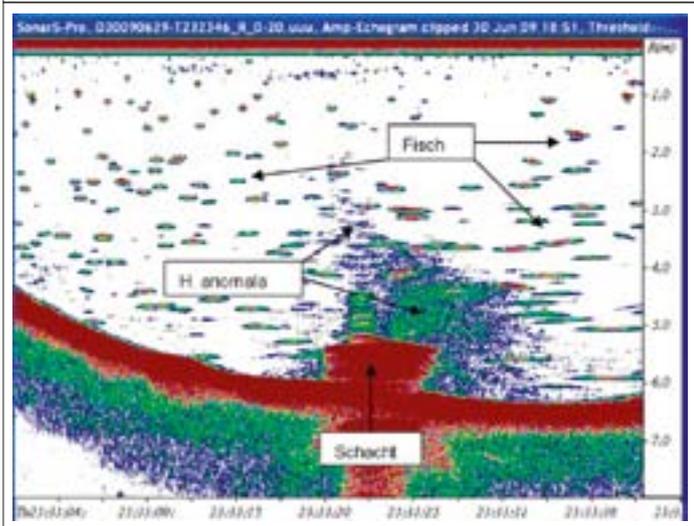
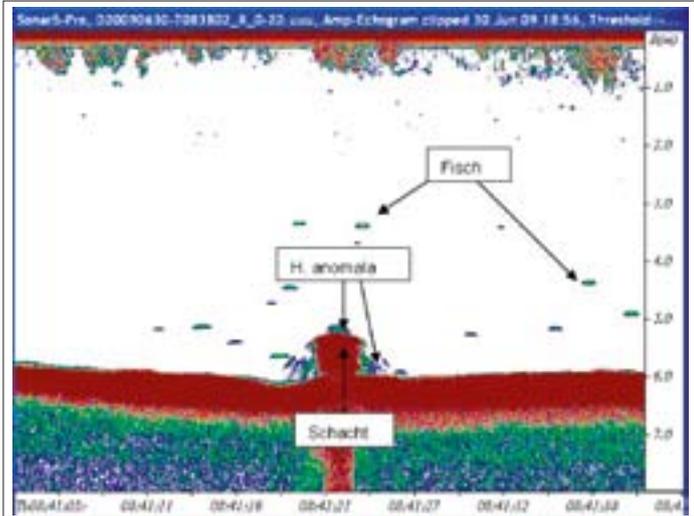


Bild 8.5 a und b: Tag- und Nachtverteilung von *Hemimysis anomala* in der Möhnetalsperre. Aufgezeichnet mit Simrad EK 60 Split-beam Echolot am 29. - 30.06.09 (Bilder: Dr. M. Schmidt)
 Fig. 8.5 a and b: Distribution of *Hemimysis anomala* in the Möhne Reservoir during day and night. Recorded with Simrad EK 60 split-beam echosounder on June 29-30, 2009 (Images: Dr. M. Schmidt)

Reduktion der Algendichten zur Folge hat. Auf der anderen Seite könnte der Fraßdruck von adulten *Hemimysis anomala* auf kleinere Zooplankter wie Daphnien oder Copepoden dazu führen, dass im Gegenteil die Phytoplanktondichte wieder zunimmt, wenn diese heimischen Planktonfresser durch den Räuberdruck von *Hemimysis* reduziert werden. Bild 8.6 zeigt hierzu die Chlorophyll-a-Entwicklung im Zeitraum 1997 bis 2009. Anhand der Monatswerte wird die jahreszeitliche Sukzession der Phytoplanktonentwicklung deutlich (vgl. Kapitel 4). Die Konzentrationswerte des Chlorophyll-a in der Zeit vor dem Auftreten von *Hemimysis anomala* in der Möhnetalsperre unterscheiden sich statistisch jedoch nicht von den Chlorophyllentwicklungen in den Jahren danach. Auch die Dichte des Zooplanktons, exemplarisch dargestellt anhand der Biomasse der Cladoceren (Bild 8.7), unterscheidet sich in der Zeit vor dem

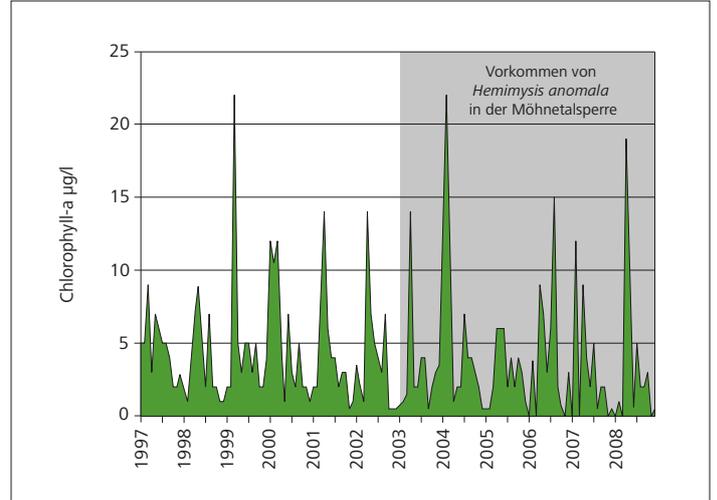


Bild 8.6: Monatswerte der Chlorophyll-a Konzentrationen in der Möhnetalsperre im Zeitraum 1997 bis 2009. Grau unterlegt der Zeitraum, in dem Schwärme von *Hemimysis anomala* in der Talsperre nachgewiesen wurden

Fig. 8.6: Monthly values of chlorophyll a concentrations in the Möhne Reservoir between 1997 and 2009. The times during which schools of *Hemimysis anomala* were documented are highlighted in grey

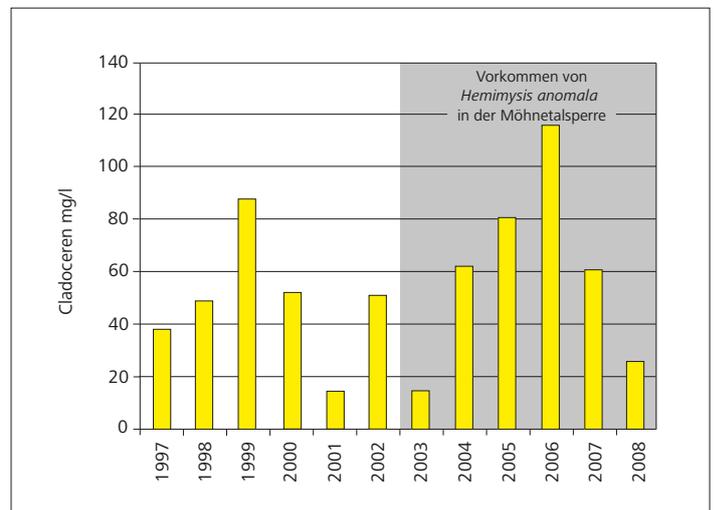


Bild 8.7: Biomasse der Cladoceren (Blattfußkrebse) in der Möhnetalsperre im Zeitraum 1997 bis 2009. Grau unterlegt der Zeitraum, in dem Schwärme von *Hemimysis anomala* in der Talsperre nachgewiesen wurden

Fig. 8.7: Cladoceran biomass in the Möhne Reservoir between 1997 and 2009. The times during which schools of *Hemimysis anomala* were documented are highlighted in grey

[8.11] Schmidt, M. B., Kühlmann, M.: Erste Tests zur hydroakustischen Erfassung von *Hemimysis anomala* in der Möhnetalsperre. Unveröffentlichtes Paper, Landesfischereiverband Westfalen und Lippe e.V. und Ruhrverband, Münster/Essen 2009

Auftreten von *Hemimysis anomala* nicht statistisch gesichert von der Zeit danach. Dies bedeutet, dass sich das Auftreten von *Hemimysis anomala* in der Möhnetalsperre weder fördernd noch reduzierend auf die Phyto- und Zooplanktongemeinschaft der Talsperre auswirkt und damit die Invasion dieses Neozoen ohne direkten Einfluss auf den trophischen Zustand der Talsperre ist. Dies ist als Ergebnis sehr erstaunlich, da z.B. aus den Niederlanden der starke Rückgang der Cladoceren bereits zwei Jahre nach dem Auftreten von *Hemimysis anomala* in einem Gewässer dokumentiert ist. Gleichzeitig nahmen in dieser Studie die von juvenilen *Hemimysis* gemäß Magenanalysen präferierten Algen *Coelastrum* und *Closterium* ab, während andere Algen von Änderungen nicht betroffen waren [8.12]. Solche Effekte waren in der Möhnetalsperre weder bei Algen noch bei Zooplanktern nachzuweisen. Erklärbar wird dies durch das breite Nahrungsspektrum von *Hemimysis anomala* (Bild 8.8), das nicht nur durch das Alter der Tiere, sondern auch durch das verfügbare Nahrungsangebot beeinflusst wird.

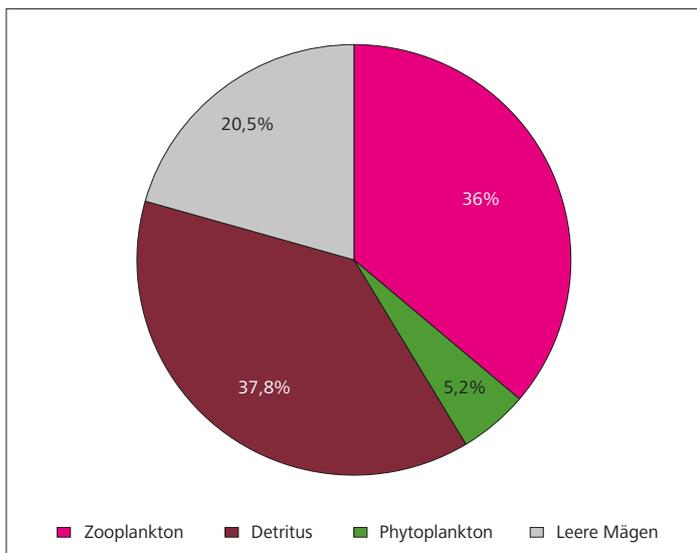


Bild 8.8: Ergebnisse der Untersuchungen des Mageninhalts von *Hemimysis anomala* aus Fängen in einem rheinangebundenen Baggersee am Niederrhein (Daten aus Murawski, 2003 zitiert in [8.1])

Fig. 8.8: Gut content of sampled *Hemimysis anomala*. Research results are from a pit mining lake connected to the River Rhine in the Niederrhein region (data from Murawski, 2003 quoted in [8.1])

Es ist also möglich, dass in der mesotrophen Möhnetalsperre die Dichte des Phyto- und Zooplanktons zu gering ist, als dass *Hemimysis anomala* dies als präferierte Nahrung nutzt. Zudem steht *Hemimysis anomala* beim Planktonfraß in Nahrungskonkurrenz mit einer anderen neozoischen Art in der Möhnetalsperre, der Dreikantmuschel *Dreissena polymorpha*, die wie *Hemimysis anomala* ebenfalls aus dem pontokaspischen Raum stammt, aber schon seit langem die Möhnetalsperre erfolgreich besiedelt (Bild 8.9).

Eine weitere Hypothese für den fehlenden Einfluss von *Hemimysis anomala* auf die Zusammensetzung des Planktons in der Möhnetalsperre ist, dass die Tiere sich hier, da sie auch Detritus als Nah-



Bild 8.9: Neozoen in der Möhnetalsperre: Ein Schwarm *Hemimysis anomala* vor einer groben Steinschüttung, die dicht mit der Zebra muschel *Dreissena polymorpha* besiedelt ist (Foto: Volker Krautkrämer)

Fig. 8.9: Invasive species in the Möhne Reservoir: A school of *Hemimysis anomala* in front of riprap densely populated with the zebra mussel *Dreissena polymorpha* (Photo: Volker Krautkrämer)

rung nutzen können, primär auf eine detritivore Ernährung umgestellt haben, wie dies Bild 8.10 dokumentiert. Unklar wäre in diesem Fall jedoch, ob *Hemimysis* dort benthisch tatsächlich Detritus frisst, oder ob sie auch benthische Algen oder kleine Vertreter des Makrozoobenthos, z.B. Würmer der Familie der Naididae, sowie benthische Ciliaten oder Rädertiere als Nahrung nutzt.

Eine andere Erklärung wäre, dass *Hemimysis anomala* sich auch in der Möhnetalsperre in erster Linie als Planktonfresser ernährt, ihre Dichten aber nicht ausreichen, die Phytoplankton- und Zooplanktondichten zu beeinflussen. So ist diese Art zwar in der von ihr präferierten Tiefe quasi in der gesamten Talsperre verbreitet, dichte Schwärme konnten bis jetzt aber nur lokal beobachtet werden.



Bild 8.10: *Hemimysis anomala* weidet die Detritusauflage auf Feinsedimenten ab (Foto: Volker Krautkrämer)

Fig. 8.10: *Hemimysis anomala* feeding on the detritus layers covering the fine particulate sediment (Photo: Volker Krautkrämer)



Bild 8.11: Flussbarsch (*Perca fluviatilis*) auf der Jagd nach *Hemimysis anomala* (rot markiert) (Foto: Volker Krautkrämer)
 Fig. 8.11: European perch (*Perca fluviatilis*) hunting for *Hemimysis anomala* (marked in red) (Photo: Volker Krautkrämer)

Zudem ist es wahrscheinlich, dass Fische *Hemimysis* als proteinreiche Nahrung schätzen (Bild 8.11) und durch ihren Fraßdruck eine echte invasive Massenentwicklung verhindern. Besonders bei Flussbarschen (*Perca fluviatilis*) konnten bei Mageninhaltsanalysen *Hemimysis* als wichtiger Nahrungsbestandteil nachgewiesen werden.

Auswirkungen auf die fischereiliche Bewirtschaftung der Möhnetalsperre

Waren in den 1990er Jahren noch Brasse (*Abramis brama*), Kleine Maräne (*Coregonus albula*) und Zander (*Sander lucioperca*) die häufigsten Arten, so dominieren heute Flussbarsch (*Perca fluviatilis*), Hecht (*Esox lucius*), Rotaugen (*Rutilus rutilus*) und Große Maräne (*Coregonus lavaretus*) [8.13]. Der mittlere Fischertrag liegt derzeit bei ca. 57 kg Fisch/(ha • a). Für das Jahr 2007 wurde im Rahmen der jährlich durchgeführten Probebefischungen ein Friedfisch-Raubfisch-Verhältnis von 48 % zu 52 % (2007) bzw. 29 % zu 71 % (2008) ermittelt. Diese Dominanz der Raubfische gegenüber den Friedfischen ist, trotz natürlich schwankender relativer Anteilen, unter wasserwirtschaftlichen Gesichtspunkten als sehr günstig bzw. relativ günstig anzusehen [8.13, 8.14]. Bild 8.12 zeigt das Prinzip der Nahrungskettensteuerung in den Talsperren des Ruhrverbands, weitere Informationen finden sich in der Broschüre „Die Fischwirtschaft an den Ruhrtalsperren“ [8.15]. Durch das Auftreten von *Hemimysis anomala* wird die Nahrungskette in der Möhnetalsperre um einen zusätzlichen Konsumenten für das Zooplankton und damit einen eventuellen Futterkonkurrenten für Jungfische erweitert. Andererseits haben Junggarnelen, die bevorzugt Phytoplankton filtrieren, auch einen direkten Einfluss auf die Algendichte. Neben dieser Funktion als Räuber bzw. Primärkonsument können die Schwabgarnelen aber auch als energiereiches Futter vor allem für Jungfische dienen und so möglicherweise nachhaltig auf die Dichte und Zusammensetzung der Fischpopulation einwirken.

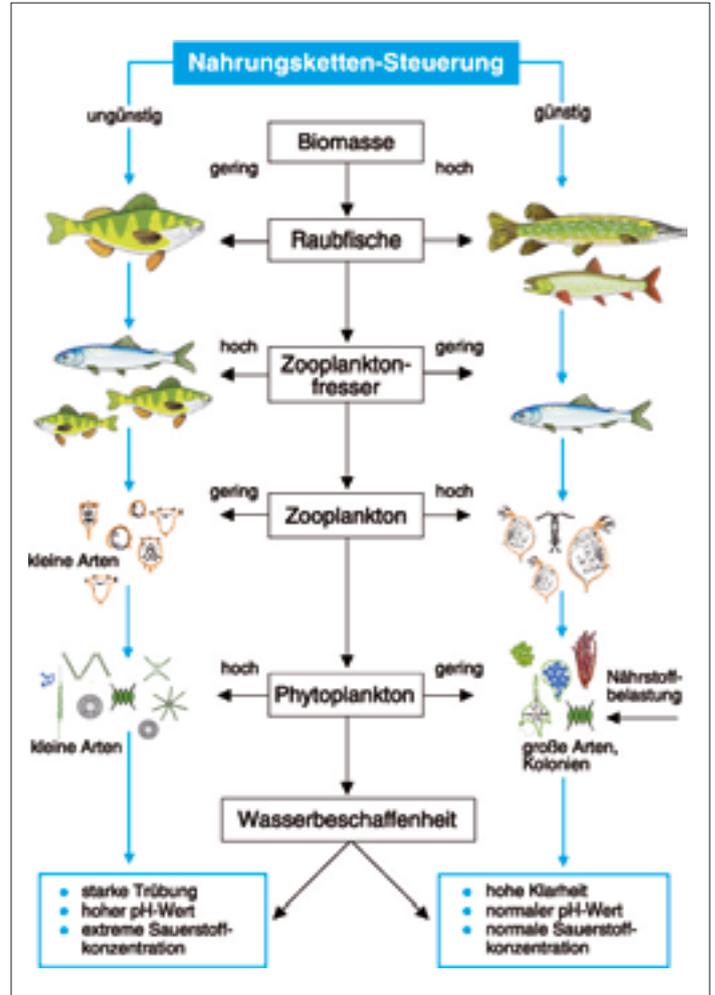


Bild 8.12: Nahrungskettensteuerung in den Ruhrtalsperren (aus: [8.15])
 Fig. 8.12: Food chain manipulation in the Ruhr reservoirs (from: [8.15])

Parallel mit dem Auftreten von *Hemimysis anomala* erhöhte sich die Flussbarschpopulation in der Möhnetalsperre deutlich. Der Biomasseanteil der Barsche lag um die Jahrtausendwende bei rund 18 % der Fischpopulation der Möhnetalsperre und stieg bis zum Jahr 2007 auf knapp 46 % an. Mittlerweile pendelt sich der Barschanteil bei ca. 40 % ein. Aber nicht nur die Biomasse der Barschpopulation, auch der Ernährungszustand und das Wachstum der einzelnen Individuen haben sich deutlich verbessert.

[8.12] Ketelaars, H., Lambregts-van de Clundert, F. E., Carpentier, C. J., Wagenvoort, A. J., Hoogenboezem, W.: Ecological effects of the mass occurrence of the Ponto-Caspian invader *Hemimysis anomala* G.O. Sars, 1907 (Crustacea: Mysidacea), in a freshwater storage reservoir in the Netherlands, with notes on its autecology and new records. In: *Hydrobiologia* 394 (1999), S. 23-248

[8.13] Talsperren-Fischerei, Jahresbericht 2007, Ruhrverband

[8.14] Talsperren-Fischerei, Jahresbericht 2008, Ruhrverband

[8.15] Ruhrverband: Die Fischwirtschaft an den Ruhrtalsperren, Essen 2009

Funde von *Hemimysis anomala* in Barschmägen bestätigen die Vermutung, dass ein kausaler Zusammenhang zwischen dem Auftreten der Schwebgarnelen und der Zunahme der Flussbarschpopulation besteht. Zu vergleichbaren Ergebnissen kommen auch aktuelle Untersuchungen am Bodensee. Hier tritt seit 2006 die Schwebgarnelenart *Limnomysis benedeni* massenhaft auf. Sie ist in Aussehen, Größe, Lebens- und Ernährungsweise ihrer Schwesterart *Hemimysis anomala* sehr ähnlich und wurde bevorzugt in Mägen bodenorientierter Fische wie Fluss- und Kaulbarsch, Stichling, Hasel und Quappe gefunden. Die Barsche haben im Bodensee geradezu eine neue Nahrungsquelle erschlossen und beweideten intensiv die Populationen von *Limnomysis benedeni*, was u. a. auch der Grund dafür sein könnte, dass die Flussbarsche entgegen der mit der Oligotrophierung des Gewässers verbundenen Erwartung statt eines langsameren ein verbessertes Wachstum zeigen [8.16].

Deutlich ist schon jetzt, dass *Hemimysis anomala* von Flussbarschen als Nahrung gerne genutzt wird und sich seit ihrem Auftreten in der Möhnetalsperre die Bestände dieser Fische auf Grund des erhöhten Futterangebots erkennbar erhöht haben. Wahrscheinlich profitieren auch andere Fischarten wie Zander und Kaulbarsch von *Hemimysis anomala* als neue Nahrungsquelle. Trotz dieser Abundanzverschiebungen in der Fischzönose werden hierdurch aktuell die Ziele der Reoligotrophierung nicht gefährdet, so dass eine gezielte Anpassung der fischereilichen Bewirtschaftung auf die veränderten Bedingungen zur Zeit nicht nötig ist.

Ausblick

Für die Bewirtschaftung der Talsperre mit dem Ziel der weiteren Verringerung der Trophie ist es von ausschlaggebender Bedeutung, dass mit *Hemimysis anomala* zwar eine neue, invasive Neozoenart die Möhnetalsperre besiedelt hat, diese Art aber, trotz ihrer Verbreitung im gesamten Staukörper, aktuell den trophischen Zustand nicht negativ beeinflusst. Daher besteht zur Zeit auch keine Notwendigkeit, durch gezielte fischereiliche Bewirtschaftung die Entwicklung der Schwebgarnelen einzudämmen. Bisher ist davon auszugehen, dass *Hemimysis anomala* vielmehr als Nahrungszugewinn für einige Fischarten der Möhnetalsperre angesehen werden kann.

Nach derzeitigem Kenntnisstand können jedoch die Biomasse von *Hemimysis anomala*, ihre potenzielle weitere Bestandsentwicklung und damit ihre zukünftige Einflussnahme auf das Nahrungsnetz (Abundanz und Artenzusammensetzung des Phyto- und Zooplanktons, Entwicklung der Fischbestände, die von *Hemimysis* als Nahrung profitieren) nicht prognostiziert werden. Durch die regelmäßigen Monitoringuntersuchungen des Planktons der Talsperre und die Fischbestandserfassungen zur Erfolgskontrolle der fischereilichen Bewirtschaftung stehen dem Ruhrverband jedoch weiterhin regelmäßig Kenndaten zur Verfügung, aus denen ein möglicher Wechsel im trophischen Zustand, hervorgerufen durch *Hemimysis anomala*, abgeleitet werden kann. Aber auch die Entwicklung der Schwebgarnelenbestände selbst wird weiterhin kritisch beobachtet.

Da die Rolle der Schwebgarnelen als Neozoe in der Möhnetalsperre noch nicht abschließend geklärt ist, sollte daher vor Ort darauf geachtet werden, dass nicht – beabsichtigt oder unbeabsichtigt – diese Tierart auch in andere Talsperren oder sonstige Gewässerabschnitte gelangt. In der Kenntnis der Gefahr, die von der Invasion neozoischer Tierarten ausgehen kann, ist das Aussetzen fremder Arten gesetzlich verboten und kann sogar strafrechtlich verfolgt werden. Zum Erhalt einer gesunden, an die Standortbedingungen optimal angepassten Fischgemeinschaft in den Ruhrverbandstalsperren sollte daher jeder bemüht sein, eine weitere Ausbreitung der Schwebgarnelen, so attraktiv sie auch aussehen mögen, zu vermeiden.

Danksagung

Der Artikel beruht auf den Daten und der zum Thema *Hemimysis anomala* ausgewerteten Fachliteratur der Diplomarbeit von Annette Achtabowski, die im Jahr 2009 über längere Zeit durch den Ruhrverband betreute Untersuchungen zur Ökologie dieser Schwebgarnelenart vor Ort an der Möhnetalsperre durchgeführt hat. Alle Unterwasserfotos wurden von Volker Krautkrämer im Rahmen einer Studie zum Vorkommen und Verhalten von *Hemimysis anomala* in der Möhnetalsperre gemacht und dankenswerter Weise für das vorliegende Kapitel zur Verfügung gestellt. Dr. Marc B. Schmidt wird für die hydroakustischen Aufnahmen zur Tag-Nacht-Wanderung von *Hemimysis anomala* in der Möhnetalsperre gedankt.

[8.16] Baur, W., Schwebgarnelen *Limnomysis* und andere Neozoen: Segen, Fluch oder keines von beidem? In: Fischer & Teichwirt 4/2012, S. 124-125

9 Konkretisierung von Maßnahmen zur Verbesserung des Gewässerzustands nach EG-WRRL – Folgerungen für das Ruhreinzugsgebiet

Seit mehr als zwei Jahren sind der erste Bewirtschaftungsplan und sein zugehöriges Maßnahmenprogramm [9.1] nun bereits in Kraft. Letzteres beschreibt die Aktivitäten, die für die Erreichung der Ziele der Wasserrahmenrichtlinie bei den Oberflächengewässern und für das Grundwasser erforderlich sind. Hierbei geht es um die Betrachtung punktueller oder diffuser Stoffeinträge in die Gewässer, um gewässerstrukturelle Beeinträchtigungen oder um quantitative und qualitative Defizite des Grundwassers. Da diese Beschreibung der notwendigen Aktivitäten nur in sehr allgemeiner Form erfolgt ist, beschränkt sich dieses Maßnahmenprogramm lediglich auf die Benennung von potenziellen Maßnahmenbereichen und großräumigen Gewässerabschnitten. Somit fehlt darin eine direkte Zuordnung von Maßnahmen auf einen bestimmten Gewässerkilometer oder potenziellen Belastungspunkt. Diese aus politischer und umweltrechtlicher Sicht nachvollziehbare Entscheidung erschwert im weiteren Umsetzungsprozess allerdings die Benennung konkreter Handlungsstellen und hierfür verantwortlicher Maßnahmenträger.

Daher war es in einem nachfolgenden Planungsschritt notwendig, diese eher abstrakt gehaltenen und generalisierenden Inhalte des Maßnahmenprogramms zu konkretisieren. Insbesondere betraf dies den hydromorphologischen Maßnahmenbereich, der im Ruhreinzugsgebiet den hauptsächlichen Defizitfaktor darstellt und für den überwiegend die Kommunen in ihrer Funktion als Gewässerunterhaltungspflichtige zuständig sind. Dieser Schritt war bereits in den das Maßnahmenprogramm ergänzenden Steckbriefen der jeweiligen Planungseinheiten verankert, welche die Erarbeitung eines so genannten Umsetzungsfahrplans vorsahen. Dessen Intention sollte sein, die Inhalte der in den vorgenannten Steckbriefen benannten Programmmaßnahmen in konkrete Projekte zu überführen und diese vor allem lokal zu verorten.

Um diese Arbeit zielgerichtet absolvieren zu können, war es zwingend notwendig, auf einer regionalen Ebene handlungsfähige und arbeitswillige Kooperationen einzurichten. Deren Zuschnitt entspricht im Ruhreinzugsgebiet weitgehend den neun Planungseinheiten und ist somit an hydrologischen Gebietsgrenzen ausgerichtet (Bild 9.1). Lediglich die Kooperation AR_3 im Bereich der Oberen Ruhr deckt sich überwiegend mit den politischen Grenzen des Hochsauerlandkreises. Die Leitung der Kooperationen obliegt in der Regel den Unteren Wasserbehörden. Für die Kooperationen Untere Ruhr (AR_DUE_13) und Mittlere Ruhr (AR_2) haben dies die Bezirksregierungen Düsseldorf und Arnsberg allerdings selbst übernommen. Die konkreten „handwerklichen Arbeiten“ zur Erstellung der Umsetzungsfahrpläne werden größtenteils durch beauftragte Ingenieurbüros begleitet.

Der generelle Ablauf in diesen Kooperationen fand unter dem vom Umweltministerium formulierten Leitgedanken „Partizipation statt Ordnungsrecht“ statt [9.2]. Dies kam u. a. in dem Willen der verantwortlichen Kooperationsleitungen zum Ausdruck, sich mit den potenziellen Maßnahmenträgern über mögliche Maßnahmen an den einzelnen Wasserkörpern zu verständigen. Dies erfolgte in mehreren Workshops, in denen Kommunen, Behörden, Wasserverbände, die Landwirtschaft, der Naturschutz, Sportverbände sowie Industrie und Gewerbe vertreten waren. Durch diese Vorgehensweise wurde der gesamte Arbeitsprozess weitgehend transparent und nachvollziehbar gestaltet.

Die Umsetzungsfahrpläne haben vor allem Maßnahmen zur Verbesserung der hydromorphologischen Bedingungen zum Inhalt. Zur „Übersetzung“ der in den Steckbriefen der Planungseinheiten enthaltenen Programmmaßnahmen in konkrete Einzelprojekte hatte das Land Nordrhein-Westfalen eine Arbeitshilfe zur Anwendung des Strahlursprungs- und Trittsteinkonzeptes erstellt [9.3]. In ihr werden verschiedene Funktionselemente – so genannte Strahlursprünge, Trittsteine und Strahlwege – definiert, die in einer bestimmten Abfolge im Gewässer vorhanden sein sollten, um letztlich den von der Wasserrahmenrichtlinie geforderten guten ökologischen Zustand auch erreichen zu können. Diese Arbeitshilfe liefert somit erste umfassende Hinweise darauf, welche Anforderungen an ein ökologisch funktionsfähiges Gewässer hinsichtlich seiner hydromorphologischen Eigenschaften zu stellen sind. Dabei ist allerdings zu berücksichtigen, dass hinsichtlich der Grundlagen und ökosystemaren Zusammenhänge zur Ableitung dieser Anforderungen teilweise noch Erkenntnislücken und weitergehender Forschungsbedarf bestehen. Insofern war es auffällig, dass die in den Kooperationsgebieten vorgenommene Unterteilung der Gewässer in die vorgenannten Funktionselemente teilweise den Eindruck einer rein formalistischen Umsetzung der entsprechenden Vorgaben erweckte, die auf den Ergebnissen der Gewässerstrukturkartierungen basierte.

Bei der Erstellung der Umsetzungsfahrpläne ebenfalls auffallend war die Ausweisung von noch zu schaffenden Strahlursprüngen oder Trittsteinen in Wasserkörpern, für die ausweislich des operativen Monitorings bereits der gute ökologische Zustand festgestellt wurde. Begründet wurde dies mit der Aussage, dass die entsprechende Monitoringstelle für den Wasserkörper nicht repräsentativ sei oder die Gewässerstrukturdaten nicht den Anforderungen der Arbeitshilfe zur Anwendung des Strahlursprungs- und

[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] Ministerium für Umwelt und Naturschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz (MUNLV) des Landes NRW: Leitlinie zur Erstellung der Umsetzungsfahrpläne, Düsseldorf 2009, http://wiki.flussgebiete.nrw.de/img_auth.php/8/8c/Leitlinie_Umsetzungsfahrpläne.pdf

[9.3] Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz (LANUV) NRW (Hrsg.): Strahlwirkungs- und Trittsteinkonzept in der Planungspraxis. LANUV-Arbeitsblatt 16; Recklinghausen 2011

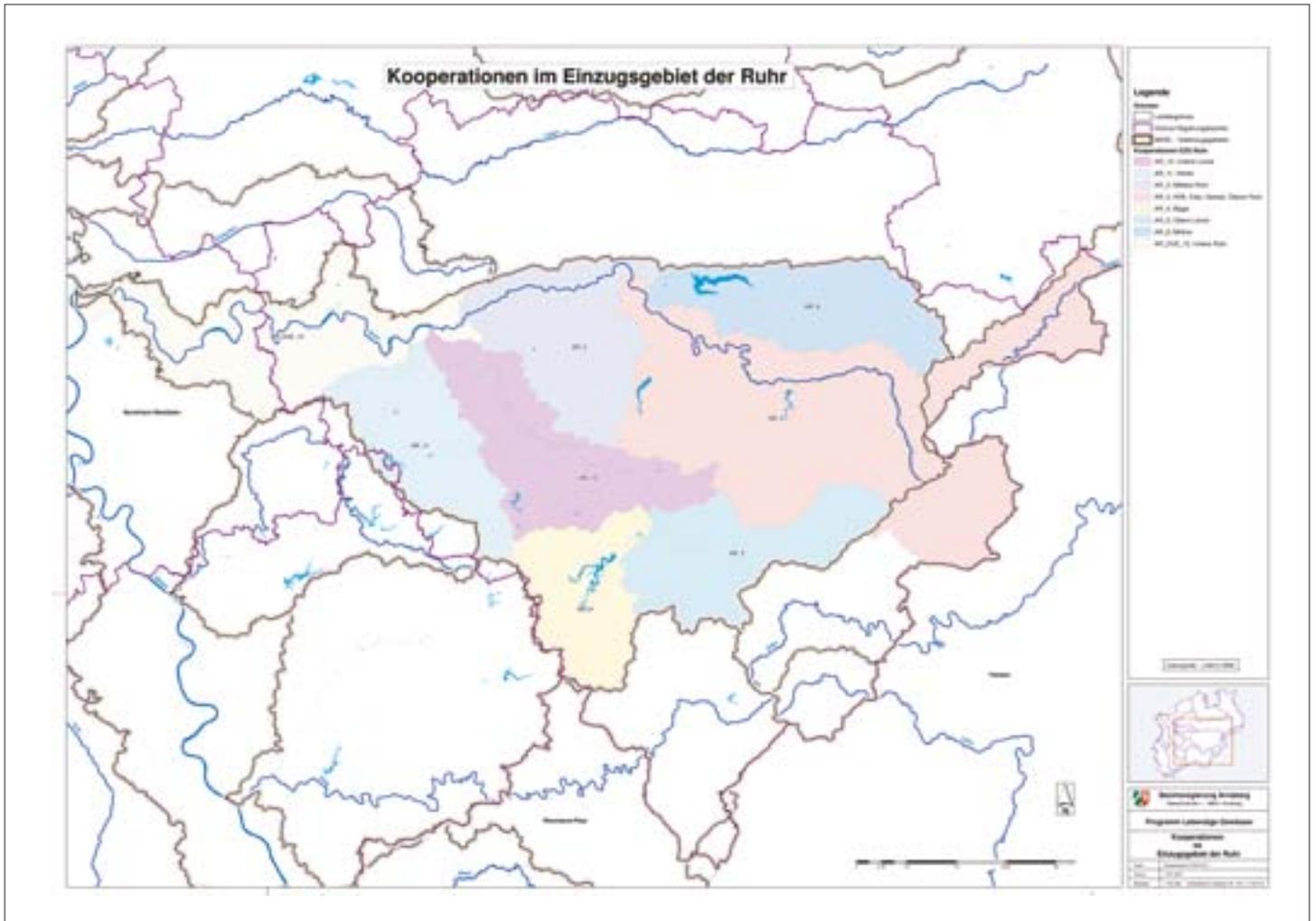


Bild 9.1: Zuzchnitt der Kooperationen für das Teileinzugsgebiet der Ruhr (Quelle: Bezirksregierung Arnsberg)
 Fig. 9.1: Cooperations in the partial Ruhr catchment area (Source: District Government Arnsberg)

Trittsteinkonzeptes entsprechen. Da sich die Maßnahmenauswahl jedoch nicht an den Gewässerstrukturdaten, sondern an den verfügbaren Monitoringergebnissen orientieren sollte, hat der Ruhrverband in solchen Fällen dafür plädiert, derartige Maßnahmenvorschläge entsprechend zu kennzeichnen mit dem Ziel, eine etwaige Realisierung nur bei sich ändernden Rahmenbedingungen in Angriff zu nehmen. Zudem wies er in diesem Zusammenhang darauf hin, dass eine Umsetzung zusätzlicher Maßnahmen in Gewässerstrecken, denen im Bewirtschaftungsplan offiziell bereits ein guter Gewässerzustand bescheinigt ist, generell nur schwer vermittelbar erscheint, sofern es sich nicht um solche handelt, die kein aktives Handeln (z. B. „ökologisch verträgliche Gewässerunterhaltung“, „Belassen der naturnahen Sohl-/Uferstrukturierung“ o. ä.) erfordern.

Im Rahmen der Workshops hat der Ruhrverband sein Wissen über die Verhältnisse vor Ort sowie fachliche, planerische und organisatorische Zusammenhänge in den Planungs- und Abstimmungsprozess eingebracht. Dies betraf z. B. die Erkenntnisse aus den

gewässerökologischen Untersuchungen im Rahmen der Integralen Entwässerungsplanung, die in der Regel in Ergänzung der Ergebnisse des operativen Monitorings wertvolle Informationen über den anzutreffenden Gewässerzustand lieferten. Zudem galt es, sich als Betreiber von wasserwirtschaftlichen Anlagen im Einzugsgebiet der Ruhr einzubringen, da diese mitunter Restriktionen für Gewässerentwicklungsmaßnahmen bilden. Dies sind zum einen die an vielen Stellen der Ruhr und ihrer Nebengewässer anzutreffenden Pegelanlagen, deren einwandfreier Betrieb für die Bewirtschaftung der Talsperren zwingend notwendig ist. Zum anderen ist auch die ordnungsgemäße Funktionsfähigkeit der Einleitungen aus Kläranlagen bzw. Niederschlagswasserbehandlungsanlagen sicherzustellen. Dies ist insbesondere an den Gewässerabschnitten von Belang, für die im Umsetzungsfahrplan die Anlage von Strahlursprüngen oder Trittsteinen mit der Umsetzung von entsprechenden gewässerdynamisierenden Maßnahmen vorgesehen ist.

An manchen Gewässerstrecken ist der Ruhrverband auch selbst als Träger von Maßnahmen zur Erreichung eines guten ökolo-

gischen Zustands gefordert. Mit Blick auf die Wiederherstellung der Durchgängigkeit ist dies beispielsweise an den fünf Stauseen im Kooperationsgebiet Untere Ruhr der Fall. Ist diese mit der erfolgten Errichtung von Fischaufstiegen an Harkortsee, Hengsteysee und am Kemnader Stausee bereits gegeben, so fehlt sie noch an den beiden Stauwehren von Baldeney und Kettwig. Um hier für die Fischfauna optimal funktionsfähige Anlagen zu etablieren, finden derzeit detaillierte und wissenschaftlich unterstützte Untersuchungen zur richtigen Lage des Einstiegs in ein derartiges Bauwerk statt. Für den Kemnader Stausee ist zudem angedacht, die dortige Stauhaltung mittels eines neu anzulegenden naturnahen Gerinnes zu umgehen und somit die ober- und unterhalb gelegenen Abschnitte der Ruhr wieder frei fließend zu verbinden. Zur weiteren detaillierten Analyse der konkreten Machbarkeit dieser Idee hat der Ruhrverband die Förderung einer Studie beantragt, in der die notwendigen technischen Voraussetzungen und die Auswirkungen auf die bestehenden Nutzungen betrachtet und beurteilt werden sollen. Dabei gilt es auch zu untersuchen, welche ökologische Wirkung es auf das Gewässer Ruhr ober- und unterhalb entfalten wird, welche Synergien zur notwendigen Sedimententfernung aus dem See bestehen und vor allem, wie die Vereinbarkeit mit den Nutzungen des Kemnader Stausees aus wasserwirtschaftlicher Sicht, aus Sicht der Energieerzeugung aus Wasserkraft und aus Sicht der Freizeitnutzung zu bewerten ist.

Im Zusammenhang mit dem Talsperrenbetrieb ist der Ruhrverband auch für mehrere Kilometer Gewässerstrecken unterhaltungspflichtig und somit auch Adressat möglicher Maßnahmen zur Zustandsverbesserung. Eine konkrete Befassung mit diesem Thema erfolgt derzeit an zwei Stellen. Dies ist zum einen die Kleine Henne, die in einem Teilbereich ihres Gewässerverlaufs zur Beileitung von Wasser aus dem Einzugsgebiet der Brabecke in die Hennetal Sperre genutzt wird. Sie weist daher in diesem Bereich einen zeitweise deutlich erhöhten Abfluss auf und ist zur Vermeidung von Erosionsschäden entsprechend ausgebaut. Der Ruhrverband analysiert derzeit, welche Zustandsverbesserungen unter den gegebenen Rahmenbedingungen prinzipiell möglich, mit Blick auf die betrieblichen Nutzungsbelange technisch umsetzbar, aber auch aus ökologischer Sicht und hinsichtlich von Kosten-Nutzen-Aspekten sinnvoll sind. Zum anderen bestehen derzeit Aktivitäten im Unterlauf der Sorpe, die dort herrschenden Defizite bei den beiden biologischen Qualitätskomponenten Fische und Makrozoobenthos/Allgemeine Degradation zu beheben. Auch gibt es Bestrebungen, im Bereich des Zusammenflusses von Röhr und Sorpe Maßnahmen zum Hochwasserschutz und zur gewässerbezogenen Naherholung, zur Stadt- und Landschaftsentwicklung sowie zur Strukturverbesserung zu realisieren. Insbesondere die Bezirksregierung Arnsberg sieht an dieser Stelle die Chance, Belange des Hochwasserschutzes und der Ökologie gemeinsam zu lösen. Derzeit laufen Gespräche, wie die verschiedenen jeweiligen Interessenslagen in diesem Bereich überein gebracht werden können.

Die Umsetzungsfahrpläne dienen zwar vorrangig der Etablierung hydromorphologischer Maßnahmen, sollen aber auch Aspekte anderer wasserwirtschaftlicher Handlungsfelder mit einschließen. Hierunter fällt insbesondere die Analyse und nachfolgende Behebung von teilweise noch bestehenden saprobiellen Defiziten im

Gewässer. Im Ruhreinzugsgebiet stehen vor diesem Hintergrund noch zwei Gewässerstrecken im Fokus. Dies sind der Baarbach im Stadtgebiet Iserlohn und unterhalb der Kläranlage Iserlohn-Baarbachtal sowie der Möhneabschnitt (bzw. die Hunderbecke) unterhalb der Kläranlage Brilon. In Abstimmung mit der Bezirksregierung Arnsberg wird der Ruhrverband im Rahmen der für beide Kläranlagen noch zu erstellenden Integralen Entwässerungsplänen diesen Umstand besonders beleuchten. Dies umfasst eine eingehende Beurteilung, ob die Einleitungen aus den Kläranlagen die einzige Ursache für den unzureichenden saprobiellen Gewässerzustand sind oder ob noch weitere Einflussfaktoren wie beispielsweise Einleitungen aus Mischwasserbehandlungsanlagen, karstiger Gewässeruntergrund und Einleitungen aus der Landwirtschaft bzw. sonstige Einleitungen und geogen bedingte Belastungen im Gewässer hierfür in Frage kommen können. Eine derartige Analyse der Wirkzusammenhänge auf den Gewässerzustand soll im Ergebnis ggf. mögliche Maßnahmenvarianten und -kombinationen zur Verbesserung dieses Zustands einschließlich ihrer Kosten und ökologischen Wirkung aufzeigen.

Die in den Umsetzungsfahrplänen dargestellten Maßnahmen sollen sukzessive und auf kooperativ-freiwilliger Basis realisiert werden. Dies soll in enger Abstimmung zwischen Behörden, Maßnahmenträgern und betroffenen Gewässernutzern erfolgen. Die Festlegung einer Rangfolge der durchzuführenden Maßnahmen ist dabei überwiegend nach den Gesichtspunkten von Kosteneffizienz und einer zeitlich realistischen Umsetzung erfolgt. Dies ist in Anbetracht der Tatsache, dass oftmals die für eine Gewässerrenaturierung notwendigen Flächen erst zur Verfügung gestellt oder erworben werden müssen und die Kommunen als in der Regel Gewässerunterhaltungspflichtige zumeist über nur geringe freie Finanzmittel verfügen, verständlich und nachvollziehbar. Mit Blick auf die Erreichung der Ziele der Wasserrahmenrichtlinie sollte aber auch eine Maßnahmenpriorisierung nach fachlichen Gesichtspunkten vorgenommen werden. Dies bietet den Gewässerunterhaltungspflichtigen eine Entscheidungsgrundlage dafür, sich bei entsprechender Wahlmöglichkeit möglichst auch für die Maßnahmen zu entscheiden, die den größten Kosten-Nutzen-Effekt versprechen. Auch ist es dadurch denkbar, in Abhängigkeit von den tatsächlich verfügbaren Finanzmitteln und möglicherweise gegenüber heute geänderten Randbedingungen zunächst zurückgestellte, ökologisch jedoch höchst wertvolle Maßnahmen frühzeitiger als geplant zu realisieren.

Mit den Umsetzungsfahrplänen ist den Gewässerunterhaltungspflichtigen ein Werkzeug an die Hand gegeben, nach fachlichen Kriterien zusammengestellte sowie mit Behörden und Gewässernutzern abgestimmte Maßnahmen zur hydromorphologischen Verbesserung des Gewässerzustands in gestaffelten Zeiträumen durchzuführen. Der konkrete Beschluss zur tatsächlichen Umsetzung einer Maßnahme bleibt dabei jeweils den hierfür zuständigen Entscheidungsgremien der Institutionen vorbehalten, die für die Unterhaltung der hiervon betroffenen Gewässerstrecke verantwortlich sind. Damit handelt es sich bei den Umsetzungsfahrplänen um ein derzeit unverbindliches Instrument zur Erreichung der im Wasserhaushaltsgesetz verankerten und behördenverbindlich vorgegebenen Ziele zur Erfüllung der Anforderungen aus der Was-

serrahmenrichtlinie. Aufgrund dieses Entscheidungs- und Ausführungsvorbehalts der Gewässerunterhaltungspflichtigen werden die Inhalte dieses Fahrplans zukünftig flexibel zu handhaben sein.

Vor dem Hintergrund des gewählten kommunikativen und partizipativen Dialogs mit den Maßnahmenträgern hat die Arbeit in den einzelnen Kooperationen eines klar aufgezeigt: Für die Umsetzung der Wasserrahmenrichtlinie braucht es gerade bei der Wiederherstellung naturnaher Gewässerlebensräume Zeit. Diese Zeit ist nicht nur notwendig, um geeignete und effektive Maßnahmen gezielt und effizient auswählen und umsetzen zu können, sondern auch um die geschaffenen naturnahen Lebensräume durch die aquatische und terrestrische Fauna und Flora wieder besiedeln zu können. Insgesamt ist es dabei wichtig, neben den berichtspflichtigen Gewässern auch die kleineren Nebengewässer im Auge des Handelns zu haben. Diese weisen oftmals ein hohes Potenzial zur positiven Beeinflussung des nachfolgenden Hauptgewässers auf, das durch mitunter nur kleine Verbesserungsmaßnahmen wie z. B. eine wiederhergestellte durchgängige Anbindung zu heben ist. Von besonderer Bedeutung können derartige Nebengewässer vor allem dann sein, wenn das größere und berichtspflichtige Gewässer durch eine weiterhin unverzichtbare Nutzung anthropogen überformt bleiben wird. Als Beispiele hierfür können im Ruhreinzugsgebiet Teilstrecken von Lenne, Volme oder Ennepe angeführt werden.

Am Ende bleibt es den Ergebnissen der weiteren Monitoringphasen vorbehalten, den Erfolg umgesetzter Maßnahmen belegen und deren Wirkung auf das im Bewirtschaftungsplan formulierte Ziel des zu erreichenden „guten ökologischen Zustands“ nachweisen zu können. Um aber diesem Ziel faktisch auch näher kommen zu können, ist es zweifelsfrei erforderlich, dass sich sowohl die Träger der Gewässerunterhaltung als auch die Behörden der Gewässer annehmen. Hierbei kommt den Gewässerunterhaltungspflichtigen die Rolle des aktiv handeln Wollenden, den Behörden diejenige der finanziellen Förderung und der Qualitätskontrolle zu.

10 Registrierte Gewässerverunreinigungen des Jahres 2011

Im Berichtszeitraum wurden dem Ruhrverband und den Wasserwerken insgesamt lediglich fünf Gewässerverunreinigungen mit unterschiedlichen Auswirkungen auf die betroffenen Gewässer gemeldet. Ereignisse, bei denen es sich lediglich um vorsorgliche Meldungen handelte, sowie offensichtliche Bagatellfälle sind wie üblich nicht berücksichtigt. In der folgenden Aufstellung werden die relevanten Ereignisse des Kalenderjahres 2011 zusammengefasst und kurz erläutert:

1. Anfang Januar 2011 hatten Mitarbeiter des Ruhrverbands in einem Bypassgerinne am Horbach, einem Zufluss der Hennealsperre, einen starken bakteriellen Bewuchs („Abwasserpilz“) festgestellt. Nachforschungen ergaben, dass eine temporäre Einleitung von Silagewasser aus einem landwirtschaftlichen Betrieb den Pilzbefall auslöste, der keinen nachhaltigen Schaden im Gewässer verursachte.
2. Am 13. April 2011 wurde in der Fürwiggetalsperre und in den Mündungsbereichen der Zuläufe zur Talsperre ein Fischsterben bekannt, von dem vorrangig Bachforellen sowie vereinzelt Koppen und Elritzen betroffen waren. Intensive chemische Untersuchungen des Talsperrenwassers und der Zuläufe ergaben keine stofflichen Hinweise auf das Ereignis. Zum gleichen Ergebnis führten auch die Untersuchungen des Makrozoobenthos, die zwar Defizite in der Benthalbionose aufzeigten, deren Ursache jedoch auf die bekannte zeitweise Versauerung einiger Gewässer im Einzugsgebiet zurückzuführen ist. Der Nachweis einer vorübergehenden geringen toxischen Wirkung des Talsperrenwassers und im Auslauf der Talsperre konnte durch Fischeitests erbracht werden.
3. Am 20. August 2011 kam es im Stahlwerk Ergste zu einem Großbrand. Das Löschwasser konnte weitestgehend zurückgehalten und auf der Kläranlage Schwerte gereinigt werden. Im Ablauf der Kläranlage war lediglich ein geringer Anstieg der Chromgehalte auf 30 µg/l (Überwachungswert 50 µg/l) festzustellen, was zu keinen negativen Auswirkungen in der Ruhr führte.
4. Am 27. September 2011 meldeten Spaziergänger eine geringe Schaumbildung in dem südöstlich von Neviges fließenden Schevenhofer Bach. Der bräunliche Schaum wurde nur bei niedrigen Abflüssen an der rechten Uferseite des Bachs sichtbar. Eine Untersuchung des Schaums hat einige erhöhte Schwermetallgehalte ergeben, wobei neben Eisen und Mangan hauptsächlich Kupfer, Zink, Blei und Cadmium zu nennen sind. Möglicherweise handelt es sich um Sickerwasserausträge aus einem ehemaligen Industriestandort bzw. einer industriellen Altdeponie.
5. Anfang Dezember trat im Mündungsbereich des Deilbachs in den Baldeneysee ein massives Fischsterben auf (Bild 10.1). Betroffen waren mehrere tausend Fische, die durch eine Einleitung von stark alkalischem Calciumhydroxid verendet waren. Ursache waren unsachgemäße Reinigungsarbeiten an einem Regenklärbecken von Straßen.NRW, in dem gebrannter Kalk zur Konditionierung des in dem Becken befindlichen Sediments eingesetzt wurde. Die polizeilichen Ermittlungen ergaben, dass rund 100 m³ der Mischung über den Regenüberlauf in den Deilbach gepumpt worden waren, was dort anfangs pH-Werte bis zu 12 zur Folge hatte. Offenbar ziehen sich viele Fische im Frühjahr zeitweise in den unteren Abschnitt des Deilbachs zurück, so dass sich zum Unglückszeitpunkt ein großer Teil der Rotaugenpopulation des Baldeneysees hier aufhielt. Nach Schätzungen der Ruhrfischereigenossenschaft waren etwa 7.500 kg Fische, davon rund 90 % Rotaugen, verendet. Es ist zu vermuten, dass im Deilbach etwa 50 bis 80 % des Rotaugenbestandes des Baldeneysees verendet sind. Die in den Vorjahren durch den Ruhrverband zur Bekämpfung von *Elodea nuttallii* eingesetzten Rotfedern waren nicht betroffen.



Bild 10.1: Fischsterben im Deilbach am 02. Dezember 2011 oberhalb der Mündung in den Baldeneysee
Fig. 10.1: Fish die-off in the Deilbach on December 2, 2011, above the stream's inflow into Lake Baldeney

In Tabelle 10.1 sind die stofflichen Ursachen der Gewässerverunreinigungen und die Auswirkungen auf die Gewässer zusammengefasst. Bei den Auswirkungen wird zwischen den Schutzgütern „Aquatische Lebensgemeinschaft“ und „Trinkwassergewinnung“ unterschieden.

Während bisher überwiegend Öle und Kraftstoffe die verunreinigenden Komponenten darstellten, war im Jahr 2011 diesbezüglich kein relevantes Ereignis bekannt geworden. Die stofflichen Ursachen waren in je einem Fall Silagewasser, Löschwasser, schwermetallhaltige Sickerwässer und Industriechemikalien. Lediglich die Verunreinigung in der Fürwiggetalsperre, die allerdings erst durch

Tabelle 10.1: Schutzgutbezogene Bewertung der besonderen Ereignisse im Ruhreinzugsgebiet 2011

Table 10.1: Evaluation of special incidents in the Ruhr catchment area in 2011 in relation to the subject of protection

Vor-kommnis Lfd. Nr.	Gewässer	Stoffgruppe	Schutzgutbezogene Bewertung	
			Aquatische Lebens-gemein-schaften	Trink-wasser-gewin-nung
1	Horbach/Henne	Abwasser/Organisch	1	1
2	Fürwiggetalsperre	unbekannt	3	3
3	Ruhr	Löschwasser	1	1
4	Schevenhofer Bach	Schwermetalle	1	1
5	Deilbach/Ruhr	Industriechemikalien	3	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

ein Fischsterben bekannt wurde, konnte hinsichtlich der stofflichen Ursache trotz intensiver Recherchen nicht aufgeklärt werden. Mit drei von fünf Ereignissen bildeten wiederum die betrieblichen Unfälle die Hauptursachen der Gewässerunreinigungen, wobei die Mehrzahl der Fälle auf Unachtsamkeit zurückzuführen war.

Mit Ausnahme des Ereignisses in der Fürwiggetalsperre war die Trinkwassergewinnung nicht beeinträchtigt. Die Stadtwerke Meinerzhagen, die ihr Trinkwasser aus der Fürwiggetalsperre gewinnen, hatten die Rohwasserentnahme aus der Talsperre während der umfassenden Untersuchungen der Talsperre sowie ihrer Zuläufe vom 13. April bis einschließlich 1. Juli 2011, d. h. für insgesamt 79 Tage, eingestellt.

Zusammenfassend ist festzustellen, dass sich im Jahr 2011 erfreulicherweise lediglich fünf relevante Ereignisse, davon allerdings zwei mit Fischsterben verbunden, zugetragen hatten. Im Vorjahr waren es noch 14 Fälle, im Zeitraum von 2001 bis 2010 waren es durchschnittlich 12,5 Verunreinigungen, wovon etwa ein Viertel mit Fischsterben verbunden war.

11 Leistungen der Kläranlagen des Ruhrverbands

Der Ruhrverband betreibt im Verbandsgebiet 69 Kläranlagen, um die anfallenden Haushalts- und Industrieabwässer unter Einhaltung der gesetzlichen Regelungen und Grenzwerte zu behandeln und dem natürlichen Wasserkreislauf zurückzugeben. 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. 98,4 % der Einwohner im Ruhreinzugsgebiet wurden auf den Verbandskläranlagen im Jahr 2011 rund 363 Mio. m³ Abwasser gereinigt. Dies entspricht einem Jahresmittelwert von 11,5 m³/s und liegt ca. 6 % unter dem Vorjahreswert. Ein Anteil von 71 % dieser Menge entfällt auf die Jahresschmutzwassermenge mit rd. 258 Mio. m³. Die Differenz zur Jahresabwassermenge in Höhe von 105 Mio. m³ wird durch das auf den Kläranlagen mitbehandelte Niederschlagswasser gebildet. Die behandelten Abwassermengen und Jahres-schmutzwassermengen der letzten fünf Jahre sind in Bild 11.1 dargestellt, dem auch der spezifische Abwasseranfall zu entnehmen ist. Durch den Anschluss der Kläranlagen Eslohe-Wenholt-hausen und Lennestadt-Bilstein an eine jeweils größere Anlage ist

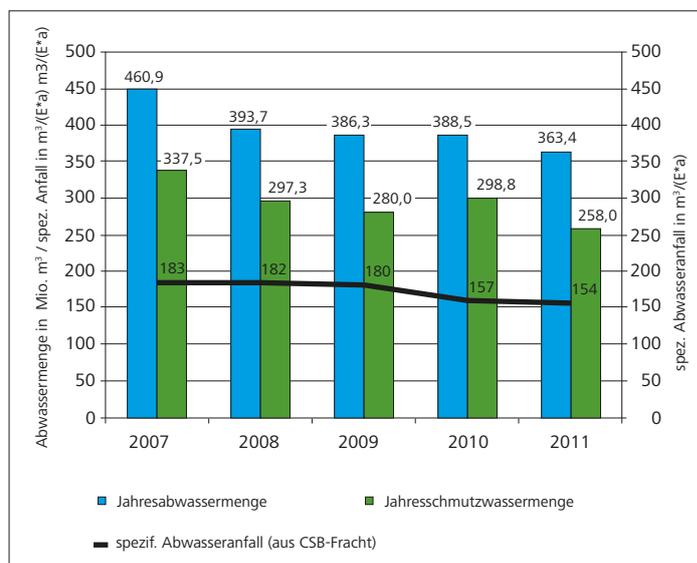


Bild 11.1: Abwassermengen und spezifischer Abwasseranfall der Ruhrverbandskläranlagen von 2007 bis 2011

Fig. 11.1: Sewage volumes and specific sewage loads at the Ruhrverband's sewage treatment plants from 2007 to 2011

Tabelle 11.1: Kennzahlen der Ruhrverbandskläranlagen für das Jahr 2011
 Table 11.1: Parameters of the Ruhrverband's sewage treatment plants in 2011

Anzahl Kläranlagen	69
Jahresabwassermenge	363 Mio. m ³
Jahresschmutzwassermenge	258 Mio. m ³
Gesamt-Ausbaugröße aller Anlagen	3,27 Mio. E
Angeschlossene Einwohner (Einwohnerzahl)	2,1 Mio. E
Anschlussgrad	rd. 98,4 %
Mittlere Einwohnerbelastung (bezogen auf 120 g CSB / (E•d))	2,36 Mio. E
Verhältnis Ausbaugröße / Mittlere CSB-Belastung	1,37
85-Perzentil der Einwohnerbelastung (bezogen auf 120 g CSB / (E•d))	3,00 Mio. E
Spezifischer Abwasseranfall	154 m ³ / (E•a)

die Gesamtanzahl zum Ende des Jahres auf 69 Kläranlagen zurückgegangen. Die wichtigsten Kennzahlen für die Verbandskläranlagen sind Tabelle 11.1 zu entnehmen.

Um die Öffentlichkeit in verständlicher Form über die Qualität der Abwasserreinigung beim Ruhrverband 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. Grundlage der Leistungsdaten bilden die mittleren Konzentrationen im Zulauf und Ablauf der Kläranlagen aus dem Jahr 2011 hinsichtlich der Kenngrößen Biochemischer Sauerstoffbedarf (BSB₅), Chemischer Sauerstoffbedarf (CSB), Phosphor (TP) sowie Ammoniumstickstoff (NH₄-N) und Gesamtstickstoff (TN). Die Ergebnisse entstammen im Wesentlichen den laufenden Untersuchungen des Betriebspersonals im Rahmen der Selbstüberwachung (SüwV). Ergänzend finden die Untersuchungsergebnisse des Kooperationslaboratoriums und der Aufsichtsbehörden Verwendung. Eine Kläranlage, deren kommunales Abwasser auf einer industriellen Anlage biologisch mitbehandelt wird, wird in den folgenden Ermittlungen nicht berücksichtigt. Tabelle 11.2 enthält zahlenmäßig die frachtgewichteten Zu- und Ablaufkonzentrationen im Abwasser für das Jahr 2011.

Tabelle 11.2: Mittlere Konzentrationen im Zu- und Ablauf der Ruhrverbandskläranlagen im Jahr 2011

Table 11.2: Mean concentrations in the inlet and outlet of the Ruhrverband's sewage treatment plants in 2011

	Zulauf	Ablauf
Biochemischer Sauerstoffbedarf (BSB ₅)	113 mg/l	3,2 mg/l
Chemischer Sauerstoffbedarf (CSB)	285 mg/l	21,5 mg/l
Ammonium-Stickstoff (NH ₄ -N)		1,1 mg/l
Anorganisch gebundener Stickstoff (TIN)		7,1 mg/l
Gesamtstickstoff (TN)	29 mg/l	8,2 mg/l
Gesamtphosphor (TP)	4,2 mg/l	0,52 mg/l

Zum Vergleich können die Ergebnisse aus dem bundesweiten Leistungsvergleich 2010 der DWA herangezogen werden. Liegen bei den Ablaufwerten die Ergebnisse der Ruhrverbandskläranlagen noch knapp unter den bundesweiten Durchschnittswerten, so werden im Zulauf deutlich geringere Vergleichswerte bestimmt. Wird beim CSB bundesweit eine durchschnittliche Zulaufkonzentration von 497 mg/l bestimmt, so liegt dieser Wert NRW-weit bei 387 mg/l. Der im Ruhreinzugsgebiet festgestellte Wert von 285 mg/l beträgt nur noch rd. 57 % des bundesweiten Wertes und ist ein deutliches Indiz für eine starke Beeinflussung durch Fremdwasser. Dementsprechend liegt der spezifische Abwasseranfall von 154 m³ je Einwohner und Jahr beim Ruhrverband um 75 % über dem bundesweiten Wert von 88 m³/(E•a). Bezugs- wert 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 Unterschreitung zeigen die Bilder 11.2 und 11.3 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. Auf die Stickstoffkonzentrationen in Bild 11.3 ist besonders hinzuweisen. Die dargestellten Ergebnisse der Sommermonate zeigen eine deutliche Unterschreitung bei den Überwachungswerten für TIN mit 7,7 mg/l (Anforderungen 14,9 mg/l) und für NH₄-N mit 1,0 mg/l (Anforderung 8,2 mg/l). 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 werden aber selbst in den Wintermonaten Ablaufwerte von 9,4 mg/l TIN und 2,1 mg/l NH₄-N durch gezielte Nitrifikation und Denitrifikation auf den Kläranlagen erreicht.

Den Verbandskläranlagen wurde im Jahr 2011 eine Gesamtzulauffracht von rd. 103,5 Mio. kg CSB zugeführt. Bei einem spezifischen Wert von 120 Gramm CSB je Einwohner und Tag lässt sich daraus die Bezugsgröße von 2,36 Mio. Einwohnerwerten (E)

Tabelle 11.3: Jahresfrachten im Zu- und Ablauf der Ruhrverbandskläranlagen im Jahr 2011

Table 11.3: Annual loads in the inlet and outlet of the Ruhrverband's sewage treatment plants in 2011

	spez. Zulauffracht	Zulauffracht	Ablauffracht	Abbaugrad
CSB	120 g/(E•d)	103,54 Mio. kg	7,25 Mio. kg	93,0 %
TN	11,5 g/(E•d)	10,66 Mio. kg	2,83 Mio. kg	73,5 %
TP	1,75 g/(E•d)	1,51 Mio. kg	0,18 Mio. kg	88,0 %

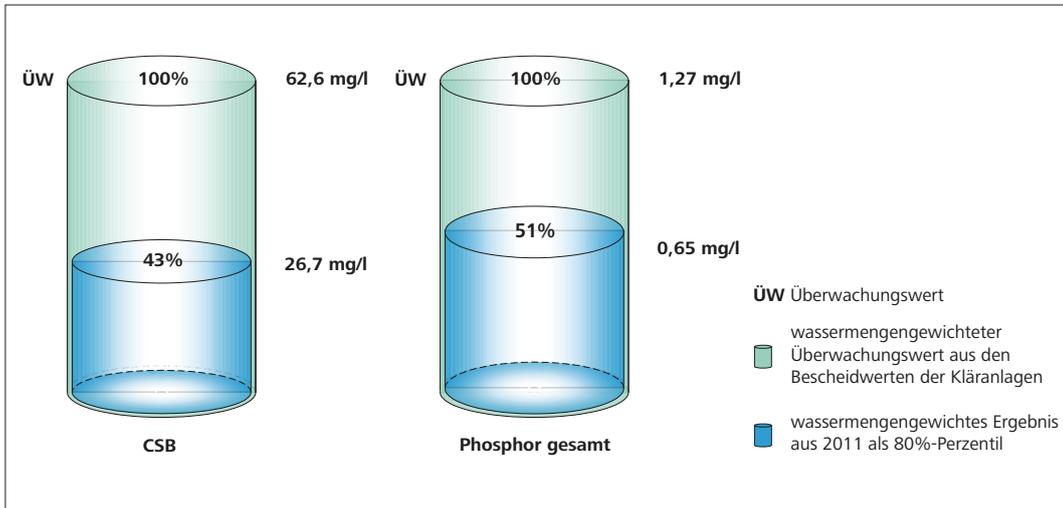


Bild 11.2: Gesamtergebnis der Ruhrverbandskläranlagen 2011 im Vergleich zu den Bescheidwerten bei CSB und Gesamtphosphor

Fig. 11.2: Combined results of the Ruhrverband's sewage treatment plants 2011 compared to the legal discharge limits for COD and total phosphorus

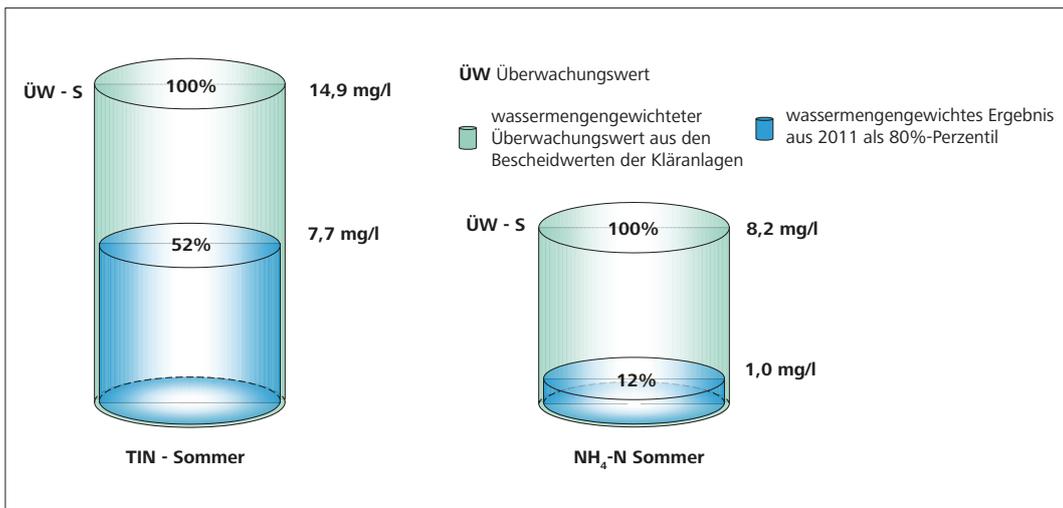


Bild 11.3: Gesamtergebnis der Ruhrverbandskläranlagen 2011 im Vergleich zu den Bescheidwerten beim anorganisch gebundenen Stickstoff und Ammoniumstickstoff

Fig. 11.3: Combined results of the Ruhrverband's sewage treatment plants 2011 compared to the legal discharge limits for inorganic nitrogen and ammonium nitrogen

als mittlere Belastung berechnen. Der 85-Perzentilwert der CSB-Zulaufbelastung betrug im Jahr 2011 3,0 Mio. E, dem beim Ruhrverband eine Behandlungskapazität von rd. 3,26 Mio. E gegenüber steht. Im Mittel weist eine Ruhrverbandskläranlage eine Ausbaugröße von rd. 47.391 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 11,5 g/(E•d) und für Phosphor 1,75 g/(E•d) betragen. Die bundesweiten Kennwerte aus dem DWA-Leistungsvergleich 2011 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 11.4, 11.5 und 11.6 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 95 % der Mengen anaerob in Faulbehältern, wodurch eine Reduzierung der Feststoffmenge um 44 % erreicht wird. Um den Wasseranteil zu verringern, werden alle Schlämme anschließend entwässert, wodurch die Transportbedingungen verbessert und die Voraussetzung für eine thermische Verwertung geschaffen werden. Bild 11.7 zeigt die angefallenen Reststoffmengen der Jahre 2007 bis 2011 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 Eigenenergieerzeugung ermöglicht wird. Das Sandfanggut wird zu

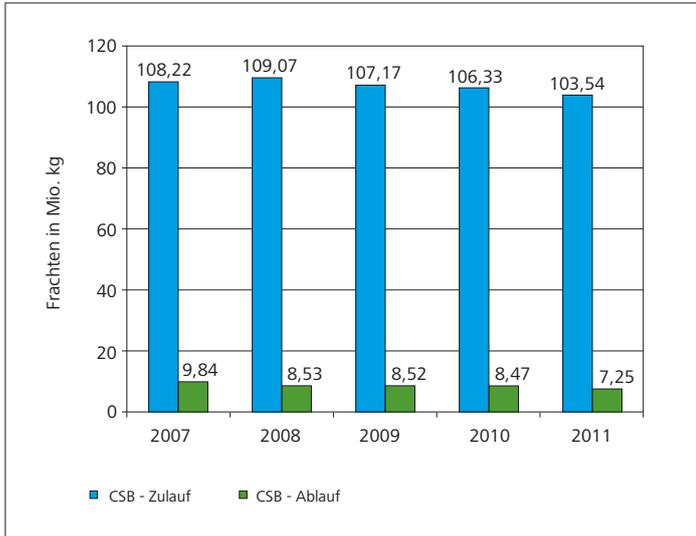


Bild 11.4: Mittlere Jahresfrachten CSB im Zu- und Ablauf der Ruhrverbandskläranlagen von 2007 bis 2011

Fig. 11.4: Mean annual loads of COD in the inlet and outlet of the Ruhrverband's sewage treatment plants from 2007 to 2011

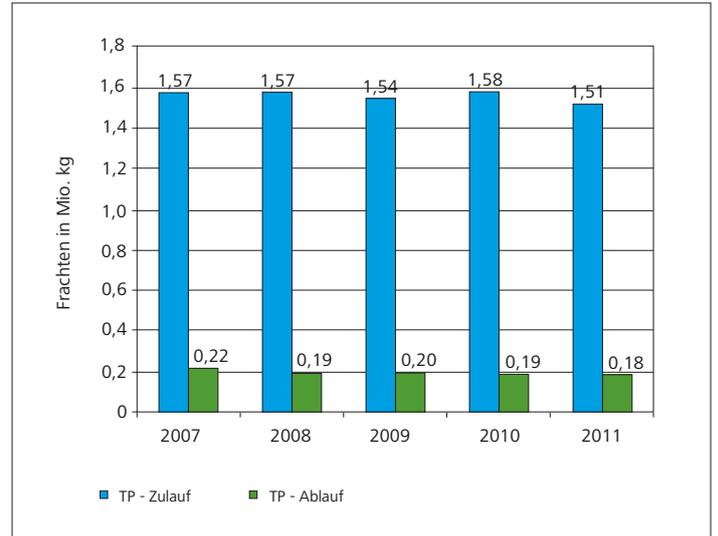


Bild 11.6: Mittlere Jahresfrachten Gesamtposphor im Zu- und Ablauf der Ruhrverbandskläranlagen von 2007 bis 2011

Fig. 11.6: Mean annual loads of total phosphorus in the inlet and outlet of the Ruhrverband's sewage treatment plants from 2007 to 2011

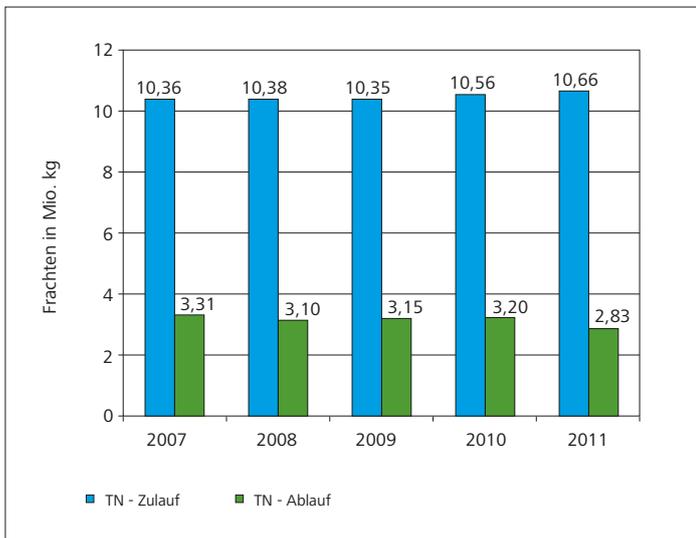


Bild 11.5: Mittlere Jahresfrachten Gesamtstickstoff im Zu- und Ablauf der Ruhrverbandskläranlagen von 2007 bis 2011

Fig. 11.5: Mean annual loads of total nitrogen in the inlet and outlet of the Ruhrverband's sewage treatment plants from 2007 to 2011

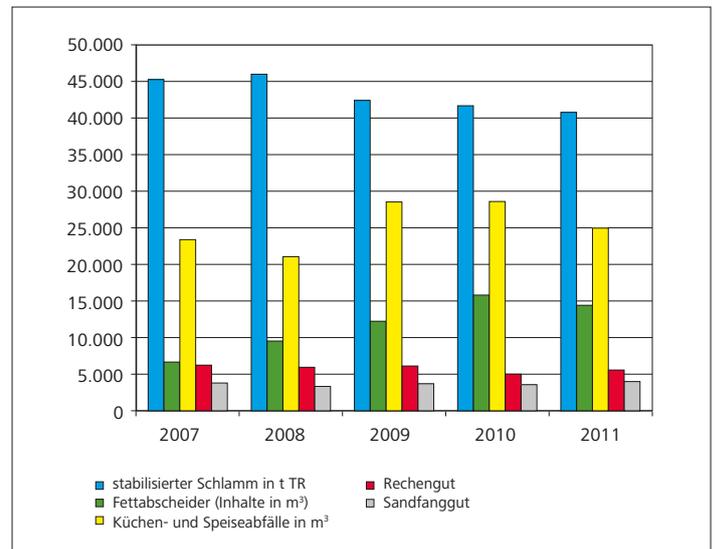


Bild 11.7: Reststoffmengen und angelieferte Co-Substrate der Jahre 2007 bis 2011

Fig. 11.7: Residue volumes and supplied co-substrates from 2007 to 2011

58 % durch Wäscher von organischen Stoffen befreit und steht für die Verwertung z.B. im Straßenbau zur Verfügung. Insgesamt wird Sandfanggut zu 78 % wiederverwertet und der restliche Anteil auf Deponien verbracht. Pressen bzw. Waschpressen sorgen beim Rechengut für eine deutliche Massenreduktion. Anschließend werden diese zu 56 % kompostiert und zu 44 % verbrannt. Die entsorgten Massen im Jahr 2011 sind im Detail Tabelle 11.4 zu entnehmen.

Ein erheblicher Bestandteil der Betriebskosten sind die Energiekosten. Die zumeist elektrisch betriebenen Verdichter für die Sauerstoffversorgung der 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 das Einsparpotenzial auszuloten und den Energieeinsatz zu optimieren.

Tabelle 11.4: Reststoffmengen der Ruhrverbandskläranlagen im Jahr 2011
 Table 11.4: Residue volumes of the Ruhrverband's sewage treatment plants in 2011

Angefallener stabilisierter Klärschlamm	40.743 t TR
Rechengutmenge	5.501 t
Sandfanggutmenge	3.850 t
Angelieferte Küchen- und Speiseabfälle	24.957 m ³
Angelieferte Fettabscheiderinhalte	14.337 m ³

Um den Energiebezug zu senken, werden auf 26 Kläranlagen Blockheizkraftwerke (BHKW) eingesetzt. Die durch das entstehende Klärgas angetriebenen Motoren erzeugen Strom und Wärme, die für die Beheizung z. B. der Faulbehälter genutzt wird. 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 sieben Anlagen eine Co-Vergärung. Dabei werden die zu entsorgenden Küchen- und Speiseabfälle sowie die Inhalte von Fettabscheidern zusammen mit den angefallenen Klärschlämmen behandelt. Über die letzten fünf Jahre stieg dadurch der Gasertrag um 13 % auf rd. 27,6 Mio. Nm³/a. Die zeitliche Entwicklung der Gasverwertung beim Ruhrverband ist Bild 11.8 zu entnehmen. Im Jahr 2011 betragen die betrieblich unvermeidbaren Fackelverluste rd. 9 % des Gasanfalls. Zielvorgabe ist eine Minimierung dieses Anteils.

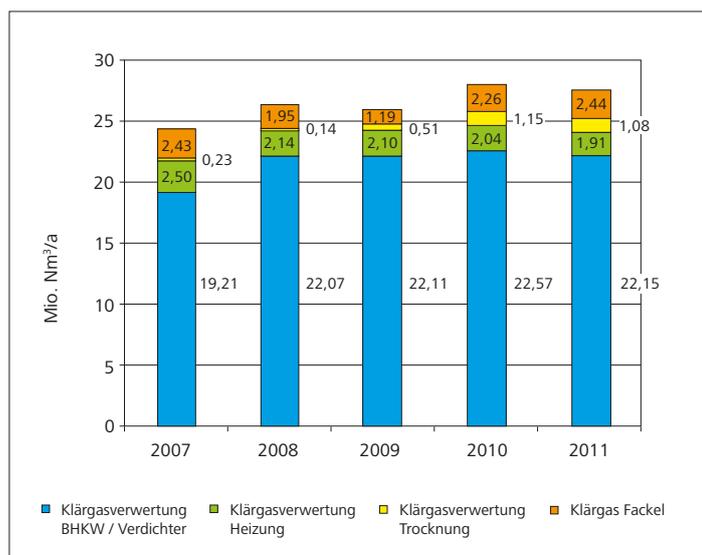


Bild 11.8: Klärgasverwertung bei den Ruhrverbandskläranlagen von 2007 bis 2011

Fig. 11.8: Sewage gas utilisation at the Ruhrverband's sewage treatment plants from 2007 to 2011

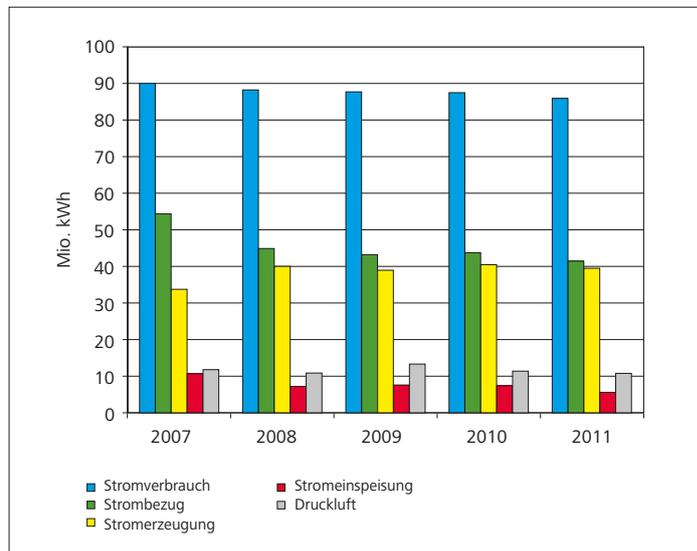


Bild 11.9: Energieeinsatz bei den Ruhrverbandskläranlagen von 2007 bis 2011

Fig. 11.9: Energy data of the Ruhrverband's sewage treatment plants from 2007 to 2011

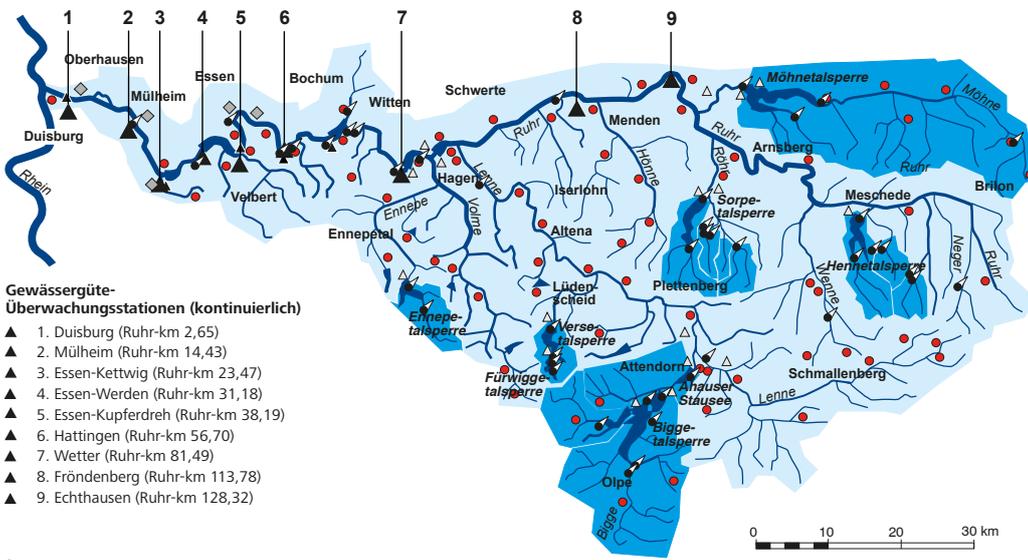
Im gleichen Zeitraum konnte durch diese Maßnahmen der Strombezug um 13 Mio. kWh/a gesenkt werden und beträgt derzeit 41,4 Mio. kWh/a. Im entsprechenden Maß stieg die Eigenstromerzeugung auf rd. 39 Mio. kWh/a. Der Gesamtstromverbrauch sank in diesem Zeitraum um ca. 4 % auf einen Wert von rd. 86 Mio. kWh/a. Die zeitliche Entwicklung bei Verbrauch, Bezug und Erzeugung von Strom beim Ruhrverband zeigt Bild 11.9. Zusätzlich enthält diese Darstellung den Energieeinsatz bei den durch Faulgas direkt angetriebenen Verdichtern für Druckluft. Die Zahlenwerte zum Energieeinsatz im Jahr 2011 enthält Tabelle 11.5.

Tabelle 11.5: Energieanfall und -verwertung auf den Ruhrverbandskläranlagen im Jahr 2011

Table 11.5: Energy volume and usage at the Ruhrverband's sewage treatment plants in 2011

Klärgasanfall	27,6 Mio. m ³
Klärgasverwertung	25,1 Mio. m ³
Strombezug Kläranlagen	41,4 Mio. kWh
Stromerzeugung	39,3 Mio. kWh
Stromeinspeisung	5,4 Mio. kWh
Verdichtete Luft und Freistrom	10,7 Mio. kWh
Gesamtstromverbrauch Kläranlagen	86,0 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
- 69 Kläranlagen mit insgesamt
550 Niederschlagswasserbehandlungsanlagen
- 5 Rückpumpwerke
- 47 Gewässerpegel (RV anteilig)
- 17 Wasserkraftwerke
- 9 Gewässergüte-Überwachungsstationen
117 Pumpwerke

Charakterisierung des Ruhreinzugsgebiets 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	69
Niederschlagswasserbehandlungsanlagen	550
Stauseen	5
Pumpwerke	117
Wasserkraftwerke	3

Bereich Wassermengenwirtschaft

Talsperren	8
Gesamtstauraum (in Millionen m ³)	462,9
Rückpumpwerke	5
Wasserkraftwerke	14

MITGLIEDER

Mitglieder insgesamt	522
----------------------	-----

BESCHÄFTIGTE

MitarbeiterInnen in Vollzeitäquivalenten	967
--	-----

FINANZEN JAHRESABSCHLUSS 2011

Anlagevermögen zu AHK	2.862,4 Millionen Euro
Umsatz	286,7 Millionen Euro
davon Verbandsbeiträge	266,4 Millionen Euro
Eigenkapitalquote	32,2 Prozent
Investitionen	26,2 Millionen Euro

LEISTUNGEN DER WASSERGÜTEWIRTSCHAFT

Abwasserentsorgung eines Gebietes mit 2,07 Millionen Einwohnern *
Anschlussgrad rd. 98,4 Prozent *
Gesamtkapazität der 69 Kläranlagen 3,266 Millionen Einwohnerwerte
Gesamtabwasservolumen
(einschließlich Niederschlagswasser) 363 Millionen m³/Jahr

Ablaufwerte des gereinigten Abwassers (mengengewichtete Mittelwerte)

Biochemischer Sauerstoffbedarf (ATH-BSB₅) 3,2 mg/l
Chemischer Sauerstoffbedarf (CSB) 21,5 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}) 0,52 mg/l

Klärschlammbehandlung
entsorgte Trockenmasse von 40.359 t_{TR}/Jahr

* 30. 6. 2011

LEISTUNGEN DER WASSERMENGENWIRTSCHAFT

Sicherung der Wasserversorgung
eines Gebiets mit 4,6 Millionen Einwohnern
bei einer Entnahme für die Versorgung
innerhalb des Ruhreinzugsgebiets von 387 Millionen m³ Wasser
bei einer Entnahme für die Versorgung
außerhalb des Ruhreinzugsgebiets
(einschließlich aller Wasserverluste) von 216 Millionen m³ Wasser
Schutz vor Hochwasser und Wassermangel
(bezogen auf die Ruhrmündung)
durch Verringerung des Maximalabflusses von 764 auf 663 m³/s
durch Erhöhung des Minimalabflusses von 0,3 auf 19,0 m³/s

SONSTIGE LEISTUNGEN

Qualitätsüberwachung und Beratung

Probenahmen mit insgesamt 220.000 Bestimmungen

Stromerzeugung

LLK-Biggegruppe 25,3 Millionen kWh
LLK-Nordgruppe 27,3 Millionen kWh
Ruhrverbands-Stauseen 64,6 Millionen kWh
Blockheizkraftwerke auf Kläranlagen 39,3 Millionen kWh
Stromerzeugung insgesamt 156,5 Millionen kWh

Forstwirtschaft und Fischerei

Aufforstungsfläche 14 Hektar
Fischereierlaubnisscheine 5.152 Stück

Stand: 31. Dezember 2011

**Die Arbeitsgemeinschaft
der Wasserwerke an der Ruhr e. V. (AWWR) im Jahr 2011**







Dipl.-Geol.
Helmut Sommer

Die Arbeitsgemeinschaft der Wasserwerke an der Ruhr e. V. ist ein Zusammenschluss von Wasserwerken und Wasserversorgern zwischen Brilon im Osten und Mülheim im Westen. Gemeinsam verfolgen die Unternehmen durch technisches, wissenschaftliches und umweltpolitisches Engagement das Ziel, die Wasserbeschaffenheit der Ruhr und ihrer Nebengewässer weiter zu verbessern. Dadurch soll vor allem die Wasserversorgung für das Ruhrgebiet und umliegender Bereiche, die eine Aufbereitung von Oberflächen- und Grundwasser aus dem Ruhrtal zur Trinkwasserproduktion nutzt, langfristig gesichert werden. Seit vielen Jahren werden die Ruhrwasserwerke hierbei besonders auch durch das Umweltministerium durch die Schaffung umweltverbessernder Regelungen, durch vielfältige Maßnahmen der wasserwirtschaftlichen Behörden vor Ort und durch den Ruhrverband unterstützt.

Verfolgt man die ökologische Entwicklung, besonders aber auch die qualitative Situation in der Ruhr und ihren Zuflüssen in den zurückliegenden Jahren, so ist in vielen Bereichen eine sehr deutliche Verbesserung zu erkennen. Auf diese Erfolge können wir mit Recht sehr stolz sein, verdeutlichen sie doch auch die langfristige gute Zusammenarbeit zwischen den vielen für die Entwicklung der Ruhr verantwortlichen Institutionen.

Erwähnt werden soll an dieser Stelle aber auch das Engagement vieler Bürger und Naturschutzverbände, die die Entwicklungen im Ruhreinzugsgebiet kritisch begleiten und durch viele Hinweise auf Problemfälle, z.B. erkennbare Bodenbelastungen, Abfallablagerungen an Gewässern, lokale Fischsterben oder Schaumbildungen auf Bächen zum Aufdecken und zur Beseitigung von Umweltschäden beigetragen haben. Allen diesen engagierten Bürgern möchte ich an dieser Stelle besonders danken und sie auch für die Zukunft zu weiteren kritischen Beobachtungen im Ruhreinzugsgebiet ermutigen.

Denn trotz aller bereits erreichten Verbesserungen werden wir auch in den nächsten Jahren noch vor viele neue Herausforderungen gestellt, die nur durch ein gemeinsames Handeln aller Beteiligten zu weiteren Erfolgen im Sinne der Umwelt, insbesondere des Gewässerschutzes an der Ruhr, führen können.

Der Ihnen vorliegende 39. Ruhrgütebericht beschreibt die Tätigkeiten des Ruhrverbandes und der Wasserwerke an der Ruhr zur Erfassung und Verbesserung der Gewässerbeschaffenheit und zur Sicherung einer ordnungsgemäßen Trinkwassererzeugung für große Bereiche des Ruhrgebietes im zurückliegenden Jahr 2011. Es wird dabei deutlich, dass hierzu vielfältige analytische Untersuchungen erforderlich waren, die durch den Ruhrverband und die Wasserwerke in den Oberflächengewässern, den Grundwasserleitern und in den unterschiedlichen Stufen der Trinkwasseraufbereitung durchgeführt wurden. Erst diese zahlreichen Wasseranalysen ermöglichten eine gesicherte Erfassung und Bewertung der qualitativen Verhältnisse und bildeten die Grundlage für viele umweltverbessernde Maßnahmen. Allein die Routineuntersuchungen des Ruhrverbandes und der Wasserwerke machen die Ruhr zu einem der am besten überwachten Gewässer in Nordrhein-Westfalen. Dies entspricht durchaus der besonderen Bedeutung der Ruhr als Rohwasserressource für die Trinkwassergewinnung des Ruhrgebietes. Vertieft wurde diese Qualitätsüberwachung durch weitere Messprogramme, die zur Grundlagenermittlung oder zur Bearbeitung von besonderen Fragestellungen durchgeführt wurden. Viele Ergebnisse dieser Sondermessungen sind den nachfolgenden Beiträgen zu entnehmen.

Auf die geleistete Arbeit des Ruhrverbandes und der Wasserwerke im Jahr 2011, die sich aus den vielen Fachbeiträgen in diesem Ruhrgütebericht, aber auch aus den Tabellen und Diagrammen zur Entwicklung der Ruhrwassergüte ableiten lässt, blicken wir zufrieden zurück. Die Belastungen der Ruhr durch verschiedene organische Spurenstoffe, die in den letzten Jahren erfasst und aufgrund ihrer anfänglichen Konzentrationen auch in der Öffentlichkeit intensiv diskutiert wurden, konnten durch gezielte Maßnahmen und durch eine enge Zusammenarbeit aller Beteiligten sehr weit vermindert werden. So stellen viele bekannt gewordene organische Spurenstoffe, beispielsweise die perfluorierten Tenside (PFOA, PFOS) sowie die Substanzen Tetraoxaspiro(5,5)undekan (TOSU) und Sulfolan, aktuell kein Problem für die Trinkwassererzeugung aus Ruhrwasser dar. Gezielt eingeleitete Maßnahmen der Aufsichtsbehörden vor Ort, begleitet durch verfahrenstechnische Lösungen in den Wasserwerken, zeigen inzwischen ihre Wirkung und haben die Konzentrationen dieser Substanzen meist schon im Ruhrwasser bis in den Bereich der analytischen Nachweisgrenze vermindert.

Auch für das Berichtsjahr 2011 kann somit festgehalten werden, dass die Ruhrwasserwerke in den zugeordneten Versorgungsgebieten im Ruhrgebiet, Münsterland und Sauerland stets eine sichere Wasserversorgung mit hoher Wasserqualität unter Berücksichtigung der gesetzlichen Anforderungen gewährleisten konnten.

Allerdings wurden auch im Berichtszeitraum kleinere Gewässerbelastungen in der Ruhr festgestellt, die ein schnelles und gemeinsames Handeln aller wasserwirtschaftlichen Institutionen erforderlich machten. Größere Auswirkungen für die Trinkwassergewinnung an der Ruhr waren hieraus erfreulicherweise nicht zu verzeichnen. Sie machen allerdings deutlich, dass ein „offenes“ Gewässer Ruhr mit einem vielfältig durch Besiedlung, Gewerbebetriebe, Land- und Forstwirtschaft und Verkehrsströme genutzten Einzugsgebiet nicht vollständig gegen Schadstoffeinträge geschützt werden kann. Auch in Zukunft können, trotz aller Bemühungen der Aufsichtsbehörden durch umweltsichernde Gesetze und wasserrechtliche Auflagen sowie trotz der Tätigkeiten des Ruhrverbandes, immer wieder einzelne Schadstoffbelastungen im Gewässer auftreten, die für die Ökologie des Gewässers, besonders aber auch für die Wasserwerke an der Ruhr eine ernst zu nehmende Problematik darstellen könnten.

Vor diesem Hintergrund haben sich die Wasserwerksbetreiber entschlossen, als reine Vorsorgemaßnahme gegenüber diesen nicht vorhersehbaren mikrobiologischen oder organisch-chemischen Verunreinigungen der Ruhr in Folge von Umweltschadensfällen, die bisherige Wasserbereitung in den Ruhrwasserwerken in den nächsten Jahren durch zusätzliche Verfahrensstufen zu ergänzen. Die dazu erforderlichen technischen Konzepte wurden inzwischen mit den Aufsichtsbehörden abgestimmt. Es ist beabsichtigt, diese großen Investitionsmaßnahmen bis etwa 2017/2018 durchzuführen.

Sinnvoll allerdings ist eine Ergänzung dieser technischen Konzepte in den Wasserwerken durch zusätzliche Sicherungsmaßnahmen im Ruhreinzugsgebiet, z.B. durch ein behördlich geführtes Risikokataster oder geeignete wasserrechtliche Auflagen gegen gewässergefährdende Einleitungen. Diese Maßnahmen wurden bereits bei der Unterzeichnung der Arnsberger Vereinbarung 2006 zwischen Umweltministerium NRW, Ruhrverband und den Ruhrwasserwerken abgestimmt, erfordern aber in den nächsten Jahren noch viele Maßnahmen, um weitere nachhaltige Qualitätsverbesserungen für die Ruhr erreichen zu können.

Ein Beispiel für die Sicherung der Wasserqualität in der Gesamtfläche des Ruhreinzugsgebietes ist der gemeinsame Betrieb von Wassergütemessstationen durch das Land NRW, den Ruhrverband und die Ruhrwasserwerke. Insbesondere die beiden größeren Messstationen in Hattingen und Fröndenberg ermöglichen eine kontinuierliche Überwachung der Gewässerbeschaffenheit und lassen kurzzeitig auftretende Verunreinigungen erkennen.

Um einen daran anschließenden schnellen Informationsaustausch zwischen den Landesbehörden, dem Wasserverband und den Wasserwerken zu erreichen und eine gemeinsame Bewertung erfasster Substanzen in der Ruhr vornehmen zu können, wurde in den zurückliegenden Monaten ein bereits seit vielen Jahren bestehender Meldeplan der Ruhrwasserwerke in einen behördlichen Warn- und Informationsplan Ruhr (WIP Ruhr) integriert. Ein zeitnaher Datenaustausch über möglicherweise problematische Entwicklungen in und an der Ruhr wurde damit zwischen den handelnden Institutionen deutlich verbessert.

Mit besonderer Sorge haben die Ruhrwasserwerke in den zurückliegenden Monaten das aktuelle Thema „Gewinnung von unkonventionellen Gasvorkommen mit dem Fracking-Verfahren“ begleitet. Bei diesem Verfahren ist vorgesehen, durch Bohrungen in den Untergrund des Landes Nordrhein-Westfalen bisher ungenutzte Gasressourcen in feinporigen Tiefengesteinen zu erschließen. Es besteht hierbei die Möglichkeit, dass in Verbindung mit den Bohrungen umweltschädigende Chemikalien in den Untergrund eingeleitet werden, die eine Beeinflussung der Grund- und Oberflächenwasserbeschaffenheit nach sich ziehen. Da die bisherigen Planungen auch Explorationsbohrungen im Ruhreinzugsgebiet vorsehen, können derzeit negative Folgen für die Wasserwirtschaft im Ruhreinzugsgebiet nicht ausgeschlossen werden. Die Ruhrwasserwerke verfolgen daher mit großem Interesse die laufenden Genehmigungsverfahren und bringen sich durch fachliche, z. T. auch kritische Beiträge in die behördlichen Genehmigungsverfahren ein.

Wir werden als Arbeitsgemeinschaft der Ruhrwasserwerke auch für die kommenden Jahre versuchen, an die bisherigen Erfolge zur Verbesserung und Absicherung der Ruhrwassergüte anzuknüpfen und die AWWR zu einem wichtigen Partner für alle wasserwirtschaftlichen Institutionen an der Ruhr weiter zu entwickeln. Ich möchte an dieser Stelle allen Beteiligten für ihr großes persönliches Engagement und die wertvolle Unterstützung unserer Gemeinschaft im zurückliegenden Jahr danken.

Dipl.-Geol. Helmut Sommer
Wasserwerke Westfalen GmbH
Vorsitzender des Präsidiums der Arbeitsgemeinschaft
der Wasserwerke an der Ruhr e.V. (AWWR)

13 AWWR-Ausschusstätigkeit

Ausschuss Wassergüte

Obmann: Dr. Henning Schünke, Energie- und Wasserversorgung Hamm GmbH, Hamm

Der Fachausschuss Wassergüte der AWWR traf sich im Jahr 2011 zu seiner 87. und 88. Sitzung. Der Ausschuss ist mit Fachleuten aus den Wasserversorgungsunternehmen und den Untersuchungs- und Forschungsinstituten für Wasser (Hygiene-Institut des Ruhrgebiets Gelsenkirchen, Institut für Wasserforschung GmbH Dortmund, Westfälische Wasser- und Umweltanalytik GmbH) sowie dem Ruhrverband kompetent besetzt. Seit 2010 gehört die Kooperation zwischen Landwirtschaft und Wasserwirtschaft an der Ruhr dem Ausschuss Wassergüte an und wird durch den Vorsitzenden Ortwin Rodeck im Ausschuss vertreten. Mit dem Eintritt in den verdienten Ruhestand schied Bernard Schoemaker von der Wassergewinnung Essen GmbH im Jahr 2011 aus dem Ausschuss aus. Der Ausschuss dankt Herrn Schoemaker an dieser Stelle nochmals für seine langjährige engagierte, kollegiale und zuverlässige Zusammenarbeit.

Die Arbeit des Ausschusses umfasste im Jahr 2011 eine Vielzahl fortlaufender Tätigkeiten, darüber hinaus wurden aktuelle Themen bearbeitet. Zu den fortlaufenden Tätigkeiten gehörten:

- kontinuierliche 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 Ruhr längsuntersuchung und der zeitdichten Untersuchung durch die Mitgliedsunternehmen
- Bewertung der Ergebnisse der gemeinsamen Ruhr längsuntersuchungen und der zeitdichten freiwilligen Untersuchungen der Mitgliedsunternehmen im Rahmen des Ruhrgüteberichts
- Initiierung, fachliche Konzeptionierung, Begleitung, Auswertung und Präsentation von Sondermessprogrammen zu chemischen Qualitätsmerkmalen:
 - derzeit zu organischen Spurenstoffen und Sulfonylharnstoff-Herbiziden
- 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 und/oder Öffentlichkeitsarbeit
- Unterstützung der AWWR bei Behördenterminen
- Erarbeitung von Fachbeiträgen zur Ruhr- und Trinkwassergüte z.B. im Ruhrgütebericht

Zu den aktuellen Fragestellungen, die in Abstimmung mit dem Präsidium der AWWR im Ausschuss Wassergüte bearbeitet wurden, zählen:

- Fachliche Auswertung des Sondermonitorings „organische Spurenstoffe“ und Weiterentwicklung des Monitorings
- Ausarbeitung eines 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

Ein Schwerpunktthema lag im Berichtsjahr 2011 auf dem Spurenstoffmonitoring der AWWR, das Mitte 2008 aufgenommen wurde und bis Mitte des Jahres 2011 geplant war. Das AWWR-Monitoring der Ruhr wurde vom Institut für Wasserforschung durch Christian Skark ausgewertet. Die Ergebnisse aus den Vorjahren konnten durch die neuen Proben bestätigt und statistisch weiter abgesichert werden. Auf Grund der systematischen Vorauswahl der untersuchten Spurenstoffe konnten 23 Substanzen aus den untersuchten Verbindungen nachgewiesen werden. Zur weiteren Beobachtung und Absicherung der Ergebnisse wurde der Mitgliederversammlung eine Fortsetzung des Monitorings empfohlen und von dieser im Frühjahr für weitere drei Jahre beschlossen.

Wie im Vorjahr werden die Ergebnisse aus dem Monitoring auch 2011 im Ruhrgütebericht veröffentlicht. Das Untersuchungsprogramm wurde darüber hinaus auf einem Workshop des Umweltbundesamtes zum „Monitoring von Arzneimitteln“ im September 2011 in Dessau einer Fachöffentlichkeit vorgestellt. Hier war das AWWR-Monitoring eines von zwei durch Wasserversorger getragenen Untersuchungsprogrammen.

Im Jahr 2011 wurde das Stoffspektrum des Monitorings angepasst: Von den bisher untersuchten Substanzen konnte das TOSU entfallen, da die Emission inzwischen abgestellt wurde. Die Kontrollen durch die Behörden werden fortgeführt. Aufgenommen wurden in das Substanzspektrum zwei teilfluorierte Verbindungen aus der PFC-Gruppe sowie sechs Arzneimittel, so dass nunmehr 35 Substanzen analysiert werden. Die Ergebnisse aus dem Monitoring sollen zukünftig für eine kritische Betrachtung der Belastungssituation herangezogen werden, um eine Minimierung punktueller Einträge zu erreichen.

Neben dem 2007 aufgestellten Spurenstoff-Monitoring wurde 2011 das Konzept für ein Monitoring auf Sulfonylharnstoff- Herbizide ausgearbeitet. Das sondierende Monitoring soll nach einem ersten Befund im Grundwasser die Relevanz der Verbreitung dieser auch an der Ruhr eingesetzten Herbizide klären. Der Vorschlag zu dem Monitoring über einen Jahresverlauf wurde von der Mitgliederversammlung angenommen. Eine auf die Einsatzzeiten abgestimmte Beprobung wurde für das Jahr 2012 festgelegt und bereits begonnen.

Ein Monitoring von PSM-Metaboliten wurde konzeptionell bearbeitet und die vorgesehenen Substanzen mit der im Jahr 2011 vom Umweltbundesamt neu vorgestellten Liste der prioritären Stoffe abgeglichen. Das Monitoring soll im Anschluss an das Sulfonylharnstoff-Monitoring aufgenommen werden.

Als zweites Schwerpunktthema behandelte der Ausschuss Wassergüte im Jahr 2011 den Gewässerschutz. Nachdem der Veröffentlichung des Gewässerschutzmemorandums der Verbände, an dem sich auch die AWWR beteiligt hatte, Ende 2010 stellte die IAWR im Frühjahr 2011 einen weiteren Entwurf für ein Memorandum zum Schutz der Gewässer vor. Sowohl auf Grund des kurzen Zeitabstands zum vorangehenden Memorandum als auch inhaltlich sah der Ausschuss das neuerliche Memorandum als nicht sinnvoll an, auch auf Grund des Widerspruchs zum GOW-Konzept. Zwischenzeitlich wurde der Entwurf wegen der Einwendungen verschiedener Seiten vorerst zurückgezogen.

Mitte 2011 wurde der Warn- und Informationsplan Ruhr (WIP-Ruhr) von den beteiligten Institutionen verabschiedet. Der Ausschuss Wassergüte beteiligte sich intensiv an der Ausgestaltung eines neuen Meldeplans der AWWR, in dem der WIP-Ruhr mit berücksichtigt werden sollte. Aus Sicht des Ausschusses liegt bei den qualitätsrelevanten Meldeschwellen ein neuerlicher Bedarf zur Aktualisierung vor, um zu einem in der Praxis anwendbaren Meldeplan der AWWR zu gelangen, in dem auch die Meldeschwellen aus dem WIP Berücksichtigung finden können.

Wegen der vielschichtigen Diskussionen um Werte zur Gewässergüte wurde im Jahr 2011 auf eine Überarbeitung der Zielwerte der AWWR verzichtet.

Neben den Schwerpunktthemen beschäftigte sich der Ausschuss mit den regelmäßigen Kontrollen der Ruhrwassergüte. Zu den Berichten der Ruhrwassermesswerte des Ruhrverbandes wurden die Messwerte aus den Unternehmen für den Ruhrgütebericht aufbe-

reitet und kommentiert. Bei den klassischen Inhaltsstoffen waren dabei keine auffälligen Konzentrationen festzustellen. Einzig bei den Komplexbildnern wurden, wie bereits früher berichtet, regelmäßig Belastungen oberhalb der AWWR-Zielwerte gemessen. Besondere Vorkommnisse, die über den Meldeplan der AWWR gemeldet wurden, traten im Berichtsjahr nur vereinzelt auf. Meist waren nur geringe Auswirkungen auf die Wasserqualität festzustellen. Diese Ereignisse zeigten trotzdem deutlich den Bedarf für eine funktionierende Meldekette sowie den notwendigen Informationsaustausch zwischen den beteiligten Wasserverbänden, den Wasserwerken und den Behörden auf. In den Arbeitskreisen des Ausschusses wurden weitere Aktivitäten unternommen, um die Analytik in den Laboren abzusichern und weiterzuentwickeln. Schwerpunkte waren die Vergleichsanalysen sowie die Einführung eines neuen Systems für die Ruhrwasseruntersuchung auf Coliforme Bakterien.

Arbeitskreis Allgemeine und anorganische Analytik

Obmann: Dr. Georg Böer, Westfälische Wasser- und Umweltanalytik GmbH, Schwerte

Dem Arbeitskreis gehörten 2011 elf Mitglieder an (s. Mitgliederliste Ausschüsse und Arbeitskreise). Die jährliche Sitzung konnte im Berichtsjahr nicht stattfinden und wurde im Februar 2012 abgehalten (72. Sitzung bei Verbundwasserwerk Witten GmbH). Wichtige Themen waren:

- *Besprechung von Vergleichsanalysen*
Die Vergleichsanalysen VA 82 bis 86 wurden besprochen. Wie bereits erwähnt, wurde das Probenwasser an der Vergleichsanalysen-Entnahmestelle im Wasserwerk Hengstey von einem angereicherten Grundwasser wieder auf Ruhrwasser zurückgestellt (ab der zweiten Jahreshälfte 2010). Dabei hat sich die Vermutung nicht bestätigt, dass die Befunde bei Mangan, Eisen und vor allem Aluminium in Folge dieser Umstellung, verursacht durch schwebstoffgebundene Anteile, wieder deutlicher schwanken würden. Die Übereinstimmungen bei Aluminium, Eisen und Mangan waren insgesamt besser als erwartet. Andere Parameter sind weniger problematisch und stimmten in den meisten Fällen gut überein. Diese Aussage trifft nicht auf den Parameter „gelöstes Phosphat“ zu. Hier war der Eindruck, dass die Schwankungen im Vergleich zu früheren Vergleichsanalysen höher waren. Um dies zu prüfen, werden die Schwankungsbreiten von zurückliegenden Vergleichsanalysen verglichen.
- *Erfahrungsaustausch*
Im üblichen Erfahrungsaustausch standen diesmal die Erfahrungen mit der geänderten Begutachtungspraxis der Deutschen Akkreditierungsstelle GmbH (DAKKS) im Mittelpunkt. Themen dabei waren u.a. mögliche Forderungen von Begutachtern, den pH-Wert nur noch vor Ort zu messen, der Einsatz von externen Probenehmern oder Anfragen zu Legionellenuntersuchungen.

Arbeitskreis Organische Spurenanalytik

Obfrau: Petra Bröcking, Hygiene-Institut des Ruhrgebiets, Gelsenkirchen

Im Jahr 2011 traf sich der Arbeitskreis organische Spurenanalytik (sieben Mitglieder, s. Mitgliederliste Ausschüsse und Arbeitskreise) zu zwei Arbeitstreffen.

Der Arbeitskreis führt in eigener Regie regelmäßige Vergleichsuntersuchungen zu den Parametern Pflanzenschutzmittel, Polyzyklische Aromatische Kohlenwasserstoffe, Leichtflüchtige Halogenkohlenwasserstoffe, Komplexbildner, ausgewählte Arzneistoffe und Vinylchlorid durch. Hier wird die gute Vergleichbarkeit von Ergebnissen aus den teilnehmenden Laboratorien immer wieder festgestellt.

Bei den aktuellen Vergleichsuntersuchungen wurden bereits die für 2011 mit den Behörden neu abgestimmten Stoffe in die im Einzugsgebiet der Ruhr zu untersuchende Liste der Pflanzenschutzmittel mit aufgenommen. Die festgestellte Schwankungsbreite der Ergebnisse belegt auch hier die gute Vergleichbarkeit der Ergebnisse aus den teilnehmenden Laboratorien.

Da insbesondere im Bereich der organischen Spurenstoffe die Anforderungen an die Laboratorien immer größer werden und sich der Untersuchungsumfang ständig erweitert, wird auch der Umfang der Vergleichsuntersuchungen innerhalb des Arbeitskreises regelmäßig überprüft. So werden in Zukunft voraussichtlich die PFC als Parametergruppe mit aufgenommen. Zudem soll die Gruppe der Arzneistoffe erweitert werden.

Bei der Bestimmung von organischen Spurenstoffen spielt der Einsatz der LC-MS (Flüssigchromatographie gekoppelt mit einem Massenspektrometer) zunehmend eine wichtige Rolle. Der Einsatz dieser in der Routine relativ neuen Technik wird in naher Zukunft ein Schwerpunktthema im Arbeitskreis sein. Die Diskussion über Möglichkeiten, Grenzen und Probleme dieser Technik und der Austausch von Erfahrungen soll gefördert werden. Die Sitzungen des Arbeitskreises werden immer auch bereichert durch Berichte der Mitglieder aus ihrer Praxis. So werden z. B. Neuanschaffungen vorgestellt oder von der Mitarbeit in Gremien berichtet.

Arbeitskreis Mikrobiologie

Obfrau: Dr. Gudrun Preuß, Institut für Wasserforschung GmbH, Schwerte

Der Arbeitskreis Mikrobiologie befasst sich überwiegend mit der mikrobiologischen und hygienischen Überwachung von Roh- und Trinkwasser und mit den hierfür maßgeblichen Methoden und Bewertungskonzepten. Ein Schwerpunktthema bildeten zuletzt die unterschiedlichen aktuellen Standardverfahren zum Nachweis des Indikatorbakteriums *Escherichia coli* (*E. coli*) sowie coliformer Bakterien im Trink-, Grund-, und Oberflächenwasser.

So sind für den Nachweis dieser Indikatoren für die hygienische Wasserbeschaffenheit neuere Verfahren verfügbar, die auch eine verbesserte Analytik im Oberflächenwasser der Ruhr ermöglichen. Für die Ruhruntersuchungen soll daher langfristig auf das so ge-

nannte Colilert®-Verfahren umgestellt werden. Hintergrund ist die Toxizität des bisher verwendeten Nährmediums (Endo-Agar) und die daraus resultierenden Probleme hinsichtlich Entsorgung und Arbeitsschutz. Auch liegen die Ergebnisse bei dem Colilert®-Verfahren in kürzerer Zeit vor. Außerdem lassen sich beide Parameter – die Anzahl von *E. coli* und die Gesamtzahl coliformer Bakterien – in einem Arbeitsschritt erfassen.

Derzeit werden im Rahmen von Vergleichsuntersuchungen Daten gesammelt, um die Vergleichbarkeit beider Verfahren und der mit ihnen erzielten Befunde zu überprüfen.

Ausschuss Wassergewinnung

Obmann Andreas Lütz, Wassergewinnung Essen GmbH, Essen

Im Jahr 2011 tagte der Ausschuss Wassergewinnung am 15. März bei den Stadtwerken Fröndenberg und am 4. Oktober im Wasserwerk Rohland der AVU. Personelle Änderungen des Ausschusses waren nicht zu verzeichnen, es wurde aber in der März-Sitzung mit Herrn Brenne (Mark E) ein neuer stellvertretender Obmann als Nachfolger für Herrn Drees (SW Fröndenberg) gewählt. Folgende Themenkomplexe bildeten die Grundlage für die Arbeit des Ausschusses im Jahr 2011:

Risikobewertung und -management in der Wasseraufbereitung und -gewinnung

Ausgehend von den Anforderungen des DVGW-Regelwerkes entwickelte sich ein intensiver Erfahrungsaustausch mit zahlreichen Beispielen aus den beteiligten Wasserwerken. Dabei zeigte sich, dass das Thema bei allen Unternehmen der AWWR sehr präsent ist und durch Übungen Einzug in den betrieblichen Alltag gefunden hat. In Bezug auf die Ruhr als potentielle „Gefahrenquelle“ für den Betrieb eines Wasserwerks wurde auch die Möglichkeit diskutiert, AWWR-intern ein Risikoeinleitungskataster zu erstellen. Da sich die Datenlage für eine umfassende Information allerdings als zu lückenhaft herausstellte und darüber hinaus mittlerweile diesbezügliche Daten auf einschlägigen Internetseiten abrufbar sind, wurde dieser Ansatz nicht weiter verfolgt.

Fracking

Nachdem einige große Unternehmen der Petroindustrie ihre Absicht bekundet haben, auch im Ruhreinzugsgebiet erste Probebohrungen für die Förderung von Erdgas aus unkonventionellen Lagerstätten zu beantragen, sind die jeweils aktuellen Entwicklungen und Aktivitäten der AWWR in den Ausschusssitzungen diskutiert worden.

Weitergehende Aufbereitung in den Ruhrwasserwerken

Neben den Berichten über den aktuellen Stand in den Wasserwerken der AWWR-Unternehmen war im Berichtsjahr 2011 noch die von Behördenseite angekündigte Anpassungsverfügung in der Diskussion. Unabhängig davon schritten in den Mitgliedsunter-

nehmen die entsprechenden Planungen und z. T. auch schon der Bau neuer Anlagen weiter voran. Im Ausschuss soll sich diese Intensivierung vom Einsatz neuer, bzw. in den Ruhrwasserwerken noch nicht flächendeckend vorhandener Aufbereitungstechniken in einem verstärkt technisch geprägten Austausch niederschlagen. Den Aufschlag dazu lieferte eine ausführliche Besichtigung des Wasserwerks Rohland der AVU in der Oktobersitzung, bei der eine innovative Kombination von Pulveraktivkohleeinsatz und Filterspülung vorgestellt wurde.

AWWR Meldeplan, WIP und Wassermengen- und -gütwirtschaft

Die Informationen des Ruhrverbandes zur aktuellen Gütesituation in den Klärwerken und der wasserwirtschaftlichen Lage des Ruhrabflusses und der Talsperrenbewirtschaftung boten wie immer eine wichtige Grundlage bei der Aufarbeitung von Hochwassersituationen und der Abschätzung zukünftiger Gefährdungen. Ebenso bildeten der Abgleich und Austausch über die im Berichtszeitraum aufgetretenen Meldungen des AWWR Meldeplans für die Wasserwerke eine wichtige Stütze zur Optimierung von Abläufen im Bereich der Gefahrenabwehr.

Im September 2011 unterzeichneten das Umweltministerium NRW, der Ruhrverband und der AWWR den WIP Ruhr. Im Nachgang begann die Bearbeitung des AWWR Meldeplanes, der fortan die Verpflichtungen, die sich aus dem WIP ergeben, transparent abbilden und den Mitgliedsunternehmen damit den Umgang mit beiden Plänen erleichtern soll.

Ausschuss Öffentlichkeitsarbeit

Obfrau: Ulrike Hütter, Wasserwerke Westfalen GmbH, Schwerte

Der Ausschuss Öffentlichkeitsarbeit kam im Jahr 2011 turnusgemäß zu drei Arbeitssitzungen (Januar/Mai/September) zusammen.

Mit dem Eintritt in den verdienten Ruhestand schieden Albert Herzmann (DEW 21) und Ulrich Schallwig (RWW) im Jahr 2011 aus dem Ausschuss aus. Der Ausschuss dankt beiden an dieser Stelle nochmals für die langjährige engagierte und kollegiale Zusammenarbeit. Als ihre Nachfolger konnte der Ausschuss Dr. Martina Sprotte (DEW 21) und Ramon Stegink (RWW) begrüßen.

An den Ausschusssitzungen hat Ulrich Peterwitz als Geschäftsführer nach Möglichkeit teilgenommen, um einen umfassenden Informationsaustausch und eine enge Abstimmung zwischen dem Ausschuss und den Gremien der AWWR zu gewährleisten.

Die Positionierung der AWWR zum Thema Fracking führte das ganze Jahr über zu medialer Berichterstattung. Die Themen Wasseraufbereitung/geplante Investitionen in die Wasserwerke wurden in einem Beitrag in der WDR-Servicezeit im Juni mit dem Titel „Gefahr für das Trinkwasser“ behandelt. Nach der Ausstrahlung gab es keine weitere Berichterstattung zu dem Thema und auch keine weiteren Presseanfragen.

Aktiv hat sich die AWWR gemeinsam mit dem Ruhrverband mit einer Pressemitteilung anlässlich der Pressekonferenz des Ruhrgüteberichtes zu Wort gemeldet. Die Veranstaltung hatte ein breites, sehr gutes Echo in den Medien (Tenor: Die Ruhr und das Trinkwasser daraus sind sauber). Erwartungsgemäß fand von den von der AWWR vorbereiteten Themen Trinkwasserqualität, weitergehende Aufbereitung, Wasserkraftanlagen und Fracking insbesondere das letztgenannte Thema ein sehr hohes Medieninteresse. Das Thema unkonventionelle Gasförderung ist und bleibt in der Öffentlichkeit und in den Medien auch weiterhin präsent.

Der Ausschuss beschäftigte sich 2011 neben den kontinuierlich laufenden Aufgaben und Tätigkeiten mit der Erstellung von AWWR-Flyern. Ein allgemeiner Infolyer wurde Anfang 2012 gedruckt. Die beim Flyer zum Thema Arzneimittelrückstände von der AWWR angefragte Gemeinschaftsaktion mit dem Apothekerverband Westfalen-Lippe (z. B. Auslage der Flyer in Apotheken) kommt nicht zustande. Die Apotheken betreiben eine kostenpflichtige Entsorgung von Altmedikamenten und der Verband möchte seine freiwilligen Mitglieder nicht mit der Unterstützung dieser Aktion und dem daraus höchstwahrscheinlich resultierenden Mehranfall an Entsorgungsgut belasten. Der Druck des Medikamentenflyers wird nun im Sommer 2012 erfolgen.

Als Alternative zum nicht zustande gekommenen Aktionstag wird 2012 ein AWWR-Infostand beschafft, der bei Veranstaltungen der Mitgliedsunternehmen (Tag der offenen Tür etc.) genutzt werden kann. Hierdurch wird die AWWR jedes Jahr an verschiedenen Stationen entlang der Ruhr präsent sein und die Öffentlichkeit über die Organisation und ihre Tätigkeiten informieren. Diese kontinuierliche Information – gerade auch außerhalb von „Krisenzeiten“ – ist zwingend erforderlich, um bei den Bürgern den Bekanntheitsgrad der AWWR zu erhöhen und die Zusammenarbeit/Vernetzung der Wasserversorger an der Ruhr zu verdeutlichen.

Aktualisierungen des AWWR-Internetauftrittes werden nicht mehr von Jörg Prostka (AVU) umgesetzt, sondern von Christiane Stewen (GELSENWASSER). Änderungs- bzw. Ergänzungsvorschläge aus den Mitgliedsunternehmen können direkt an Ulrich Peterwitz gerichtet werden.

14 Kleinsten Teilchen auf der Spur – Wie sich die Ruhrwasser-Analytik in 40 Jahren verändert hat

Tom Jost

Diese Menge muss man sich einmal bildlich vorstellen. Fast 31 Millionen Kubikmeter Trinkwasser flossen zuletzt im Jahr durch die Leitungen der Energie- und Wasserversorgung Mittleres Ruhrgebiet (*ewmr*) zu den Kunden in Bochum, Herne und Witten. Ein Speicher, in den diese Jahreslieferung passte, hätte eine Ausdehnung von 314 Metern in alle Richtungen. Oder umgekehrt: Ein beliebiger Quadratkilometer Stadtfläche würde mit dieser Menge 31 Meter hoch überflutet. Alles von höchster Qualität, denn Trinkwasser gilt als das wichtigste Lebensmittel der Welt – und wird in Deutschland entsprechend am intensivsten kontrolliert. Auch wenn die Kunden tatsächlich nur einen kleineren Teil wirklich trinken.

Das lebenswichtige Nass kommt im *ewmr*-Gebiet zum größten Teil aus Brunnen im direkten Einzugsbereich der Ruhr. Drei bis vier Tage dauert es in der Regel, bis das Flusswasser gefiltert bis in den Förderbereich sickert. Hoch ist der Kontrollaufwand auf dem Weg des Wassers aus der Ruhr bis zum Wasserhahn im Haushalt. Der Ruhrverband und die Labore der Arbeitsgemeinschaft der Ruhr-Wasserwerke untersuchen täglich eine Vielzahl von Proben. Hier werden allein mehr als 300 organische Mikro-Einzelstoffe und ihre Konzentration im Wasser geprüft – bis in den Nanogramm-Bereich, wie man den Milliardstel-Teil eines Gramms nennt. Die Fachleute der Westfälischen Wasser- und Umweltanalytik (WWU) haben einen verblüffenden Vergleich gezogen: Solch winzige Spuren in einem Liter Wasser nachzuweisen, bedeute ungefähr dasselbe, wie die Sitzfläche eines Stuhles auf dem Gebiet der Bundesrepublik Deutschland einzeln auszumachen.

Ein Blick auf den ersten „Ruhrwasser-Gütebericht“, der sich auf 1973 bezog, zeigt ein bescheidenes Werk von knapp 40 Seiten. Er stellte keineswegs den Beginn aller Ruhrwasser-Analysen dar, denn solche Beprobungen gibt es schon seit über 90 Jahren. Aber der Anlass war neu: Eine 1973 erschienene Denkschrift „Die zunehmende Gefährdung der Trinkwasserversorgung aus der Ruhr“ habe den Wunsch geweckt, „umfassender über den Gütezustand des Flusses unterrichtet zu sein“, schrieb der damalige Geschäftsführer des Ruhrverbandes, Dr. Klaus Imhoff, im Vorwort des ersten Berichtes. Er lasse Schwerpunkte für die technischen Maßnahmen erkennen und gebe zudem „für Legislative und Exekutive Anregungen zum Gewässerschutz“.

Diese Wechselwirkung existiert ungebrochen. Es sind die Labor-Experten, die bei ihrer Spurensuche bisher nicht auffällige Stoffe entdecken und nach ihrer Quelle fahnden. Regierungsbehörden

sind dann in der Verantwortung, entsprechende Verursacher zu ermitteln und Einleitungen zu unterbinden. Parlamente nehmen die Entwicklung wiederum verstärkt zum Anlass, Grenzwerte neu zu beschließen und aktive Schutzmaßnahmen anzuordnen – die von den Wasserversorgern umgesetzt werden. So etwa geschehen beim Problemfall „Perfluorierte Tenside“ (PFT), deren Vorkommen 2006 von Forschern der Universität Bonn gezielt in Trink- und Flusswässern aufgespürt wurde. Auch in der Ruhr: Als Verursacher machte man landwirtschaftliche Flächen dingfest, auf denen unreinigter Dünger ausgebracht wurde. Nach Sanierung der belasteten Flächen und Aktivkohle-Filtrierung von Sickerwässern ging die PFT-Belastung deutlich messbar zurück. Das Europaparlament erweiterte zeitnah die Verbotsliste für die Produktion des langlebigen organischen Schadstoffs, der als giftig und möglicherweise krebserregend gilt.

Woran machten Forscher die Wassergüte vor 40 Jahren fest? Wie heute waren es zunächst einfache Parameter wie pH-Wert, Sauerstoffgehalt und Trübung des Flusswassers. Der BSB5-Wert gibt die Sauerstoff-Zehrung innerhalb von fünf Tagen an und verrät – je kleiner, desto besser – die Menge des biologisch abbaubaren organischen Materials im Wasser. Gut war seinerzeit, wenn keine Schaumflocken auf dem Wasser trieben: Das deutete sonst auf schwer abbaubare Tenside aus Waschmitteln hin. Der chemische Sauerstoff-Verbrauchswert (CSB) verriet unter anderem, ob Gewässer mit metallischen Verbindungen belastet waren – ein Problem, das sich nach der flächigen Ertüchtigung der Abwasserreinigung heute so nicht mehr stellt. Beobachtet wurde auch die Radioaktivität, denn nach zahllosen überirdischen Atomwaffenversuchen bis zum Beginn der 1970er Jahre war deren Fallout im Wasser durchaus auffindbar.

Die meisten dieser Probleme spielen inzwischen keine Rolle mehr. Dafür sind andere an ihre Stelle getreten. So hat beispielsweise das seit den 1980er Jahren flächig verbreitete bleifreie Benzin die Auffindbarkeit von Benzol als Antiklopfmittel drastisch reduziert. Dafür tauchten im Wasser Ersatzstoffe wie Methyl-tert-butylether (MTBE) auf, die zunächst als Geruchs- und Geschmacksbeeinträchtigung wahrgenommen wurden, bevor man sie auch als giftig erkannte. Zunehmend in den Blick geraten außerdem Medikamente wie Diagnostika oder Anti-Rheumatika, deren Rückstände selbst in Kläranlagen nicht gut abbaubar sind. Hier wie dort stellt sich bei Spurensuche und Gegenmaßnahmen nicht primär die Frage, ob durch neue Stoffe Gesundheitsbeeinträchtigungen zu erwarten sind. Es reicht die Überzeugung, dass solche Substanzen „einfach nicht ins Wasser gehören“. Selbst mit dem Wissen, dass Stoffe, die biologisch nicht abbaubar sind, zwar die Grenzwerte weit unterschreiten, dennoch nie gänzlich aus dem Wasser entfernt werden können.

Die in 40 Jahren genutzten Innovationen im Bereich der Analytik haben nicht stets noch kleinere Konzentrationen sichtbar gemacht. Es würde auch wenig Sinn machen, wenn – um im ein-

gangs geschilderten Bild zu bleiben – ein einzelner Stuhl in Deutschland gefunden werden kann, der gesetzliche Grenzwert aber in der Größenordnung mehrere Häuserblöcke festgesetzt ist. Die wesentlichen Fortschritte haben sich dort eingestellt, wo man inzwischen mit Koppeltechniken der Hochdruck-Flüssigkeits-Chromatographie und Massenspektrometrie wasserlösliche Substanzen präzise bestimmen kann.

In die öffentliche Aufmerksamkeit sind zuletzt Viren und Parasiten geraten. Ihr Vorkommen im Flusswasser ist unbestritten, weswegen auch beispielsweise das Baden in der Ruhr aus Gesundheitschutzmotiven untersagt ist. Solche Erreger spürt man mit molekularbiologischen Verfahren auf – und mit bekannten Bakterien, die sich ähnlich verhalten und die man deshalb gut beobachten kann: Clostridien beispielsweise, die sich über Geflügelkot und Gülle verbreiten können. Vor dieser Belastung sei das Trinkwasser aus der Ruhr durch die vorhandenen Sandfilter und den Untergrund bereits gut geschützt, sagen die Experten der WWU. Dennoch kommen als Absicherung gegen Unvorhergesehenes inzwischen zusätzliche Barrieren wie UV-Desinfektion, Aktivkohlefilter oder Flockungsverfahren zum Einsatz – etwa in Witten und Essen.

Auch der personelle Einsatz für die Wassergüte hat sich seit dem ersten Bericht für 1973 ausgeweitet. Seinerzeit beschäftigte das Labor des Ruhrverbandes etwa 35 Mitarbeiter. Heute sind es – in einer Kooperationseinrichtung mit Emschergenossenschaft und Lippeverband – gut 110 Spezialisten. Die Wasseranalytik, so sagt man in Essen stolz, sei „auf dem neuesten Stand“.

Die Güte des Ruhrwassers hat sich in 40 Jahren erheblich verbessert. Das wichtigste Lebensmittel Trinkwasser genießt an der Ruhr seit jeher den Ruf ausgezeichneter Qualität. Und das, so das Ziel der Fach-Analytiker, soll auch in Zukunft eine Selbstverständlichkeit sein. In Bochum, Witten, Essen ... und überall an der Ruhr.

15 20 Jahre Kooperation Landwirtschaft/ Wasserwirtschaft im Ruhreinzugsgebiet

Ortwin Rodeck, Gelsenwasser AG

Einführung

Die Mitgliedsunternehmen der Arbeitsgemeinschaft der Wasserwerke an der Ruhr e. V. (AWWR) sichern die Trinkwasserversorgung für ca. vier Millionen Menschen, Gewerbe und Industrie vornehmlich im mittleren und südlichen Ruhrgebiet. In Wahrnehmung dieser Verantwortung hat die AWWR zur Durchführung eines vorbeugenden Gewässerschutzes mit der Landwirtschaftskammer Westfalen-Lippe im März 1992 die Kooperation Landwirtschaft / Wasserwirtschaft im Ruhreinzugsgebiet gegründet. Die Gründung geht, wie auch die anderer Kooperationen in NRW, auf die sogenannte Zwölf-Punkte-Vereinbarung zwischen Vertretern der Landwirtschaft und der Wasserwirtschaft unter der Federführung des Ministeriums für Umwelt, Naturschutz, Landwirtschaft und Raumordnung (damals MURL, heute MKULNV) zurück.

Aufgabe und Struktur der Kooperation

Seither ist es Aufgabe der Kooperation, nachteilige Veränderungen der Wasserqualität der Ruhr und ihrer Zuflüsse durch den Eintrag von Nährstoffen, Pflanzenschutzmitteln (PSM) und trinkwasserhygienisch bedenklichen Mikroorganismen zu verhindern oder zu beheben. Hierzu finanziert die AWWR eine gewässerschutzorientierte Beratung für die Landwirte, Gartenbauer und Anwender von PSM außerhalb der Landwirtschaft mit z. Zt. ca. 220.000 €. Darüber hinaus werden Einzelprojekte, gezielte Untersuchungen und gewässerschonende Maßnahmen in der Landwirtschaft (ca. 20.000-30.000 € / Jahr) gefördert. Das Kooperationsgebiet ist identisch mit dem 448.800 ha großen Ruhreinzugsgebiet (Bild 15.1). Es ist im Westen hauptsächlich urban geprägt. Im Norden und Nordosten dominiert eine ackerbauliche Nutzung. Im mittleren Ruhreinzugsgebiet sowie im Süden hat die Forstwirtschaft und die Grünlandbewirtschaftung eine herausragende Bedeutung. Es bewirtschaften ca. 2.500 Betriebe ca. 99.200 ha, davon gut die Hälfte Ackerland (Tabelle 15.1).

Dieser im Vergleich zu anderen Regionen in NRW moderate Anteil der landwirtschaftlichen Nutzung des Einzugsgebietes in Kombination mit der im Fokus der Aufmerksamkeit stehenden Ruhr als Oberflächengewässer, in der über die fließende Welle keine Nährstoffakkumulation stattfindet, ermöglicht der Kooperation zum Glück eine ausschließlich vorbeugende Arbeit. Dennoch ist es für die drei von der AWWR finanzierten und bei der Landwirtschaftskammer in den Kreisstellen Hochsauerland (HSK) und Ruhr-Lippe (Unna) beschäftigten Kooperationsberater eine ständige Herausforderung, eine möglichst große Zahl an Landwirten zu erreichen. Zurzeit gibt es 839 Kooperationsbetriebe mit 41.836 ha landwirtschaftlicher Nutzfläche (Stand Oktober 2011), die der Kooperation über eine Mitgliedserklärung beigetreten sind. Die Mitgliedschaft beinhaltet den Beratungsanspruch und die Möglichkeit,

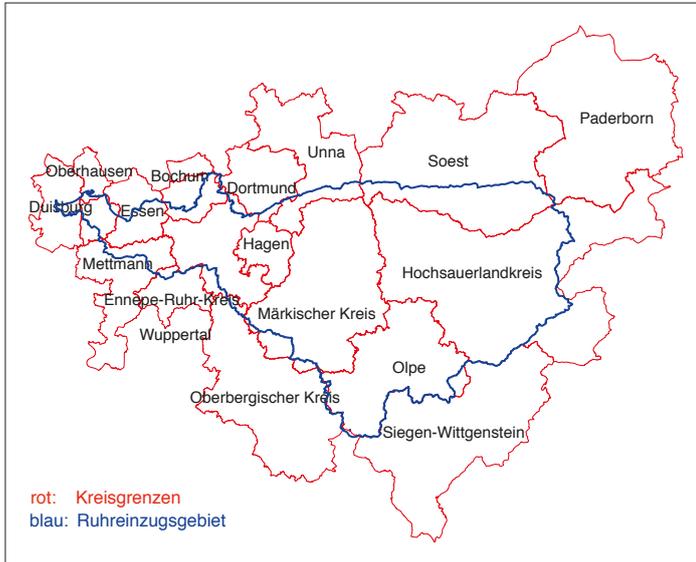


Bild 15.1: Lage des Kooperationsgebietes mit Kreisgrenzen
 Fig. 15.1: Location of the cooperation area and district boundaries

Tabelle 15.1: Strukturdaten der Ruhrkooperation im Oktober 2011

Kooperationsgebiet	Anteil Landwirtschaft Kooperation in ha (%)	Anteil Landwirtschaft Gesamtfläche Kreisgebiet in ha	Anzahl Kooperationsbetriebe (%)	Anzahl Betriebe gesamt
Hochsauerlandkreis	16.784 (55,4%)	30.337	372 (41,3%)	ca. 901
Märkischer Kreis/Ennepe Ruhr	15.872 (42%)	37.813	321 (32,1%)	ca. 999
Ruhr-Lippe/Soest	9.180 (29,6%)	31.044	146 (23,3%)	ca. 626

für bestimmte gewässerschonende Handlungen eine Förderung zu erhalten. Allerdings verpflichtet sich das Kooperationsmitglied zur Einhaltung von Mindeststandards im Bereich Düngung und Pflanzenschutz. Diese gehen z. T. über die Vorgaben der landwirtschaftlichen Fachgesetzgebung (bzw. der so genannten guten fachlichen Praxis) hinaus, da letztere für einen hinreichenden Gewässerschutz nicht ausreichen.

Die Festlegung von Beratungsinhalten, die Berichterstattung über die Entwicklung der Gewässergüte, die Tätigkeiten der Berater und die Arbeitsergebnisse werden in einem Beirat diskutiert. Dieser konstituierte sich am 20.03.1992 in Unna. Ihm gehören Vertreter der AWWR, der Landwirtschaft und Landwirtschaftskammer und des Gartenbaus an. Gaststatus haben Vertreter der Bezirksregierung, des Ruhrverbandes und die Officialberater (Pflanzenbau) der Landwirtschaftskammer NRW (LK NRW). Die Kooperationsberater stehen im engen Kontakt untereinander sowie zum Vorsit-

zenden (LK NRW), seinem Stellvertreter (AWWR) und weiteren drei Vertretern der AWWR, um die laufende Arbeit abzustimmen.

Die Kooperationsberatung besteht aus fünf sich ergänzenden Bausteinen:

- Einzelberatung vor Ort und/oder telefonisch in allen gewässerschutzrelevanten betrieblichen Bereichen (z.B. Düngplanung, Nährstoffbilanzierung, Antragstellung für EU- und Landesumweltprogramme, Grünlandbewirtschaftung),
- Gruppenberatung in allen gewässerschutzrelevanten betrieblichen Bereichen (Informationsveranstaltungen z.B. über Ausbringtechnik org. Nährstoffträger, Festmist-/Silagelagerung, Pflanzenschutz, Demonstrationsversuche, Gruppengespräche) (Bild 15.2),
- aktuelle Hinweise per Fax zu Fragen des gewässerschonenden Pflanzenbaus (Düngung, Pflanzenschutz) in Form eines Kooperationsreports ca. 3-4 mal jährlich,
- Akquise für das Kooperationsförderprogramm (Tabelle 15.2) und die Begleitung der Umsetzung,
- in Einzelfällen Vermittlung zwischen Wasserversorger, Unterer Wasserbehörde und Landwirt im Zusammenhang mit Tätigkeiten in Wasserschutzgebieten.

Düngeberatung

Ausgangslage waren Anfang der 1990er Jahre Nitratgehalte von 10 bis 30 mg/L in der Ruhr, die einen anthropogenen Einfluss deutlich machten, ohne eine Grenzwertrelevanz für das Trinkwasser aufzuzeigen. 20-jährige Düngeberatung zur Minimierung von Nährstoffverlusten, insbesondere Stickstoffverlusten mit der Folge verringerter Nitratreinträge in die Gewässer, haben 2010 zu einem geometrischen Mittelwert von 13 bis 15 mg/L in der Ruhr geführt.

Auf der Grundlage der Düngeverordnung (DüV) sind die Landwirte verpflichtet, jährlich einen Nährstoffvergleich zu erstellen, in dem auf Betriebsebene die Nährstoffzufuhr und die Nährstoffab-



Bild 15.2: Gruppenberatungstermin zum Thema „Dauergrünland“
 Fig. 15.2: Group advisory meeting on the topic "permanent grassland"

Tabelle 15.2: Förderkatalog 2011 mit Anzahl ausgezahlter Förderungen

Förderbausteine	Anzahl ausgezahlte Förderungen im Kooperationsgebiet (weitere Anfragen)		
	HSK	MK/EN	Ruhr-Lippe
Wirtschaftsdünger-Bodenuntersuchung/Nmin	5 (5)	0 (1)	1 (0)
Auszäunung und Tränkeförderung	1 (1)	0 (0)	0 (0)
Aus- und Nachrüstung von Feldspritzen	1 (0)	0 (3)	0 (0)
Gülleausbringung/ Pendelverteiler	5 (6)	1 (2)	0 (0)
Förderung Uferlandstreifen	Anträge 2007: 47 Anträge 2008: 19 Anträge 2009: 20 Anträge 2010: 20		
Uferflächenförderung	1 (0)	2 (0)	0 (0)
Grenzstreueinrichtung Düngersteuer	3 (0)	5 (0)	1 (0)
Striegel mit Nachsaat-einrichtung	2 (0)	1 (0)	1 (1)
Versuche	0	0	0
Gesamtsumme	18 (12)	9 (6)	3 (1)

fuhr gegenüber gestellt werden. Die Berater besprechen die errechneten Daten und Überschüsse mit dem Betriebsleiter und zeigen Optimierungsmöglichkeiten hinsichtlich der zukünftigen Düngung auf. Dabei wird gemäß der Kooperationsvereinbarung von 2002 ein Nährstoffüberhang in Futterbau- und Gemischtbetrieben von maximal 100 kg N/ha (auf Hoftorbasis) und in Betrieben mit weniger als einer Großvieheinheit von maximal 50 kg N/ha angestrebt. Gerade in Futterbau- und Gemischtbetrieben mit höheren Tierbesätzen wurden häufig große Nährstoffüberhänge gefunden, die durch intensive Kooperationsberatung Schritt für Schritt abgebaut werden konnten.

Anhand Bild 15.3 wird deutlich, dass der N-Überhang durch die Optimierung der Ausbringung und Verwertung der organischen Dünger bei damit gleichzeitiger Reduzierung der mineralischen Düngung bis 2009/2010 zurückgeführt werden konnte. Allerdings ist im Rahmen der Novellierung der Düngeverordnung 2006 im Nährstoffvergleich die Hoftor-Bilanz abgelöst worden durch die Feld-Stall-Bilanz. So ist allein durch die vom Gesetzgeber vorgegebene Änderung der Bilanzmethode trotz gleichbleibender organischer und mineralischer Düngung der Überhang 2006/2007 um ca. 90 kg N/ha in den negativen Bereich gefallen, wie Bild 15.3 zu entnehmen ist.

Bei der Hoftor-Bilanz werden die Nährstoffimporte in den Betrieb über z. B. Futter- und Düngemittelzukauf dem Export über den

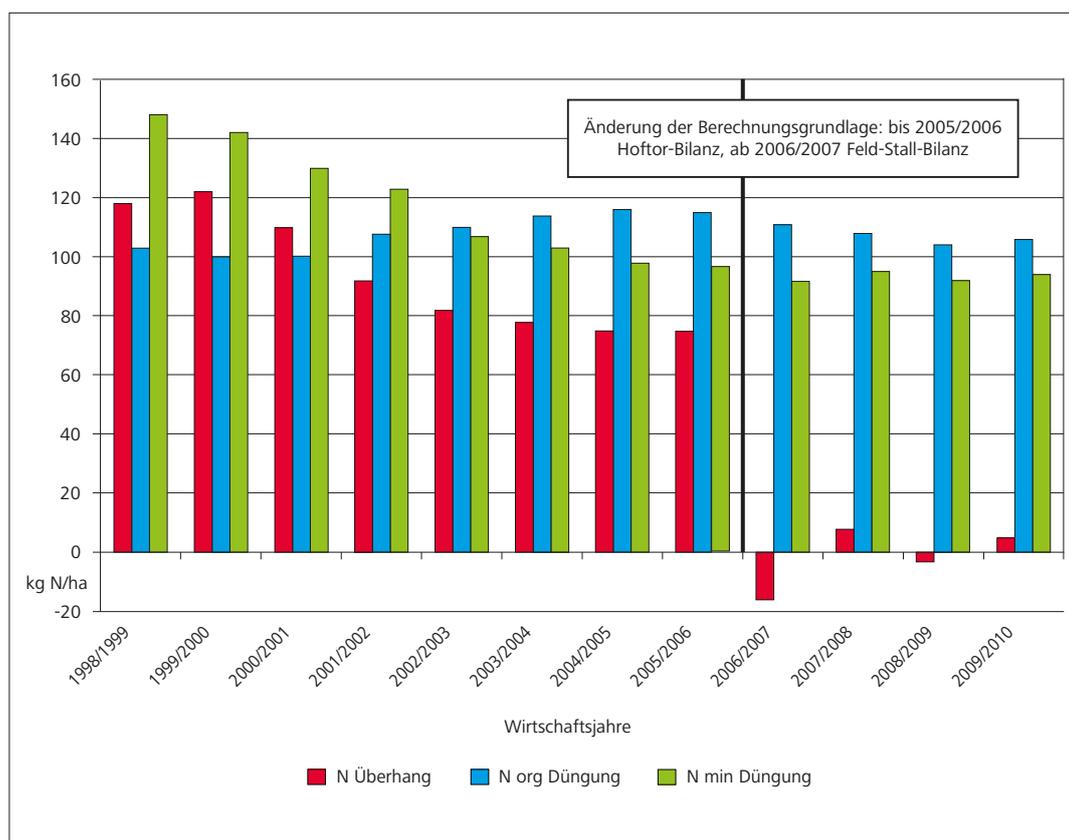


Bild 15.3: Nährstoffvergleiche konventionelle Betriebe HSK 1998 – 2010 (Anzahl 107 bis 2005/2006, Anzahl 128 ab 2006/2007 sowie geändertes Berechnungsschema)
 Fig. 15.3: Nutrient comparisons conventional enterprises HSK 1998 – 2010 (107 until 2005/2006, 128 from 2006/2007 and a revised calculation scheme)

Verkauf pflanzlicher und tierischer Produkte gegenübergestellt. Beides sollte über die Buchführung belegbar sein. Das Bilanzergebnis ist im Gegensatz zur Feld-Stall-Bilanz im natur- bzw. wasserwirtschaftlichen Sinn abgesehen von Abzügen der sog. Stall-, Lagerungs- und Ausbringungsverluste (atmosphärische Deposition über Ammoniak und Ammonium, vor Ort verbleibend) realistischer. Bei der Feld-Stall-Bilanz sind die Nährstoffentzüge über Erntemengen z. T. schlecht erfassbar (z. B. Grasaufwuchs) und einfacher zu manipulieren. Gleiches gilt auch für die innerhalb von Leistungskategorien vorgegebenen Stickstoffausscheidungsraten landwirtschaftlicher Nutztiere. Die Notwendigkeit der Manipulation kann sich einzelbetrieblich aus den laut Düngeverordnung maximal zulässigen Stickstoffüberschüssen (2009-2011 60 kg N/ha) und der max. zulässigen Düngung mit Wirtschaftsdüngern (170 kg N/ha bzw. 230 kg N/ha) ergeben. Das Bestreben intensiv wirtschaftender Betriebe liegt darin, die Entzüge (Erntemengen) hoch und den Input (Ausscheidungsraten der Tiere) niedrig anzusetzen.

Bei Überschreitung der max. zulässigen Stickstoffüberschüsse gibt es keine Sanktionen, sondern eine Überprüfung des Nährstoffvergleichs durch die sogenannte Nährstoffüberhangsbewertung. Dort werden ergänzend nur die im Anwendungsjahr anrechenbaren (pflanzenverwertbaren) Stickstoffmengen eingesetzter organischer Dünger gewertet. Im Zusammenspiel mit den nicht betrachteten, aber gewässerrelevanten landwirtschaftlichen Verlusten und den Problemen bei den Nährstoffentzügen über Ernte und dem Input über die Ausscheidungsraten ergibt sich eine vom Fachrecht gedeckte zulässige Norg-Effizienz, die vielfach geringer als 50 % ist. Die ungenutzten N-Mengen werden in den Folgejahren kaum berücksichtigt und verbleiben im Naturraum. Sie werden über den Sickerwasserpfad je nach Denitrifikationspotential im Grundwasserleiter die Ressource Grundwasser über kurz oder lang bedrohen. Dies gilt besonders für Gebiete mit hohem Anfall organischer Nährstoffträger aufgrund intensiver Viehhaltung und Biogaserzeugung bei begrenzter Flächenverfügbarkeit. Somit ist in diesen Fällen das landwirtschaftliche Fachrecht im Bereich der Düngung als Maßstab für einen ausreichenden Gewässerschutz vor dem Hintergrund der Grenzwerte und Qualitätsnormen aus dem Wasser- und Umweltrecht nicht geeignet. Da im Vergleich zu anderen Regionen in NRW die Intensität der Landbewirtschaftung im Ruhreinzugsgebiet niedrig bis mittel ist, ergibt sich trotz der beschriebenen Mängel des Düngerechts und seiner Umsetzung ein für die Trinkwasserversorgung unkritischer Konzentrationsbereich an Nitrat in der Ruhr. Die Ruhr ist aber auch vor Ammonium- und Phosphoreinträgen aus Düngung und Tierhaltung sowie vor erhöhten Einträgen von Krankheitserregern und Erosionsprodukten aus organischer Düngung und Ackerbau zu schützen.

Aus dieser Situation ergeben sich weitere Ziele der Düngeberatung, z. T. unterstützt durch das Förderprogramm der Kooperation:

- Verzicht auf die Ausbringung von Wirtschaftsdüngern im Herbst und auf schneebedeckten, gefrorenen oder wassergesättigten Böden,
- Erhöhung von Lagerraumkapazitäten für Wirtschaftsdünger zur Einhaltung geeigneter verlustarmer Ausbringungszeiten,

- verlustarme Ausbringetechniken (s. Förderkatalog: Pendelverteiler/Schleppschlauch/-schuhverteiler) (Bild 15.4),
- Vermittlung von Gülleexporten aus Überschussbetrieben in Bedarfsbetriebe,
- Uferstrandstreifen/Uferflächen,
- Fruchtfolgegestaltung und Zwischenfruchtanbau,
- Auszäunung und Tränkeförderung (zur Vermeidung auch hygienischer Belastungen),
- Boden- und Wirtschaftsdüngeruntersuchungen,
- Infoveranstaltungen für Landwirte (z. B zum Einsatz von Kompost und separierten Gärresten, zur ordnungsgemäßen Lagerung von Festmist und Silagen und zur Grünlandpflege-Striegel-Nachsaat) (Bild 15.5).



Bild 15.4: Bodennahe Gülleausbringung mit Schleppschläuchen
Fig. 15.4: Near-ground application of liquid manure with drag hoses



Bild 15.5: Infoveranstaltung zu verschiedenen Grünlandstriegel-Maschinen
Fig. 15.5: Information event on different grassland weeders

Pflanzenschutz (Landwirtschaft)

Ziel ist es hier, den Eintrag gewässerrelevanter Pflanzenschutzmittel (PSM) zu vermeiden. Die Kooperationsberatung im Pflanzenschutz basiert auf folgenden Säulen:

- Wirkstoffminimierung und -substitution,
- Vermeidung einseitiger Wirkstoffstrategien (Wirkstoffmanagement),
- Schadschwellenberücksichtigung und Optimierung des Applikationstermins,
- acker- und pflanzenbauliche Strategien, z. B. Fruchtfolge und Bodenbearbeitung,
- Einhaltung von Gewässerabständen, Teilnahme am Uferrandstreifenprogramm,
- Punktquellenvermeidung durch geeignete Spritzenwaschplatz-, Wartungs- und Befüllplätze und einwandfreie Spritztechnik auf dem Stand der Technik und darüber hinaus (Förderkatalog: Kontinuierliche Spritzenreinigung).

Der PSM-Einsatz ist in der Regel eine Sache des Ackerbaus, der im Ruhreinzugsgebiet im Norden entlang des Hellwegs anzutreffen ist. Der hier dominierende Getreidebau führte in früheren Jahren zum verbreiteten Einsatz des Wirkstoffs Isoproturon (IPU), vornehmlich gegen Gräser. Die flächendeckende Anwendung, verbunden mit guter Wasserlöslichkeit, schlechter Sorptionsfähigkeit, hoher Aufwandmenge (1500 g/ha) und relativ hoher Persistenz machten diesen Wirkstoff in der ersten Hälfte der 1990er Jahre zu einem beachtenswerten Wirkstoff.

Dies galt insbesondere in Jahren mit hohen Niederschlägen nach der Anwendung mit der Folge von Einträgen über Abschwemmungen (Runoff) und/oder Dränagen oder Böschungen (Interflow). Seinerzeit gab es mit der Wirkstoffgruppe der ACCase-Hemmer (FOPs wie Ralon, Topik, später Phenylpyrazolin wie Axial), der ALS-Hemmer (Sulfonylharnstoffe) und der Zellteilungshemmer Alternativen mit geringeren Aufwandmengen/ha und einem aus wasserwirtschaftlicher Sicht besseren chemophysikalischen Eigenschaftsmix, mit denen IPU unter Beachtung des Wirtschaftlichkeitsgebiets substituiert werden konnte. Schon früh wurden hierzu Pflanzenschutzversuche angelegt, um Veränderungen der Pflanzenschutzempfehlungen fundiert begründen zu können.

Mit zunehmenden Resistenzproblemen des IPU fand das sehr frühzeitige Know-how der Stever- und Ruhrkooperation seit der zweiten Hälfte der 1990er Jahre Eingang in die allgemeine Beratung der Landwirtschaftskammer NRW.

Die Kooperationsberatung liefert wichtige Einschätzungen der kulturartenabhängigen Anwendungshäufigkeiten zugelassener PSM-Wirkstoffe. Diese finden Eingang in die zwischen der AWWR, den Bezirksregierungen und den Gesundheitsbehörden abgestimmten Parameterlisten der Ruhr-, Roh- und Trinkwasseranalysen. Parallel dazu wurden über die AWWR-Mitgliedsunternehmen PSM-Monitorings bezogen auf bestimmte Wirkstoffe, Wirkstoffgruppen in der Ruhr oder den Zuflüssen durchgeführt, um z. B. Verdachtsmomente frühzeitig ausräumen zu können (Beispiele: IPU-Monitoring

Table 15.3: Im Ruhrwasser nachgewiesenes Isoproturon und Überschreitungen des Trinkwassergrenzwertes von 100 ng/L (Ruhrwassergüteberichte 1990 – 2010)

Jahr	Anzahl auswerteter Analysen	Anzahl der Positivbefunde	% Anteil	Anzahl der Proben > 100 ng/L	% Anteil	Maximalwert [ng/L]
1990	77	5	6,5	0	0	84
1991	236	26	11,5	2	0,8	260
1992	232	50	21,6	4	1,7	670
1993	528	73	13,8	24	4,5	973
1994	227	47	20,7	8	3,5	1308
1995	346	56	16,2	11	3,2	280
1996	255	39	15,3	8	3,2	559
1997	306	38	12,4	9	2,9	250
1998	172	20	11,6	1	0,6	138
1999	192	15	7,8	2	1,0	153
2000	271	10	3,7	1	0,4	112
2001	326	18	5,5	2	0,6	127
2002	275	32	11,2	4	1,5	150
2003	302	18	6,0	4	1,3	200
2004	218	22	10,1	0	0	46
2005	229	4	1,7	0	0	35
2006	262	7	2,7	1	0,4	243
2007	224	6	2,7	2	0,9	171
2008	216	0	0	0	0	0
2009	204	0	0	0	0	0
2010	208	0	0	0	0	0

1997/98, PSM-Monitoring polare Herbizide 2000, PSM-Monitoring Lenne 2002, PSM-Einträge Refflinger Bach seit 2003).

Die Belastung der Ruhr mit landwirtschaftlich eingesetzten PSM hält sich seit Beginn der Kooperation in Grenzen und gibt keinen Anlass zu erhöhten Aufwendungen für die Trinkwasseraufbereitung. Dies ist sicher eine Folge der begrenzten ackerwirtschaftlichen Flächennutzung im gesamten Einzugsgebiet. Die kooperative Zusammenarbeit der AWWR mit der Landwirtschaft hat den positiven Trend abnehmender PSM-Gehalte im Ruhrwasser in den letzten 10 bis 15 Jahren erkennbar bestärkt (Tabelle 15.3). In 2010 lag der Anteil der Proben aller untersuchten PSM in der Ruhr > 50 ng/L immer unter 0 %, die Maximalwerte immer unter 100 ng/L.

Außerlandwirtschaftliche Herbizideinträge – ein Spezialthema der Ruhrkooperation

Anfang der 1990er Jahre wurde der Totalherbizidwirkstoff Diuron häufig in hohen Konzentrationen nachgewiesen. Ein 1992 durchgeführtes Diuron-Monitoring in einem Gewässer unterhalb von



Bild 15.6: Besuch des Umweltbetriebs der Stadt Bielefeld am 05.07.2011 mit Kommunalvertretern aus dem Ruhreinzugsgebiet zur Präsentation des Wave-Verfahrens

Fig. 15.6: Visit to the eco-management of the city of Bielefeld on July 5, 2011 together with municipal representatives from the Ruhr catchment area to present the WAVE procedure

Weihnachtsbaumkulturen ergab, dass der Einsatz dort nicht Ursache für die Positivbefunde sein konnte. Somit stand fest, dass die damals genehmigungspflichtige, oft aber nicht genehmigungsfähige Anwendung des seinerzeit jedermann über Grüne Märkte zugänglichen Diuron als Totalherbizid auf befestigten, versiegelten Flächen mit Anschluss an Vorfluter oder Kanalisation Hauptursache für die Gewässerbelastungen war. Seitdem bindet die außerlandwirtschaftliche PSM-Problematik als Folge der hohen Siedlungsdichte vor allem im nordwestlichen Ruhreinzugsgebiet ca. 20-30 % der AWWR-finanzierten Beraterkapazität.

Seit den Anwendungsbeschränkungen und -verboten für den Wirkstoff Diuron im Rahmen von Änderungsverordnungen der Pflanzenschutzanwendungsverordnung (1997/2003) geht es der Ruhr-Kooperation über Öffentlichkeitsarbeit darum, nicht nur den illegalen Einsatz von Diuron-Altbeständen, sondern generell von für jedermann frei zugänglichen PSM, z. B. Glyphosat, auf abschwemmungsgefährdeten befestigten Flächen zu verhindern. In jährlichen Rundschreiben an die Gemeinden im Ruhreinzugsgebiet bietet die Kooperation den Gemeinden an, in ihrer Doppelfunktion als potentieller Anwender und Vorbildgeber für die Bürger bei Umwelttagen, Ausschusssitzungen usw. über die Problematik und Rechtslage aufzuklären. Mit gleichem Engagement werden Kleingartenvereine, Sportvereine, Industrie- und Handelskammer, Gartenbauverbände, Schulen usw. kontaktiert. Der Kontakt zu Städten und Gemeinden und anderen Anwendern erfolgt auch dann, wenn diese einen Antrag beim Pflanzenschutzbeauftragten der Landwirtschaftskammer NRW für eine Ausnahmegenehmigung vom Verbot der Anwendung von PSM auf Nichtkulturland stellen. Der Pflanzenschutzbeauftragte informiert den Kooperationsberater, der seinerseits den Antragsteller aufsucht, mit diesem die Applikationsflächen besichtigt und die Genehmigungsfähigkeit grundsätzlich prüft. Sofern eine Genehmigungsfähigkeit gegeben

ist, werden dennoch vorrangig herbizidfreie Verfahren empfohlen. Antragsteller wie Landesbeauftragter werden auf Details hingewiesen, die im Falle einer Genehmigung zu berücksichtigen sind.

Des Weiteren werden Gartenbaubetriebe, Baumärkte und sogenannte Grüne Märkte, die PSM verkaufen, beraten und überprüft. Dabei geht es um die ordnungsgemäße Lagerung, die obligatorische Kundenberatung und die Sachkunde des Verkaufspersonals. Über die Kooperation initiierte Maschinenvorfürungen und überregionale Veranstaltungen zur alternativen Wildkrautbeseitigung sollen Bauhofleiter und –mitarbeiter, Ordnungsamtsleiter und Dienstleister im Bereich der Pflege von Außenflächen über den Themenkreis informieren (Bild 15.6).

Verfahren wie Wildkrautbürsten, Infrarot-, Heißdampf- oder Heißschaumverfahren sowie einfache Fugenkratzer bringen oftmals in einer standörtlich angepassten Mischung gute Erfolge, erfordern allerdings ein ausgeklügeltes Management. Über die Art der Pflasterung bzw. Oberflächenbeschaffenheit der Verkehrsfläche lässt sich die Wildkrautanfälligkeit und damit Bekämpfungsnötigkeit ebenfalls minimieren. Zur besseren Visualisierung des Problems und gewässerverträglicherer Lösungen hat die Kooperation Schautafeln konzipiert und herstellen lassen und an Orten mit starkem Publikumsverkehr (Foyers von Rathäusern, Gemeindever-

Tabelle 15.4: Im Ruhrwasser nachgewiesenes Diuron und Überschreitungen des Trinkwassergrenzwertes von 100 ng/L (Ruhrwassergüteberichte 1991 – 2010)

Jahr	Anzahl ausgewerteter Analysen	Anzahl der Positivbefunde	% Anteil	Anzahl der Proben > 100 ng/L	% Anteil	Maximalwert [ng/L]
1991	236	68	28,8	30	12,7	502
1992	249	130	52,2	50	20,1	1016
1993	555	266	47,9	143	25,8	1300
1994	243	118	48,6	34	14	425
1995	378	168	44,4	59	15,6	430
1996	250	81	32,4	31	12,4	240
1997	307	105	34,2	9	2,9	440
1998	172	43	25,0	9	5,2	155
1999	192	42	21,9	4	2,1	180
2000	269	70	26,0	9	3,3	280
2001	326	68	20,9	2	0,6	154
2002	275	50	18,2	3	1,1	160
2003	302	78	25,8	6	2,0	600
2004	218	24	11,0	0	0	70
2005	228	23	10,1	0	0	90
2006	261	3	1,1	0	0	60
2007	224	3	1,3	1	0,4	200
2008	216	4	1,9	0	0	51
2009	203	3	1,5	0	0	32
2010	208	1	0,5	0	0	94

waltungen, Banken, Schulen, Bauernmärkte usw.) ausgestellt. Im Zusammenwirken mit dem Anwendungsverbot und Zulassungsauslauf für den Wirkstoff Diuron konnte die Kooperation eine nachhaltige Verringerung der Diuronbelastung der Ruhr bewirken (Tabelle 15.4). Eine Trinkwasserrelevanz des Substitutwirkstoffes Glyphosat konnte, begünstigt durch aus wasserwirtschaftlicher Sicht günstige chemophysikalische Stoffeigenschaften und strenge Anwendungsvorschriften, bisher vermieden werden.

Ausblick

Insgesamt hat die Ruhrkooperation seit 20 Jahren mit Nutzen für Land- und Wasserwirtschaft, Umwelt und Verbraucher ihrem Auftrag eines vorbeugenden Gewässerschutzes gerecht werden können. Angesichts agrar- und energiepolitisch bedingter zunehmender Intensitätssteigerungen (Viehaufstockungen, Biogas) in Teilregionen des Ruhreinzugsgebietes gilt es, das bisher Erreichte zu bewahren. Inwieweit der Ruhrkooperation gerade vor dem Hintergrund einer im Widerspruch zu Umweltqualitätsnormen aus dem Wasser- und Umweltrecht stehenden Agrarfachgesetzgebung dies gelingen kann, wird die Zukunft zeigen. Der Kooperation ist dabei viel Erfolg zu wünschen.

16 Wasserschutzgebiete im Einzugsgebiet der Ruhr – Verringerung der Gefahrenpotentiale durch eine gelebte Wasserschutzgebietsverordnung

*Stefan Wiewiora und Ulrich Peterwitz, GELSENWASSER AG
Andreas Lütz, Wassergewinnung Essen GmbH*

Ein Blick auf die ausgewiesenen Wasserschutzgebiete der AWWR-Mitgliedsunternehmen zeigt, dass sich hauptsächlich durch die in den letzten fünf Jahren hinzugekommenen Unternehmen Stadtwerke- und Wasserbeschaffungsverband Arnsberg, Hochsauerlandwasser, Stadtwerke Brilon und Sundern ein Zuwachs ergeben hat. Der Großteil der Wasserschutzgebiete der übrigen AWWR-Mitglieder ist seit dem letzten Überblick im Ruhrgütebericht 2002 unverändert und damit eine wesentliche Stütze des Schutzes der Wassergewinnungen geblieben. Eine Ausnahme hiervon bildet das Schutzgebiet Lendringsen der Stadtwerke Menden, welches seit der Aufgabe des gleichnamigen Wasserwerkes im Jahr 2008 erloschen ist. Hinzugekommen im Jahr 2007 ist hingegen das Schutzgebiet Fröndenberg der Stadtwerke Fröndenberg.

Durch die Schutzgebiete Scharfenberg und Altenbüren der Stadtwerke Brilon und das Schutzgebiet Röhre der Stadtwerke Sundern sind nun für die obere Ruhr typische, kleine, auf lokale Grund- und Quellwasserentnahmen abgestellte Schutzgebietsflächen hinzugekommen. Hochsauerlandwasser steuert vier zu den Werken Stockhausen, Mengesohl, Hennenohl und Twillmecke gehörende Schutzgebiete bei. Hier handelt es sich, wenn auch flächenmäßig deutlich größer, um Gebiete sowohl zum Schutz von Grundwasser als auch von Uferfiltratentnahmen.

Die künstliche Grundwasseranreicherung durch Langsandsandfiltration des Wasserwerks Langel des Wasserbeschaffungsverbandes Arnsberg und des Werkes Möhnebogen der Stadtwerke Arnsberg sind ebenfalls durch ein Schutzgebiet geschützt, allerdings ist die Flächenausdehnung der Filterflächen und demnach auch die der Schutzgebiete deutlich geringer als bei den Werken der mittleren und unteren Ruhr. Die Schutzgebiete der Werke Vorkenbruch und Müssenbergr der Stadtwerke Arnsberg hingegen dienen wiederum dem Schutz von kleinen Quellfassungen bzw. einer Uferfiltratentnahme.

Tabelle 16.1 zeigt hierzu den aktuellen Überblick mit allen relevanten Angaben. Im Anhang zu diesem Artikel werden darüber hinaus die Schutzgebiete der neu zur AWWR hinzugekommenen Wasserschutzzonen in einem Steckbrief vorgestellt. Wasserschutzgebiete werden generell im Rahmen von formellen und öffentlichen Verfahren festgesetzt und durch Verordnungen abgesichert, um damit einen verbindlichen, rechtlichen Rahmen für den Schutz der Gewässer zu erhalten. Es gilt, dadurch vor allem Gefahren abzuwehren, die sich dem direkten Einfluss der Wasserwerksbetreiber entziehen, so genannte Fremdeinflüsse. In den Wasserversorgungsunternehmen werden die Auflagen, die sich aus den Ver-

Tabelle 16.1: Festgesetzte Wasserschutzgebiete der AWWR-Wasserwerke im Einzugsgebiet der Ruhr
 Table 16.1: Determined water protection areas of the AWWR waterworks in the Ruhr catchment area

WWU	Wasserwerk	Flächengrößen in ha			in Kraft seit	
		WSG-gesamt	WSZ I	WSZ II		WSZ III
SW Brilon	Tiefbrunnen Scharfenberg	106,8	0	35,4	71,4	20.12.86
SW Brilon	Quelle Altenbüren	131,7	0	16,5	115,2	02.04.88
SW Sundern	Brunnen Röhre	268,1	0,5	85,8	181,8	25.10.07
Hochsauerlandwasser	Stockhausen	1.098,4	12,5	28,1	1057,8	15.10.88
Hochsauerlandwasser	Mengesohl	244,7	2,6	41	201,1	16.06.01
Hochsauerlandwasser	Hennenohl	245,3	0,1	5,9	239,3	03.02.07
Hochsauerlandwasser	Twillmecke	279	4,6	13,1	261,3	03.02.07
WBV Arnsberg	Langel	79	8	14	57	01.04.83
SW Arnsberg	Vorkenbruch	161	< 0,1	13	148	04.05.01
SW Arnsberg	Müssenberg	42	0,1	42	0	09.04.92
SW Arnsberg	Möhnebogen	382	20	20	342	01.08.83
WWW	Echthausen	1.895	31	185	1.679	01.01.85
SW Hamm	Warmen	2.448	60	305	2.083	12.12.87
SW Fröndenberg	Fröndenberg	648	2	30	616	12.09.07
WWW	Halingen	1.763	84	252	1.427	01.04.84
WWW	Hengsen bis Westhofen 2	14.843	373	1.130	13.340	08.03.98
Mark E	Hengstey	236	35	103	98	08.03.98
AVU	Volmarstein	1.117	46	102	969	19.11.95
VWW	Witten	1.789	70	182	1.538	01.10.81
WWW	Witten	336	54	47	235	01.10.81
WMR	Sundern-Stiepel	3634	78	254	3.302	28.02.93
WGE	Horst/ Burgaltendorf	597	96	94	407	geplant
WGE	E-Überruhr/Steele	238	83	71	84	16.03.95
RWW	E-Kettwig V.d.Br.	136	23	61	52	29.01.98
RWW	Mülheim-Dohne	15	12	2	1	27.08.92
RWW	Mülheim-Styrum Ost u. West	768	94	247	427	07.03.95
14 WWU der AWWR	Flächensummen von 26 WSG	33.501 335	1.189,4 12	3.379,8 34	28.932,9 289	ha km ²

ordnungen ergeben, im täglichen Betrieb und bei allen Aktivitäten selbstverständlich eingehalten und Wasserschutz gelebt, sei es z. B. durch Auflagen bei Baumaßnahmen oder durch die Gestaltung innerbetrieblicher Abläufe.

Können dieses allgemeine Grundbedürfnis nach einem Schutz der Gewässer und der daraus resultierende Anspruch in der Praxis bestehen, wo doch die Regelungen der Wasserschutzgebietsverordnungen für den einen oder anderen Einschränkungen und ggf. zusätzliche Kosten für Schutzmaßnahmen bedeuten?

Die Schutzgebietsverordnungen stellen zwei wesentliche Instrumente zur Minimierung von Gewässergefährdungen zur Verfügung, nämlich die so genannten „Genehmigungserfordernisse“

und die „Verbotstatbestände“ für Vorhaben und Handlungen, von denen eine Wassergefährdung ausgehen kann. Im Rahmen der jeweiligen Verfahren zur Ausweisung eines Schutzgebietes werden diese beiden Werkzeuge auf die örtlichen Gegebenheiten und die zu berücksichtigen Belange abgestimmt, damit die Regelungen nicht zu einer unbeabsichtigten Härte führen. So ist es beispielsweise möglich, dass die Neuansiedlung von Gewerbe und Industrie mit hohem Gefahrenpotential für die Gewässer in den Schutzzonen II und III A verboten wird, während vorhandenen Betrieben ein Bestandschutz eingeräumt wird, der den Weiterbetrieb ermöglicht.

Ein weiteres Instrument ist das „Beteiligungsprinzip“. Die jeweils zuständige Untere Wasserbehörde (UWB) entscheidet über die Zu-

lassung oder Einschränkung von Vorhaben oder bestimmten Handlungen gemäß Schutzgebietsverordnung. Der Wasserwerksbetreiber (WW) wird an diesem Prozess beteiligt und kann so seine Bedenken und Anregungen einbringen.

Wie hat sich das Beteiligungsprinzip tatsächlich entwickelt? Zwangsläufig sind die Abläufe der Beteiligung in den einzelnen Kommunen und Kreisen ähnlich, werden aber im Detail unterschiedlich gelebt. Das liegt daran, dass

- die jeweiligen Festsetzungen der Schutzgebiete zu verschiedenen Zeitpunkten erfolgten,
- die Verfahren für potenzielle Schutzgebiete noch nicht abgeschlossen sind, während die meisten Schutzgebietsverordnungen an der Ruhr bereits vor mehr als 20 Jahren erlassen wurden und einige bereits vor der Neufestsetzung stehen,
- der Umfang und die Inhalte neuerer Verordnungen detaillierter sind als die der älteren,
- sich Größe und Struktur der Schutzgebiete erheblich unterscheiden und somit in ihrer Überwachung unterschiedlich arbeitsintensiv sind,
- von überwiegend land- und forstwirtschaftlichen genutzten Flächen mit geringer Siedlungsdichte bis hin zu überwiegend städtischen Flächen mit Gewerbe- und Industriebetrieben alle Varianten enthalten sind und
- die Mitwirkenden auf Seiten der Behörden und des Wasserwerksbetreibers Gefahrenpotentiale unterschiedlich einschätzen.

Es liegt auf der Hand, dass es bei Einführung neuer Schutzgebietsverordnungen oder Bestimmungen immer Anlaufschwierigkeiten gibt. Prinzipiell muss die Kenntnis über das Vorhandensein eines ausgewiesenen Schutzgebietes mit den dazugehörigen Regelungen der Verordnung zunächst bei allen Beteiligten vorliegen. Ein reibungsloses Zusammenspiel zwischen den jeweiligen Ämtern der zuständigen Behörden und dem Wasserwerksbetreiber entwickelt sich erst im Zuge der geübten Praxis.

Grundsätzlich und dankenswerterweise können die Wasserwerksbetreiber an der Ruhr attestieren, dass sich im Laufe der Zeit eine gute und konstruktive Zusammenarbeit mit den zuständigen Unteren Wasserbehörden eingestellt hat. Die Voraussetzung für ein gutes Gelingen ist natürlich ein reibungsloser Informationsfluss zwischen unterschiedlichen Behörden und zwischen den einzelnen Sachgebieten und Hierarchien ein und derselben Behörde und den Wasserwerksbetreibern. Aus Sicht der Wasserwerke ist eine umfassende Einbindung der Wasserbehörden bei allen Belangen des Gewässerschutzes unverzichtbar, da diese über eine gute Fachkompetenz und Orts- und Anlagenkenntnisse verfügen.

Auch für die Öffentlichkeit gibt es heutzutage jederzeit die Möglichkeit, sich über das Vorhandensein eines Wasserschutzgebietes und die zugehörigen Bestimmungen zu informieren. Hier können so genannte GEO-Server im Internet innerhalb von wenigen Sekunden behilflich sein, sich die notwendigen Lagedaten zu beschaffen. Die einzelnen Bestimmungen von Schutzgebietsverordnungen sind hingegen meist nur auf Anfrage von den Behörden oder den Wasserwerksbetreibern selber zu bekommen. Es ist

daher zu überlegen, ob zukünftig nicht eine grundsätzliche Veröffentlichung der Verordnungstexte z. B. durch Hinterlegung im Internet beispielsweise als Hilfe für Fachplaner eingeführt werden sollte. Wasserbehörden werden bei der Überwachung und Meldung von Gefährdungen innerhalb von Wasserschutzgebieten bzw. -einzugsgebieten im Zuge regelmäßiger Geländebegehungen durch die Betreiber der Wasserwerke unterstützt. Bei Auffälligkeiten helfen zeitnahe und direkte Kontakte, Gegenmaßnahmen einzuleiten. Seit 1985 besteht eine rund um die Uhr wirksame Meldekette, zunächst Öl- und Giftalarmplan der Ruhrwasserwerke und heute AWWR Meldeplan genannt, mit deren Hilfe sich Wasserwerke, Ruhrverband und Behörden gegenseitig über Vorkommnisse an der Ruhr informieren.

Nr. 1: Wassergewinnung Brilon-Scharfenberg „Tiefbrunnen Scharfenberg“ (Stadtwerke Brilon AöR)

Im Dezember 1986 wurde von der BR Arnshagen eine Wasserschutzgebietsverordnung für die Wassergewinnungsanlage Brilon-Scharfenberg „Tiefbohrung Scharfenberg“ mit einer Gültigkeit von 40 Jahren erlassen. Das Wasserschutzgebiet (Bild 16.1) umfasst die Wasserschutzzone I, II, III und befindet sich nördlich des Ortsteils Brilon-Scharfenberg im Einzugsbereich des Gewässers Möhne. Zur Schutzzone I gehört der engste Bereich der 80 m tiefen Bohrung mit dem Betriebsgebäude. Die Schutzzone I ist mittels Zaunanlage geschützt und befindet sich im Eigentum der Stadtwerke Brilon. Die Abgrenzung der Schutzzonen erfolgte unter Berücksichtigung der geologisch-hydrologischen Verhältnisse. Sie liegen auf dem Südflügel der Nuttlarer Hauptmulde, die südwest-nordöstlich streicht und in der zahlreiche Sättel und Mulden vorkommen.

Flächengrößen der Wasserschutzzonen:
Schutzzone II 35,4 ha
Schutzzone III 71,4 ha

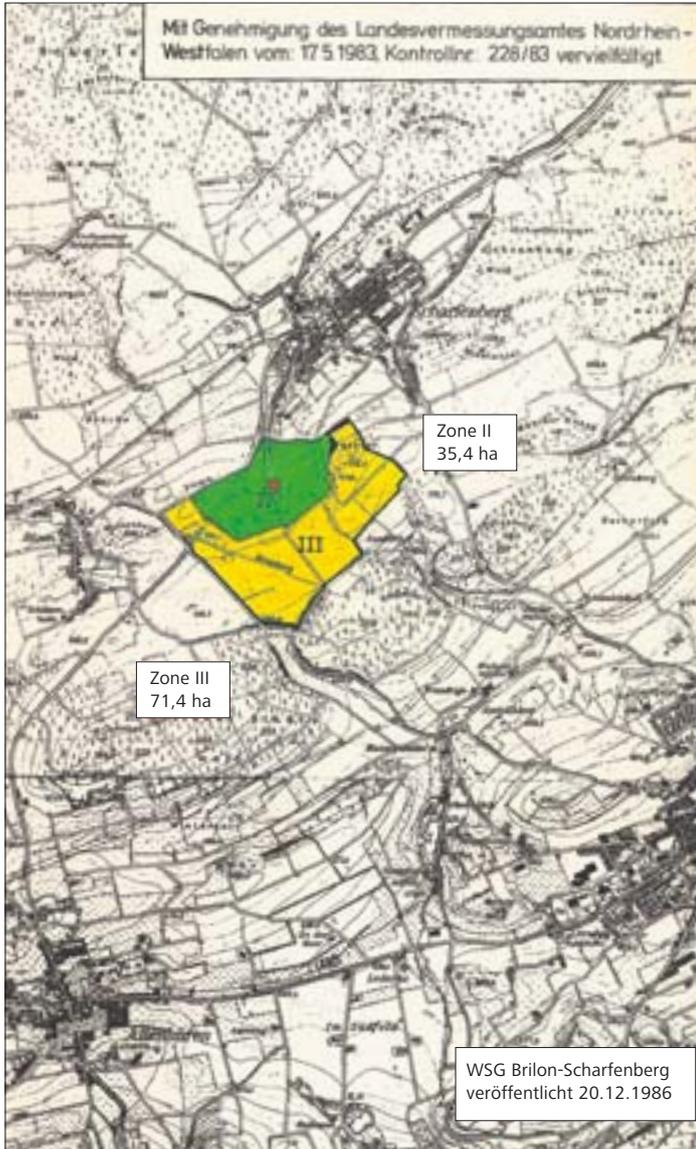


Bild 16.1: Wasserschutzgebiet des Wasserwerks Brilon Scharfenberg, "Tiefbrunnen Scharfenberg"
 Fig. 16.1: Water protection area of the waterworks Brilon Scharfenberg, "Tiefbrunnen Scharfenberg"

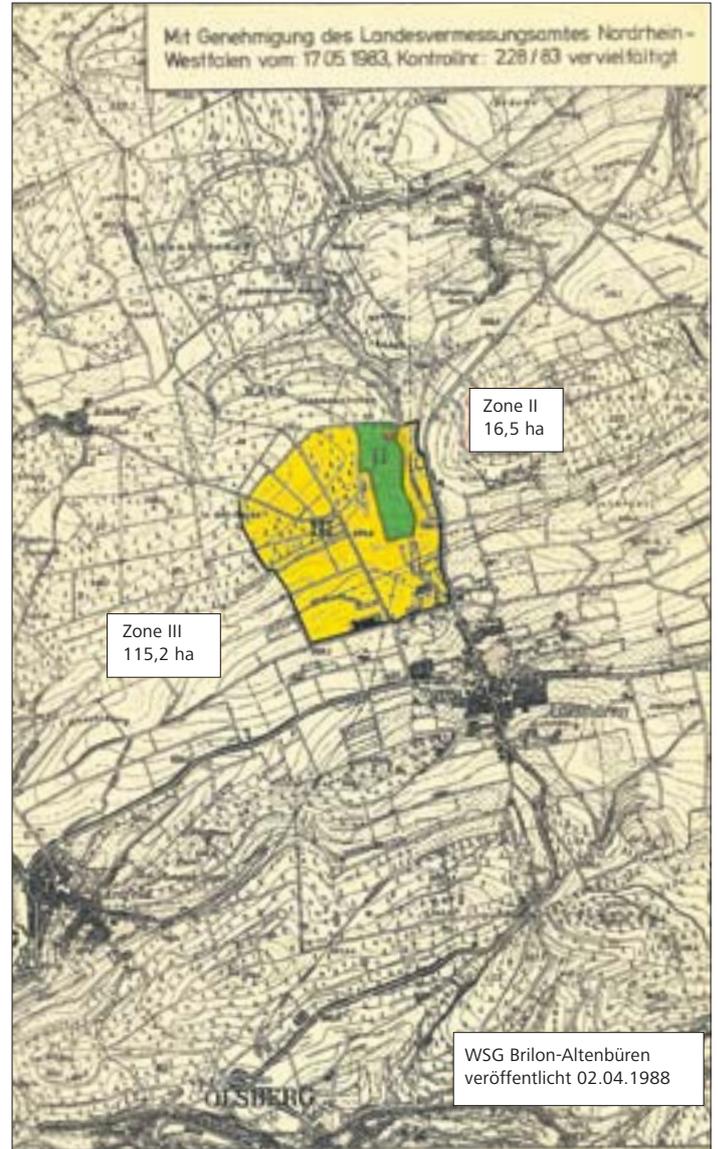


Bild 16.2: Wasserschutzgebiet des Wasserwerks Brilon Altenbüren "Quelle Glenne"
 Fig. 16.2: Water protection area of the waterworks Brilon Altenbüren "Quelle Glenne"

Nr. 2: Wassergewinnung Brilon Altenbüren „Quelle Glenne“ (Stadtwerke Brilon AöR)

Im April 1988 wurde von der BR Arnsberg eine Wasserschutzgebietsverordnung für die Wassergewinnungsanlage Brilon, Altenbüren, "Quelle Glenne" mit einer Gültigkeit von 40 Jahren erlassen. Das Wasserschutzgebiet (Bild 16.2) umfasst die Wasserschutzzonen I, II, III und befindet sich im Bereich des Gewässer Glenne, welches ein Nebenzufluss zur Möhne darstellt. Zur Schutzzone I gehört der engste Fassungsbereich mit den Sickerleitungen und dem Sammelbrunnen der Quellen. Die Schutzzone I ist mittels Zaunanlage geschützt und befindet sich im Eigentum der Stadt-

werke Brilon. Das Pumpwerk liegt in der Zone II. Die Abgrenzung der Schutzzonen erfolgte unter Berücksichtigung der geologischen-hydrologischen Verhältnisse. Sie liegen auf dem flach nach Norden einfallenden Südflügel der Nuttlarer Hauptmulde (nordöstliches Sauerland).

Flächengrößen der Wasserschutzzonen:
 Schutzzone II 16,5 ha
 Schutzzone III 115,2 ha

Nr. 3: Wasserwerk Sundern

(Stadtwerke Sundern als Eigenbetrieb der Stadt Sundern)

Das Wasserwerk Sundern nahm im November 2006 seinen Probebetrieb auf und ging Ende Mai 2007 offiziell in Betrieb. Es ersetzt das alte Pumpwerk Röhre, welches schon seit 1933 die Stadt Sundern mit Trinkwasser versorgte. Das neue Wasserwerk Sundern produziert das Lebensmittel Nr. 1 mit modernster Aufbereitungstechnik (Aktivkohlefilteranlage, Ultrafiltrationsanlage) in höchster Qualität. Die Bezirksregierung Arnsberg erließ im November 2007 für den Einzugsbereich des Wasserwerks die Wasserschutzgebietsverordnung „Sundern-Röhre“ mit einer Gültigkeit von 40 Jahren (Bild 16.3).

Der im Jahr 2009 komplett sanierte Schachtbrunnen Röhre mit dem dazugehörigen sanierten Betriebsgebäude sowie das neue Wasserwerksgebäude befinden sich in der knapp 0,54 ha großen Schutzzone I (Fassungsbereich). Die Schutzzone I befindet sich im Eigentum der Stadtwerke Sundern. In der ca. 86 ha großen Schutzzone II (engere Schutzzone) befinden sich außer den beiden Grundstücken der Stadtwerke Sundern (Betriebs- und Verwaltungsgebäude, ehemaliges Lagergebäude) zwei weitere bebaute Privatgrundstücke. Die Schutzzone II besteht vorwiegend aus land- und forstwirtschaftlich genutzten Flächen. Die Schutzzone III (weitere Schutzzone) erstreckt sich mit einer Größe von etwa 182 ha in das südliche Stadtgebiet Sundern. Sie geht nahtlos über in die Schutzzone III des Wasserschutzgebietes „Stockumer Karweg“.

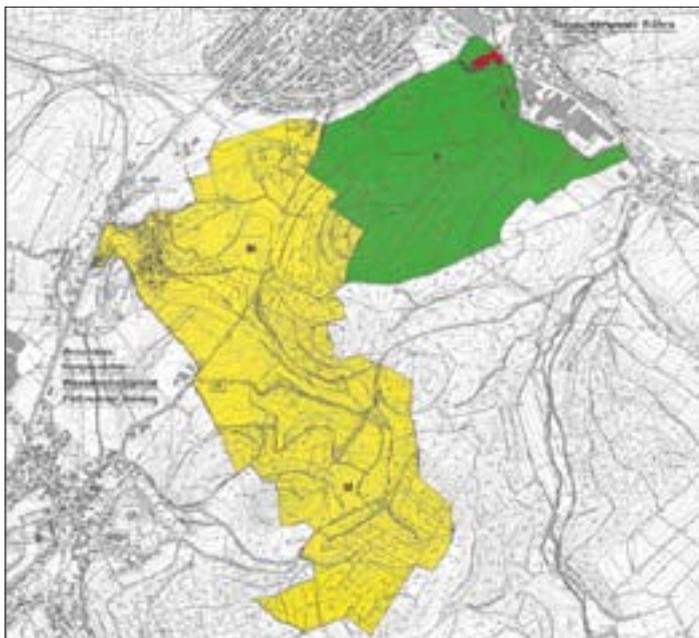


Bild 16.3: Wasserschutzgebiet des Wasserwerks Sundern
Fig. 16.3: Water protection area of the waterworks Sundern

Nr. 4 Wasserwerk Langscheid

(Stadtwerke Sundern als Eigenbetrieb der Stadt Sundern)

Das Wasserwerk Langscheid ging im Februar 1981 ans Netz. In den Jahren 1998 bis 2001 wurde die vorhandene Trinkwasseraufbereitungsanlage mit modernster Technik (Aktivkohle- und Ultrafiltrationsanlage) ertüchtigt. Als Wassergewinnungsanlage dient die Sorpitalsperre des Ruhrverbandes, aus der über die Grundablassleitung das Rohwasser mit einem natürlichen Vordruck zum Wasserwerk gelangt. Die Sorpitalsperre ist eine „Multifunktionalstalsperre“ mit konkurrierenden Aufgaben und Funktionen. Neben der Sicherung der Niedrigwasseraufhöhung der Ruhr (= Hauptaufgabe) und der lokalen Trinkwasser- und Energiegewinnung dient die Talsperre auch zur Freizeitgestaltung, Naherholung und zu touristischen Zwecken. Sie ist somit keine Trinkwassertalsperre. Eine Schutzgebietsausweisung wird daher auch nicht verfolgt.

Nr. 5 Wasserwerk Stockhausen

(Hochsauerlandwasser GmbH)

Zum Schutz des durch die v. g. Anlage genutzten Wasservorkommens wurde im Oktober 1988 durch die Bezirksregierung Arnsberg die Wasserschutzgebietsverordnung „Stockhausen“ mit einer Laufzeit von 40 Jahren erlassen.

Das Wasserschutzgebiet (Bild 16.4) gliedert sich in folgende Wasserschutzzonen:

- Zone I (Fassungsbereich) mit einer Größe von ca. 13 ha
- Zone II (engere Schutzzone) mit einer Größe von ca. 28 ha
- Zone III A (weitere Schutzzone) mit einer Größe von ca. 114 ha
- Zone III B (weitere Schutzzone) mit einer Größe von ca. 944 ha

Innerhalb der Schutzzone I befinden sich neben drei Horizontalfilterbrunnen und der Aufbereitungsanlage fünf Versickerungs-

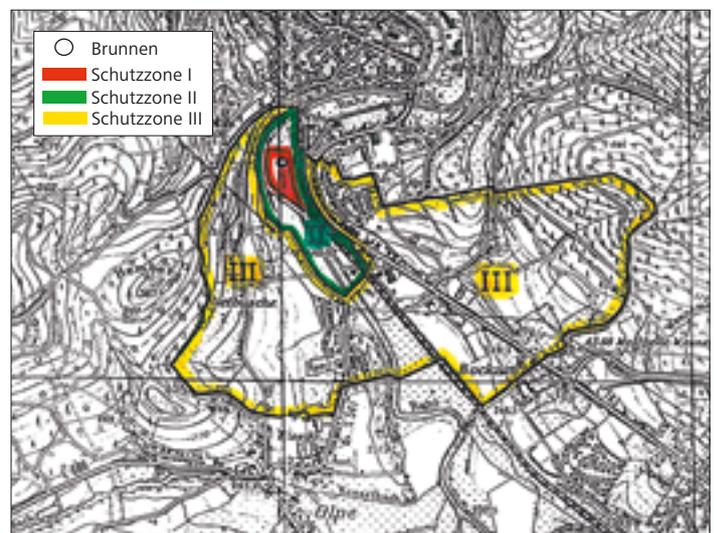


Bild 16.4: Wasserschutzgebiet des Wasserwerks Stockhausen
Fig. 16.4: Water protection area of the waterworks Stockhausen

becken, in denen bei Bedarf Wasser aus einem Altarm der Ruhr über eine dichte Grasnarbe in das Grundwasser versickert wird. Die gesamte Zone I und ein Teil der Zone II sind im Eigentum der Hochsauerlandwasser GmbH. Die jeweilige Abgrenzung der einzelnen Schutzzonen kann der Schutzgebietskarte entnommen werden.

Nr. 6: Wasserwerk Mengesohl
(Hochsauerlandwasser GmbH)

Zum Schutz des durch die v. g. Anlage genutzten Wasservorkommens wurde im Juni 2001 durch die Bezirksregierung Arnsberg die Wasserschutzgebietsverordnung „Meschede-Heinrichsthal“ mit einer Laufzeit von 40 Jahren erlassen.

Das Wasserschutzgebiet (Bild 16.5) gliedert sich in folgende Wasserschutzzonen:

- Zone I (Fassungsbereich) mit einer Größe von ca. 3 ha
- Zone II (engere Schutzzone) mit einer Größe von ca. 41 ha
- Zone III (weitere Schutzzone) mit einer Größe von ca. 201 ha

Innerhalb der Schutzzone I befinden sich drei Schachtbrunnen, mehrere hundert Meter Sickergalerie, ein Sammelbrunnen mit offener Sohle sowie eine Pumpstation. Die Aufbereitungsanlage liegt in der Zone II. Die gesamte Zone I und ein kleiner Teil der Zone II sind im Eigentum der Hochsauerlandwasser GmbH. Die jeweilige Abgrenzung der einzelnen Schutzzonen kann der Schutzgebietskarte entnommen werden. Im Osten des Schutzgebietes wird gleichzeitig eine Quelfassung durch das Wasserschutzgebiet mitgeschützt.

Nr. 7: Wassergewinnung Hennenohl
(Hochsauerlandwasser GmbH)

Zum Schutz des durch die v. g. Anlage genutzten Wasservorkommens wurde im Februar 2007 durch die Bezirksregierung Arnsberg die Wasserschutzgebietsverordnung „Bestwig-Hennenohl/Föckinghausen“ mit einer Laufzeit von 40 Jahren erlassen.

Das Wasserschutzgebiet (Bild 16.6) gliedert sich in folgende Wasserschutzzonen:

- Zone I (Fassungsbereich) mit einer Größe von ca. 0,1 ha
- Zone II (engere Schutzzone) mit einer Größe von ca. 6 ha
- Zone III A (weitere Schutzzone) mit einer Größe von ca. 107 ha
- Zone III B (weitere Schutzzone) mit einer Größe von ca. 132 ha

Innerhalb der Schutzzone I befinden sich ein Flach- und ein Tiefbrunnen sowie eine zugehörige Pumpstation. Die Schutzzone I ist im Eigentum der Hochsauerlandwasser GmbH. Die jeweilige Abgrenzung der einzelnen Schutzzonen kann der Schutzgebietskarte entnommen werden. Im Norden des Schutzgebietes werden gleichzeitig mehrere Quelfassungen durch das Wasserschutzgebiet mitgeschützt.

Nr. 8: Wassergewinnung Twillmecke
(Hochsauerlandwasser GmbH)

Zum Schutz des durch die v. g. Anlage genutzten Wasservorkommens wurde im Februar 2007 durch die Bezirksregierung Arnsberg die Wasserschutzgebietsverordnung „Bestwig-Ramsbeck/Twillmecke“ mit einer Laufzeit von 40 Jahren erlassen.

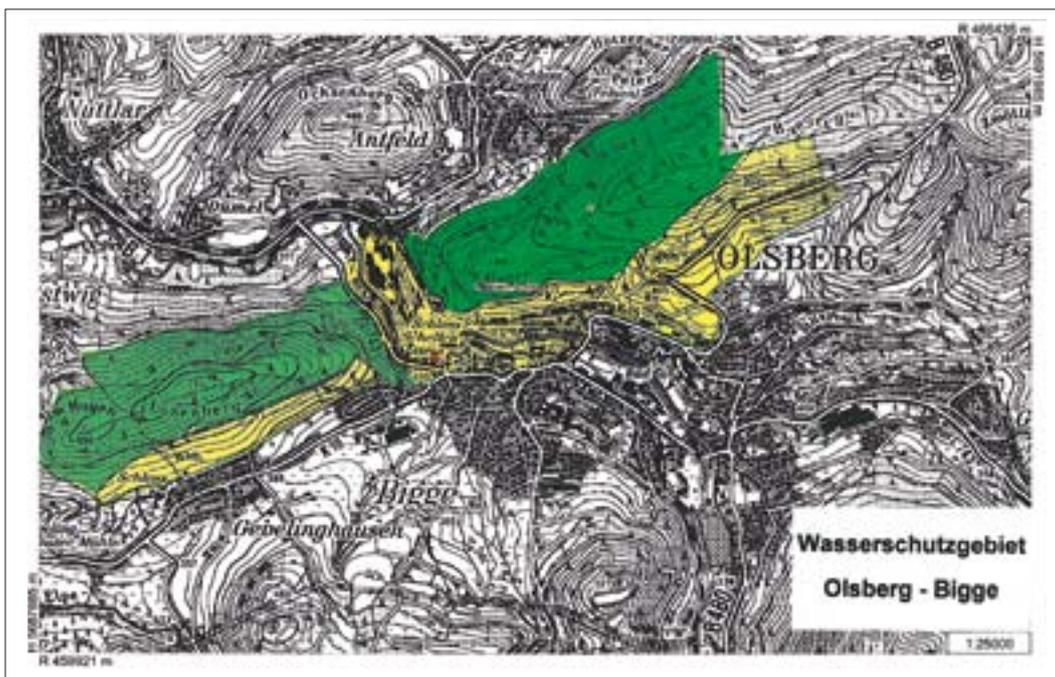


Bild 16.5: Wasserschutzgebiet des Wasserwerks Mengesohl
Fig. 16.5: Water protection area of the waterworks Mengesohl

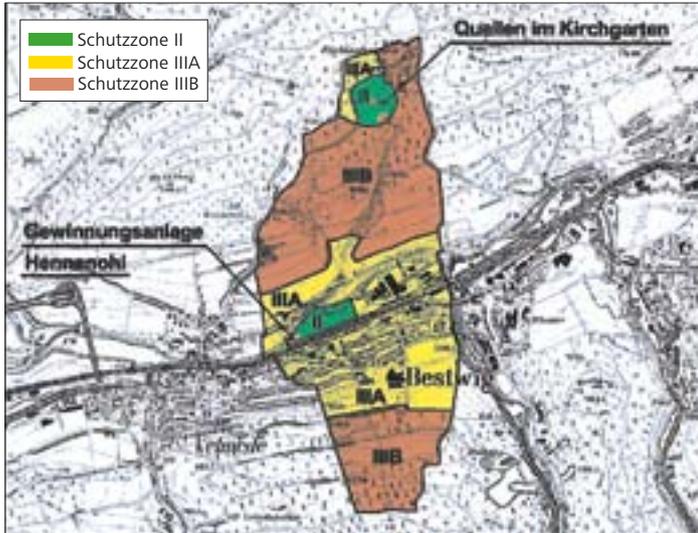


Bild 16.6: Wasserschutzgebiet des Wasserwerks Hennenoohl
 Fig. 16.6: Water protection area of the waterworks Hennenoohl

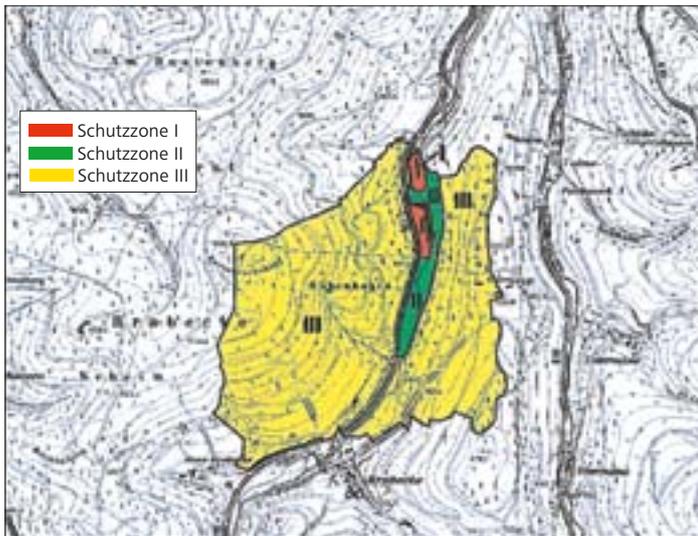


Bild 16.7: Wasserschutzgebiet des Wasserwerks Twillmecke
 Fig. 16.7: Water protection area of the waterworks Twillmecke

Das Wasserschutzgebiet (Bild 16.7) gliedert sich in folgende Wasserschutz-zonen:

- Zone I (Fassungsbereich) mit einer Größe von ca. 5 ha
- Zone II (engere Schutzzone) mit einer Größe von ca. 13 ha
- Zone III (weitere Schutzzone) mit einer Größe von ca. 261 ha

Innerhalb der Schutzzone I befinden sich ein Flach- und ein Tiefbrunnen. Die Schutzzone I ist im Eigentum der Hochsauerlandwasser GmbH. Die jeweilige Abgrenzung der einzelnen Schutz-zonen kann der Schutzgebietskarte entnommen werden.

Nr. 9: Wassergewinnungsanlage Langel (Wasserbeschaffungsverband Arnberg)

Für die Wassergewinnungsanlage Langel hat die Bezirksregierung Arnberg im April 1983 ein Wasserschutzgebiet für das Einzugsgebiet festgesetzt und eine Wasserschutzgebietsverordnung erlassen mit einer Geltungsdauer von 40 Jahren.

Das Wasserschutzgebiet (Bild 16.8) gliedert sich in den Fassungsbereich (Zone I), in die engere Schutzzone (Zone II) und in die weiteren Schutz-zonen (Zone III A und B).

Flächengrößen der Wasserschutz-zonen:

Zone I	8 ha
Zone II	14 ha
Zone III A	35 ha
Zone III B	22 ha

Die Schutzzone I und ein Teil der Zone II sind im Besitz des Wasserbeschaffungsverbandes Arnberg. Der Wasserbeschaffungsverband beabsichtigt, weitere Flächen in der Schutzzone II zu erwerben, um Einfluss auf die Art der landwirtschaftlichen Nutzung zu bekommen.

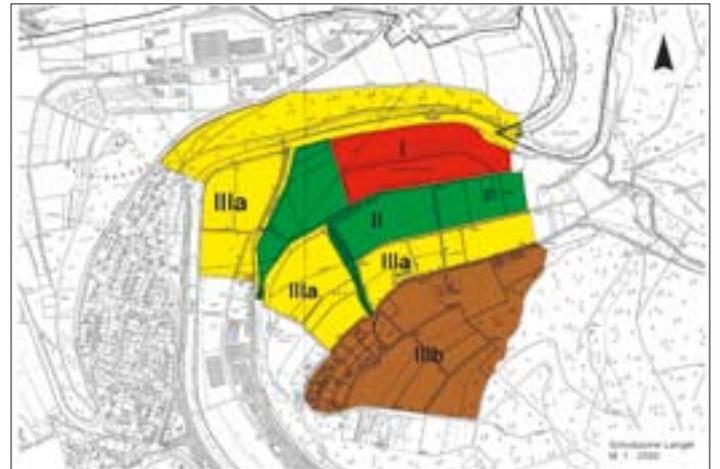


Bild 16.8: Wasserschutzgebiet des Wasserwerks Langel
 Fig. 16.8: Water protection area of the waterworks Langel

Nr. 10: Wassergewinnungsanlage Vorkenbruch (Stadtwerke Arnberg GmbH & Co. KG)

Die Bezirksregierung Arnberg hat im Mai 2001 ein Wasserschutzgebiet für das Einzugsgebiet der Wassergewinnungsanlage Vorkenbruch festgesetzt und eine Wasserschutzgebietsverordnung erlassen mit einer Geltungsdauer von 40 Jahren.

Das Wasserschutzgebiet (Bild 16.9) gliedert sich in den Fassungsbereich (Zone I), in die engere Schutzzone (Zone II) und in die weitere Schutzzone (Zone III).

Flächengrößen der Wasserschutz-zonen:

Zone I	0,0016 ha
Zone II	13 ha
Zone III	148 ha

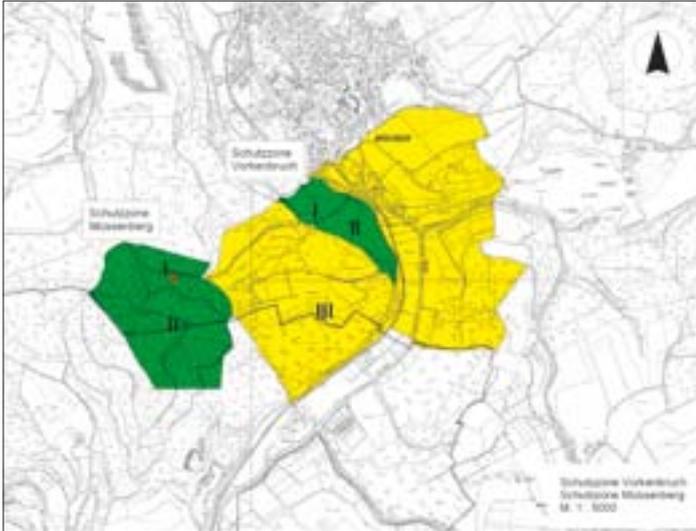


Bild 16.9: Wasserschutzgebiet des Wasserwerks Vorkenbruch und Müssenberg
 Fig. 16.9: Water protection area of the waterworks Vorkenbruch and Müssenberg

Die Schutzzone I und ein Teil der Zone II sind im Besitz der Stadtwerke Arnsberg.

Nr. 11: Wassergewinnungsanlage Müssenberg
 (Stadtwerke Arnsberg GmbH & Co. KG)

Im April 1992 hat die Bezirksregierung Arnsberg ein Wasserschutzgebiet für das Einzugsgebiet der Wassergewinnungsanlage Müssenberg festgesetzt und eine Wasserschutzgebietsverordnung erlassen mit einer Geltungsdauer von 40 Jahren.

Das Wasserschutzgebiet (Bild 16.9) gliedert sich in den Fassungs-bereich (Zone I) und in die engere Schutzzone (Zone II).
 Flächengrößen der Wasserschutzzonen:

- Zone I 0,12 ha
- Zone II 42 ha

Die Schutzzone I ist im Besitz der Stadtwerke Arnsberg

Nr. 12 Wassergewinnungsanlage Möhnebogen
 (Stadtwerke Arnsberg GmbH & Co. KG)

Im August 1983 hat die Bezirksregierung Arnsberg ein Wasserschutzgebiet für das Einzugsgebiet der Wassergewinnungsanlage Möhnebogen festgesetzt und eine Wasserschutzgebietsverordnung erlassen mit einer Geltungsdauer von 40 Jahren.

Das Wasserschutzgebiet (Bild 16.10) gliedert sich in den Fassungs-bereich (Zone I), in die engere Schutzzone (Zone II) und in die weiteren Schutz-zonen (Zone III A und B).

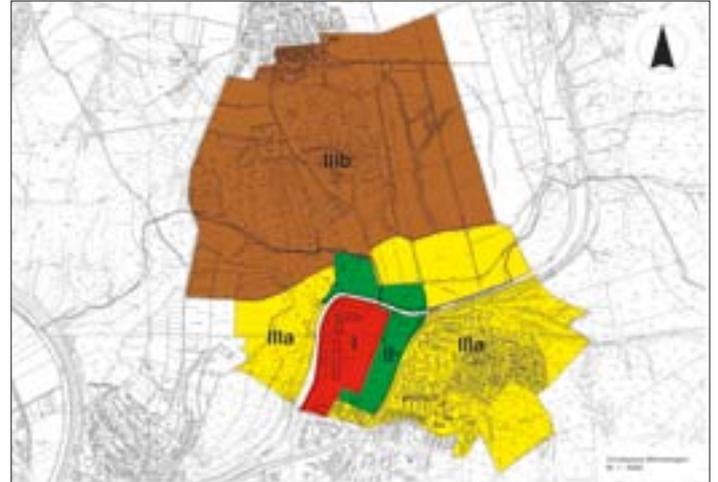


Bild 16.10: Wasserschutzgebiet des Wasserwerks Möhnebogen
 Fig. 16.10: Water protection area of the waterworks Möhnebogen

Flächengrößen der Wasserschutzzonen:

- Zone I 20 ha
- Zone II 20 ha
- Zone III A 139 ha
- Zone III B 203 ha

Die Schutzzone I und der größte Teil der Zone II sind im Besitz der Stadtwerke Arnsberg. In der Schutzzone III A sind einige Flächen, die direkt an die Möhne grenzen, ebenfalls im Besitz der Stadtwerke. Die landwirtschaftlichen Flächen in den Schutz-zonen II und III, die im Besitz der Stadtwerke sind, wurden 2011 dauerhaft in Mähwiesen umgewandelt und werden zukünftig extensiv bewirtschaftet.

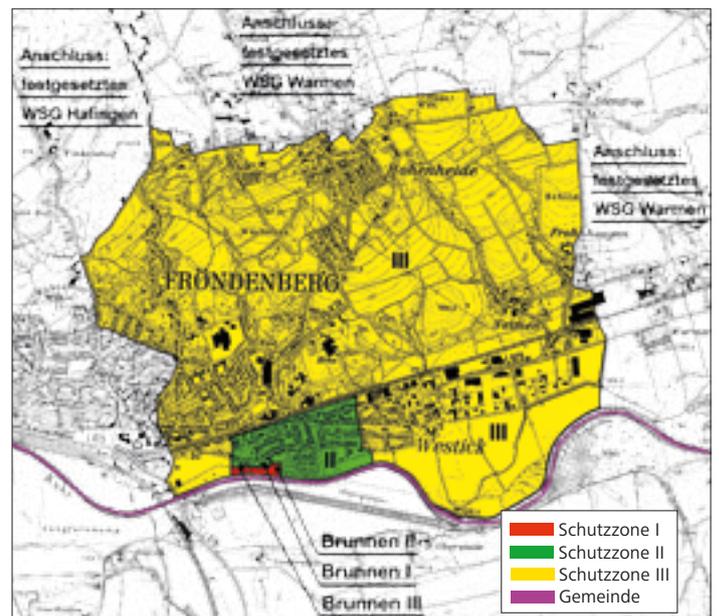


Bild 16.11: Wasserschutzgebiet des Wasserwerks Fröndenberg
 Fig. 16.11: Water protection area of the waterworks Fröndenberg

Nr. 13: Wasserwerk Fröndenberg

(Stadtwerke Fröndenberg GmbH)

Das Wasserwerk Fröndenberg liegt im Ruhrtal auf dem Gebiet der Stadt Fröndenberg. Für dieses Wasserwerk besteht eine wasserrechtliche Bewilligung zur Entnahme von Wasser für 1,2 Mio. m³ pro Jahr bis zum 31. Oktober 2035. Am 6. Oktober 2007 wurde durch die Bezirksregierung Arnsberg auch die Wasserschutzgebietsverordnung für dieses Wasserwerk mit einer Laufzeit von 40 Jahren in Kraft gesetzt.

Das Wasserschutzgebiet (Bild 16.11) untergliedert sich in eine Fassungsbereich (Zone 1), eine engere Schutzzone (Zone 2) und eine weitere Schutzzone (Zone 3). Die Schutzzone 1 umfasst das Gelände der Wassergewinnung mit den 3 Schachtbrunnen.

Flächengrößen der Wasserschutzzonen:

Wasserschutzzone I: 1,92 ha

Wasserschutzzone II: 30,61 ha

Wasserschutzzone III: 622,39 ha

Die Schutzzone I befindet sich im Eigentum der Stadtwerke Fröndenberg.

17 Erweiterung der Wasseraufbereitung im Wasserwerk Möhnebogen der Stadtwerke Arnsberg

Thomas Kroll, Stadtwerke Arnsberg GmbH & Co. KG, Arnsberg

Allgemeines

Die Stadtwerke Arnsberg versorgen rund 76.700 Einwohner im Stadtgebiet von Arnsberg mit Trinkwasser. Hierzu werden von den Stadtwerken jährlich ca. 4,35 Mio. m³ Trinkwasser bereitgestellt. In vier Wassergewinnungs- und Aufbereitungsanlagen werden von den Stadtwerken rund 59 % des Wassers selber gewonnen. Die verbleibenden 41 % beziehen die Stadtwerke von anderen Wasserversorgungsunternehmen.

Wassergewinnungs- und Aufbereitungsanlage Möhnebogen

Die größte Wassergewinnungs- und Aufbereitungsanlage der Stadtwerke ist die Anlage Möhnebogen. Sie versorgt rund 40.800 Einwohner mit ca. 2,34 Mio. m³ Trinkwasser pro Jahr. Des Weiteren dient die Anlage Möhnebogen zur Notwasserversorgung für die Versorgungsbereiche der drei anderen Anlagen.

1953/54 wurde die erste Wassergewinnungsanlage am Möhnebogen bei Arnsberg-Neheim gebaut. Die Anlage bestand aus einer 322 m langen Sickerleitung, die durch drei Kontrollschächte unterteilt war und in einem Schachtbrunnen mündete. Mit der Sickerleitung, die parallel zur Möhne verlief, wurde das Uferfiltrat gefasst.

Auf Grund des stark angestiegenen Wasserbedarfs wurde nach umfangreichen hydrogeologischen Vorerkundungen und Planungen die Anlage 1971/72 ausgebaut. Der gegenwärtige Zustand der Wassergewinnungsanlage entspricht noch dem Ausbaustand von 1971/72.

Aufbereitungstechnische Ausgangssituation

Die Entnahme des Rohwassers aus der Möhne erfolgt über eine partiell geschlitzte Entnahmeleitung DN 600, die ca. 80 cm unterhalb der Flusssohle im Möhneschotter verlegt ist und in einem Entnahgebauwerk endet.

Von dem Entnahgebauwerk wird das Wasser zur künstlichen Grundwasseranreicherung in vier Langsandsfilterbecken gepumpt. Die Becken haben Abmessungen von jeweils 15 m x 85 m und die gesamte Filterfläche der vier Becken beträgt 5.100 m². In den Becken ist eine ca. 60 cm starke Filterquarzsandschicht.

Uferfiltrat, künstlich angereichertes und natürliches Grundwasser werden durch 21 Heberbrunnen, die in zwei Brunnengruppen un-

terteilt sind, gefasst. Die Brunnen der beiden Brunnengruppen sind durch Heberleitungen verbunden und enden jeweils in einem Sammelbrunnen.

Von den Sammelbrunnen wird das Wasser zur Entsäuerung ins Werk gefördert. Die Entsäuerung erfolgte in vier mit dolomitischem Filtermaterial gefüllten Druckfiltern.

Nach der Entsäuerungsanlage kommt eine Aktivkohleanlage. Diese „provisorische“ Aktivkohleanlage musste 2006 auf Grund des PFT-Skandals kurzfristig in Betrieb genommen werden. Mit Hilfe der Anlage konnten die hohen PFT-Konzentrationen im Trinkwasser sicher entfernt werden.

Nach Abschluss der Aufbereitung wird das Wasser mit Chlorgas desinfiziert. Auf Grund von mikrobiologischen Problemen wurde

im Februar 2010 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 1970er-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, beauftragten die Stadtwerke Arnberg Anfang 2008 ein Ingenieur-

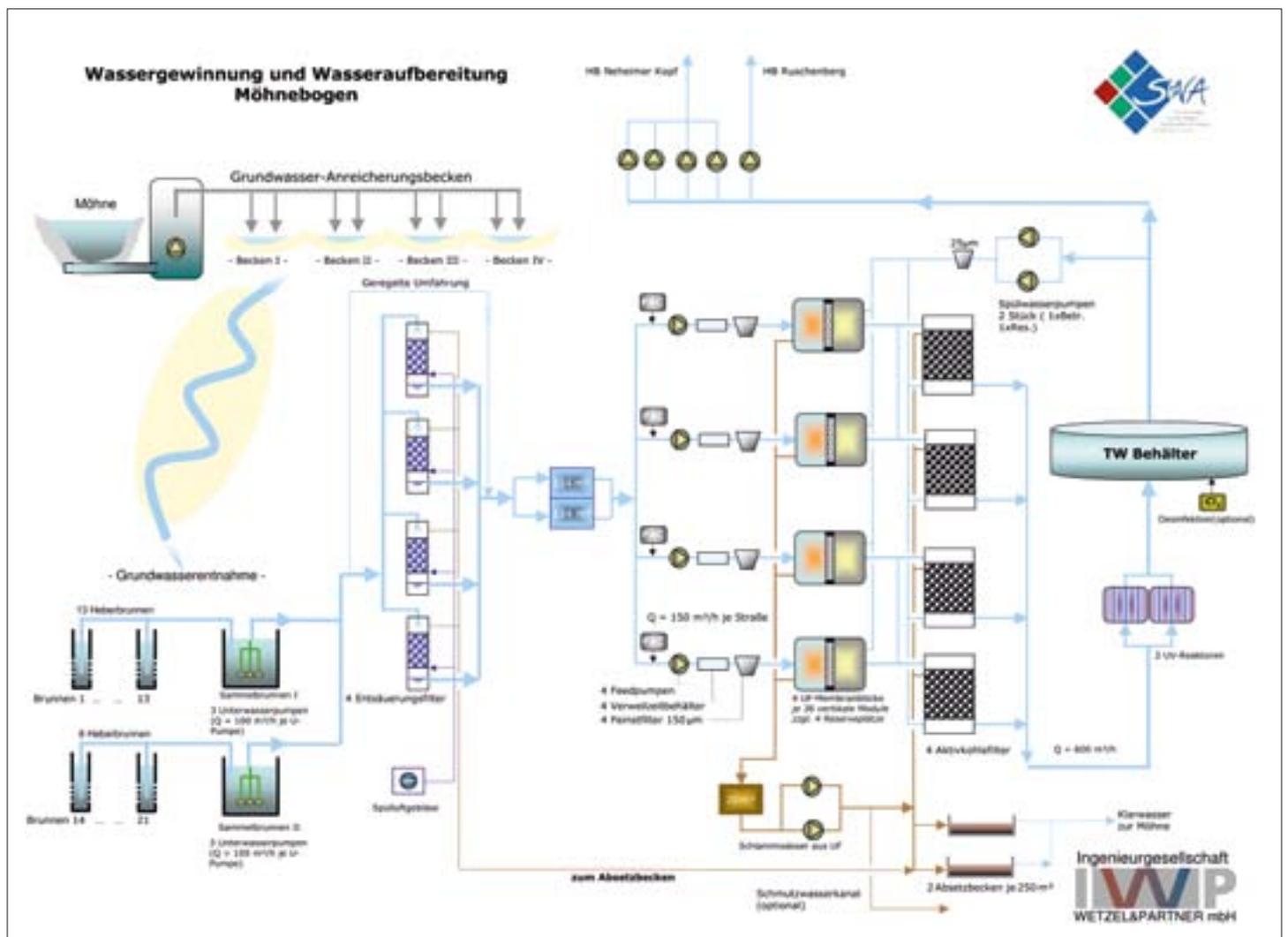


Bild 17.1: Aufbereitungsschema
Fig. 17.1: Treatment scheme

büro mit der Planung zur Erweiterung der Aufbereitung im Wasserwerk Möhnebogen. Begleitet wurden die Planungen u. a. vom Hygiene-Institut des Ruhrgebiets, Gelsenkirchen, und vom Rheinisch-Westfälischen Institut für Wasser, Beratungs- und Entwicklungsgesellschaft mbH in Mülheim.

Die vorhandene Wassergewinnung und die Entsäuerung sollten im Werk Möhnebogen bestehen bleiben und durch moderne Aufbereitungstechnik ergänzt werden (Bild 17.1).



Bild 17.2: Gebäude der neuen Aufbereitungsanlage
Fig. 17.2: Building of the new treatment facility

Nach einer zweijährigen Planungsphase wurde im September 2010 mit den Bauarbeiten im Wasserwerk Möhnebogen begonnen. Die Inbetriebnahme der neuen Aufbereitungsanlage erfolgte im Oktober 2011 (Bild 17.2). Das Werk ist nach der Erweiterung der Wasseraufbereitung jederzeit in der Lage, 600 m³/Stunde bzw. 12.000 m³/Tag Trinkwasser aufzubereiten. Beim Ausfall eines der anderen Werke kann der Versorgungsbereich mit versorgt werden. Die erweiterte Wasseraufbereitung umfasst die folgenden Anlagenteile, die neu errichtet wurden:

Zwischenbehälter

Die verfahrenstechnischen Anlagen des Bestandes wurden durch einen Zwischenbehälter hydraulisch von den Komponenten der neuen Aufbereitungsanlage entkoppelt. Der Zwischenbehälter besteht aus zwei Wasserkammern mit einem gesamten Speichervolumen von ca. 230 m³.

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 (Spül-



Bild 17.3: Reaktionsbehälter
Fig. 17.3: Reaction container

zyklen) und Standzeit der Ultrafiltrationsmembranen als auch die Beladung der Aktivkohle-Filter beeinflusst. Ziel ist die Bildung von Mikroflocken, die auf der Membranoberfläche einen Filterkuchen (Sekundärmembran) bilden, der sich mit der Wasserspülung herausspülen 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 exakte Einstellung der Dosiermenge wird zur Zeit in einer Versuchsreihe untersucht. Die Dosierung des Flockungsmittels erfolgt unmittelbar vor den Feedpumpen im Saugrohr. Für die Dosierung des Flockungsmittels werden insgesamt vier Membran-Dosierpumpen eingesetzt (je eine für jede Ultrafiltrations-Straße). Die Dosierung erfolgt trübungsabhängig und mengenproportional. Als Reaktionsraum zur Einhaltung einer Reaktionszeit von min. 60 Sekunden wurde je Straße ein Reaktionsbehälter mit integriertem „Strömungsleitplanen“ mit einem Durchmesser von einem Meter und einer Baulänge von drei Metern vorgesehen (Bild 17.3).

Zwischenpumpwerk

Die Beschickung der vier Ultrafiltrations-Straßen erfolgt über ein frequenzgesteuertes Feedpumpwerk, das aus vier Pumpen besteht. Dadurch kann jede Straße mit Durchflussmengen von 60 bis 150 m³/h gefahren werden (Bild 17.4).

Vorfilter

Zum Schutz der Membranen vor abrasiven Partikeln ist vor jeder Ultrafiltrations-Straße ein manuell rückspülbarer Feinfilter mit einer Trenngrenze von 150 µm installiert. Die gebildeten Mikroflocken können den Feinfilter passieren.



Bild 17.4: Feedpumpwerk
Fig. 17.4: Feed pump station

Druckmembranfiltration

Kernstück der neuen Aufbereitungsanlage ist die Ultrafiltrationsmembrananlage, die aus vier Straßen besteht und die je Straße eine Durchsatzleistung von 60 bis 150 m³/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 17.5).



Bild 17.5: Ultrafiltrations-Straßen
Fig. 17.5: Ultrafiltration lines

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 m². Die gesamte aktive Membranfläche der vier Straßen beträgt 7.200 m² (Bild 17.6). Die Porengröße der Ultrafiltrationsmembrane beträgt ca. 0,02 µm. 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 17.6: Membranmodule
Fig. 17.6: Membrane module

Aktivkohleanlage

Mit der Inbetriebnahme der neuen Aktivkohleanlage wurde die „provisorische“ Anlage außer Betrieb genommen und zurückgebaut. 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 4 m und eine zyl. Höhe von 3 m. Im Normalbetrieb (400 m³/h) beträgt die Filtergeschwindigkeit 8 m/h und die Kontaktzeit 23 Minuten. Beim Volllastbetrieb (600 m³/h) ergibt sich eine Filtergeschwindigkeit von 12 m/h und eine Kontaktzeit von 15 Minuten. Das Aktivkohlevolumen in der Anlage beträgt rund 150 m³. Als Aktivkohle wird in der Anlage die Filtrasorb 300 der Firma Chemviron Carbon eingesetzt. Die Befüllung der Aktivkohlebehälter erfolgt durch ein fest verrohrtes Verteilsystem mit einer außen an der Gebäudehülle angebrachten Befüllvorrichtung (Bild 17.7).

UV-Desinfektion

Die im Rahmen der Erweiterung der Aufbereitung geplante Installation einer UV-Anlage musste auf Grund von mikrobiologischen Problemen im Februar 2010 vorgezogen werden. Sie diente bis



Bild 17.7: Aktivkohlebehälter
Fig. 17.7: Activated carbon container

zur Inbetriebnahme der neuen Aufbereitungsanlage neben der Chlorgasanlage als zusätzliche Sicherheitsstufe. Nach der Inbetriebnahme der neuen Aufbereitungsanlage und einer mehrwöchigen Testphase wurde die Chlorgasanlage außer Betrieb genommen und zurückgebaut. Als Notdesinfektionsanlage ist eine Natriumhypochloritanlage installiert.

Die UV-Anlage der Fa. Trojan vom Typ SWIFTsc D12 besteht aus zwei redundanten Reaktoren mit jeweils zwölf Niederdruck-UV-Strahlern. Im Normalbetrieb läuft immer nur ein Reaktor. Nur bei Vollastbetrieb (600 m³/h) sind beide Reaktoren parallel in Betrieb (Bild 17.8).



Bild 17.8: UV-Anlage
Fig. 17.8: UV facility

Kosten

Die Stadtwerke Arnberg investierten 2010 bis 2011 in die Erweiterung der Wasseraufbereitung des Wasserwerkes Möhnebogen rund 4,2 Mio. €, die sich wie folgt auf die einzelnen Gewerke aufteilen:

– Bauteil	1,7 Mio. €
– Verfahrenstechnik	1,8 Mio €
– Elektrotechnik	0,7 Mio €

Zusammenfassung

Nach der Erweiterung der Wasseraufbereitungsanlage 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.

18 Monitoring von organischen Spurenstoffen in der Ruhr

Christian Skark, Institut für Wasserforschung GmbH, Schwerte

Das Monitoring der AWWR, in dem im Oberflächenwasser der Ruhr über 30 Verbindungen untersucht werden, wurde im Jahr 2011 mit 4 weiteren Probenahmen fortgeführt. Zu den untersuchten Substanzen gehören polare organische Spurenstoffe wie Humanpharmaka (HP), Röntgenkontrastmittel (RKM), perfluorierte Verbindungen (PFC) und Organophosphor-Flammschutzmittel (FSM), die nicht explizit in der Trinkwasserverordnung genannt sind [18.1]. Die Auswahl der Untersuchungsparameter wurde vor allem auf vorhergehende Untersuchungen der beteiligten Wasserversorgungsunternehmen in besonderen Untersuchungsprogrammen gestützt. Die Auswertung umfasst alle 14 bisherigen Probenahmen und stellt eine Fortschreibung der vorangegangenen Berichte (2008 – 2010, 10 Probenahmen [18.2]) dar.

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), die in Tabelle 18.1 zusammengestellt sind (Spalte 2).

Tabelle 18.1: Lage der Probenahmestellen für Oberflächenwasser der Ruhr
Table 18.1: Sampling sites for the surface water in the river Ruhr

Ort	Probenahmestelle	Unternehmen	Probenahme	Fluss-km	R	H
Meschede	Mengesohl	HSW	HSW	183,70	3451500	5690675
Arnsberg	Langel	WBVA	SWA	163,78	3442325	5694030
Wickede	Echthausen	WWW	WWW	128,31	3423191	5708418
Fröndenberg	Warmen	SWH	SWH	121,17	3418239	5704957
Schwerte	Westhofen	WWW	WWW	95,15	3397065	5698871
Hagen	Hengstey	Mark E	Mark E	88,75	2601077	5697215
Bochum	Stiepel	WMR	WWW	62,65	2584913	5698250
Essen	Spillenburger Wehr	WGE	WWW	44,13	2574293	5701049
Mülheim	Styrum-Ost	RWW	RWW	11,25	2559430	5700950

H – Hochwert, HSW – Hochsauerlandwasser GmbH, MARK E – Mark E AG, R – Rechtswert, SWA – Stadtwerke Arnsberg, SWH – Stadtwerke Hamm GmbH, RWW – Rheinisch-Westfälische Wasserwerksgesellschaft mbH, WBVA – Wasserbeschaffungsverband Arnsberg, WGE – Wassergewinnung Essen GmbH, WMR – Wasserbeschaffung mittlere Ruhr GmbH, WWW – Westfälische Wasser- und Umweltanalytik GmbH, WWW – Wasserwerke Westfalen GmbH
Gewässerstationierung [18.3]

H – Northing, R – Easting

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 18.1.

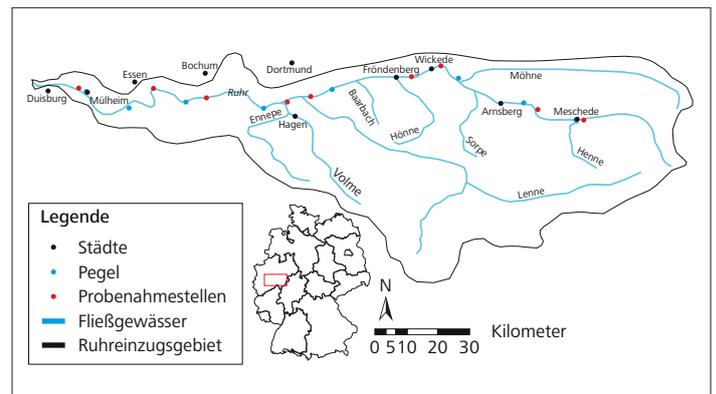


Bild 18.1: Ruhrinzugsgebiet mit Probenahmestellen und den zugehörigen Abflussmessstellen

Fig. 18.1: Catchment of the river Ruhr with sampling points and gauging stations

Das untersuchte Stoffspektrum sowie die Bestimmungsgrenzen (BG) für eine sichere Quantifizierung in den Wasserproben gibt Tabelle 18.2 wieder. Das Untersuchungsspektrum umfasst derzeit 35 Verbindungen. Zwei perfluorierte Verbindungen wurden nur bei zwei Probenahmen im Jahr 2011 untersucht. 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 14 Beprobungen an den neun Probenahmestellen durchgeführt. In Tabelle 18.2 werden für die verschiedenen Untersuchungsparameter die Anteile der Positivbefunde über den jeweiligen Bestimmungsgrenzen an der Anzahl der Untersuchungen ($n = 9 \times 14 = 126$) angegeben. Ähnlich wie in den Vor-

[18.1] Zullei-Seibert, N.; Schöpel, M.; Schünke, H.: Monitoring der AWWR zum Vorkommen anthropogener organischer Stoffspuren in der Ruhr – eine Ankündigung. In: Ruhrverband & AWWR (Hg.): Ruhrgütebericht 2007.- Gevelsberg, Essen, 140-142 (2008)

[18.2] Skark, C.: Organische Spurenstoffe in der Ruhr – Fortsetzung des AWWR-Monitorings. In: Ruhrverband & AWWR (Hg.): Ruhrgütebericht 2010.- Schwerte, Essen, 147-160 (2011)

[18.3] 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 18.2: Untersuchte Stoffe im AWWR-Monitoring „Organische Spurenstoffe in der Ruhr“
 Table 18.2: 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	60	0,010
2	Trisphenylphosphat	TPP	FSM	115-86-6	9	0,010
3	Tris-(2-Chlorethyl)-phosphat	TCEP	FSM	115-96-8	94	0,010
4	Tris-(2-Chlorpropyl)-phosphat	TCPP	FSM	13674-84-5	98	0,010
5	Tris-(butoxyethyl)-phosphat	TBEP	FSM	78-51-3	84	0,010
6	Tris-(dichlorpropyl)-phosphat	TDPCP	FSM	13674-87-8	90	0,010
7	Perfluorooctanoat	g-PFOA	PFC	335-67-1	94	0,010
8	Perfluorooctansulfonat	g-PFOS	PFC	1763-23-1	74	0,010
9	Perfluorbutanoat	PFBA	PFC	375-22-4	56	0,010
10	Perfluorpentanoat	PFPA	PFC	2706-30-3	37	0,010
11	Perfluorhexanoat	PFHxA	PFC	307-24-4	50	0,010
12	Perfluorheptanoat	PFHpA	PFC	375-85-9	2	0,010
13	Perfluornonanoat	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	50	0,010
16	Perfluorhexansulfonat	g-PFHxS	PFC	432-50-7	1	0,010
15	Perfluorheptansulfonat	PFHpS	PFC	1763-23-1	0	0,010
16	H ₄ -Perfluorooctansulfonat	H ₄ PFOS	PFC	–	22	0,010
17	Atenolol		HP	29122-68-7	18	0,025
18	Bezafibrat		HP	41859-67-0	65	0,025
19	Carbamazepin		HP	298-46-4	91	0,025
20	Diclofenac		HP	15307-86-5	94	0,025
21	Ibuprofen		HP	15687-27-1	22	0,025
24	Metoprolol		HP	51384-51-1	97	0,025
25	Sotalol		HP	3930-20-9	94	0,025
26	Sulfamethizol		HP/VP-AB	144-82-1	0	0,025
27	Sulfamethoxazol		HP-AB	723-46-6	93	0,025
28	Sulfapyridin		HP-AB	144-83-2	57	0,025
29	Trimetoprim		HP/VP-AB	738-70-5	4	0,025
30	Amidotrizoesäure		RKM	117-96-4	89	0,050
31	Iohexol		RKM	66108-95-0	48	0,050
32	Iomeprol		RKM	78649-41-9	72	0,050
33	Iopamidol		RKM	60166-93-0	82	0,050
34	Iopromid		RKM	73334-07-3	63	0,050
35	Ioxithalaminsäure		RKM	28179-44-4	6	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 = 126 (außer PFHpS und H₄PFOS)

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 = 126 (except PFHpS and H₄PFOS)

jahren werden bei neun der 35 Substanzen in keiner oder nur bis zu 10 % der Untersuchungen Positivbefunde festgestellt. Hierzu gehören fünf PFC, zwei Antibiotika und ein FSM sowie ein RKM. Zusätzlich werden für den Betablocker Atenolol und das Schmerzmittel Ibuprofen in weniger als 30 Untersuchungen ein Gehalt über der Bestimmungsgrenze gefunden (< 25 %). Umgekehrt werden neun Substanzen in mindestens 113 der 126 Untersuchungen über der BG detektiert (> 90 %). Darunter fallen drei FSM, Perfluorooctanoat (PFOA) sowie fünf Pharmaka (einschließlich ein Antibiotikum). Der Umfang der Untersuchungen für perfluorierte Verbindungen wurde bei zwei Probenahmen im 2. Halbjahr 2011 um die Parameter Perfluorheptansulfonat (PFHpS) und Tetrahydro-Perfluorooctansulfonat (H₄PFOS) erweitert. Lediglich H₄PFOS wird unterhalb der Lennemündung mit Gehalten über der BG gefunden.

Konzentrationsbetrachtungen

In Tabelle 18.3 wird ein Überblick zu Konzentrationsgrößen ausgewählter Substanzen gegeben (26 Stoffe mit Positivbefunden in mehr als 10 % der Analysen, n = 126). 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, wird es in den Tabellen vermerkt. Für das FSM Tris-(2-Chlorpropyl)-phosphat (TCPP), 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 18.2 für Stoffe mit einem Anteil an Positivbefunden über 20 % (24 Substanzen) grafisch dargestellt. Bezogen auf die Probenahmeorte stellt Tabelle 18.4 die Medianwerte von 23 Stoffen mit mehr als 20 % Positivbefunden dar. Die Anzahl der Parameter, die Mediankonzentrationen über 0,1 µg/L zeigen, nimmt ruhrabwärts zu. In Wickede sind dies nur zwei RKM (Amidotrizoesäure, Iopamidol), während in Fröndenberg TCPP und der Beta-Blocker Metoprolol dazu kommen. Weiter ruhrabwärts treten mit drei Pharmaka und drei weiteren RKM insgesamt neun Verbindungen mit Medianwerten über 0,1 µg/L auf.

Bei den perfluorierten Verbindungen werden an keiner Probenahmestelle Mediangehalte über 0,05 µg/L gefunden. Während für Perfluorbutansulfonat (PFBS) oberhalb von Schwerte ein Mediangehalt unter der Bestimmungsgrenze ermittelt wird, können Perfluorbutanoat (PFBA) und Perfluorhexanoat (PFHxA) unterhalb der Lennemündung im Mittel nur unter der Bestimmungsgrenze detektiert werden (Tabelle 18.4). Für Perfluorpentanoat (PFPA) ist bereits in Schwerte der Fall. Die PFC-Summenkonzentrationen unterschreiten in mehr als 60 % der 126 Untersuchungen den Wert von 0,1 µg/L. Insgesamt werden die PFC-Summenkonzentrationen weiterhin in starkem Maße von PFOA und PFOS geprägt. Im Mittel entfallen auf diese beiden Verbindungen 55 % der PFC-Summenkonzentration. Die maximale Summe der PFOA- und PFOS-Gehalte beträgt im Jahr 2011 0,06 µg/L. Aber auch PFOA, das von allen perfluorierten Verbindungen am häufigsten über der BG gefunden wird, nimmt in seiner Konzentrationshöhe sowohl im Vergleich zu

Tabelle 18.3: Ergebnisübersicht aller Analysen für Stoffe mit Anteilen von Positivbefunden über 10 %
Table 18.3: 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	0,012	0,025	0,053	0,552
2	TCEP	0,022	0,061	0,042	0,071	0,127	0,415
3	TCPP	0,057	0,133	0,117	0,193	0,253	0,458
4	TBEP	0,026	0,063	0,059	0,089	0,122	0,258
5	TDCPP	0,015	0,026	0,023	0,031	0,043	0,157
6	g-PFOA	0,015	0,026	0,022	0,032	0,044	0,093
7	g-PFOS	< BG	0,021	0,015	0,029	0,047	0,091
8	PFBA	< BG	0,013	0,011	0,020	0,026	0,059
9	PFPA	< BG	< BG	< BG	0,011	0,014	0,046
10	PFHxA	< BG	0,010	< BG	0,013	0,018	0,040
11	g-PFBS	< BG	0,021	< BG	0,026	0,050	0,250
12	H ₄ PFOS	< BG	< BG	< BG	< BG	0,015	0,025
13	Atenolol	< BG	< BG	< BG	< BG	0,027	0,041
14	Bezafibrat	< BG	0,035	0,033	0,053	0,067	0,078
15	Carbamazepin	0,041	0,074	0,069	0,099	0,135	0,190
16	Diclofenac	0,044	0,075	0,066	0,100	0,130	0,180
17	Ibuprofen	< BG	< BG	< BG	< BG	0,031	0,065
18	Metoprolol	0,073	0,127	0,110	0,170	0,230	0,340
19	Sotalol	0,044	0,064	0,064	0,083	0,100	0,150
20	Sulfamethoxazol	0,041	0,064	0,063	0,086	0,110	0,140
21	Sulfapyridin	< BG	0,028	0,028	0,039	0,051	0,110
22	Amidotrizoesäure	0,123	0,304	0,300	0,463	0,585	0,780
23	Iohexol	< BG	0,132	< BG	0,153	0,395	1,400
24	Iomeprol	< BG	0,329	0,180	0,515	0,950	1,700
25	Iopamidol	0,120	0,427	0,385	0,608	0,870	2,000
26	Iopromid	< BG	0,098	0,077	0,140	0,210	0,350

Q – Perzentil, sonstige Abkürzungen vgl. Tabelle 18.2
n = 126

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 18.2

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

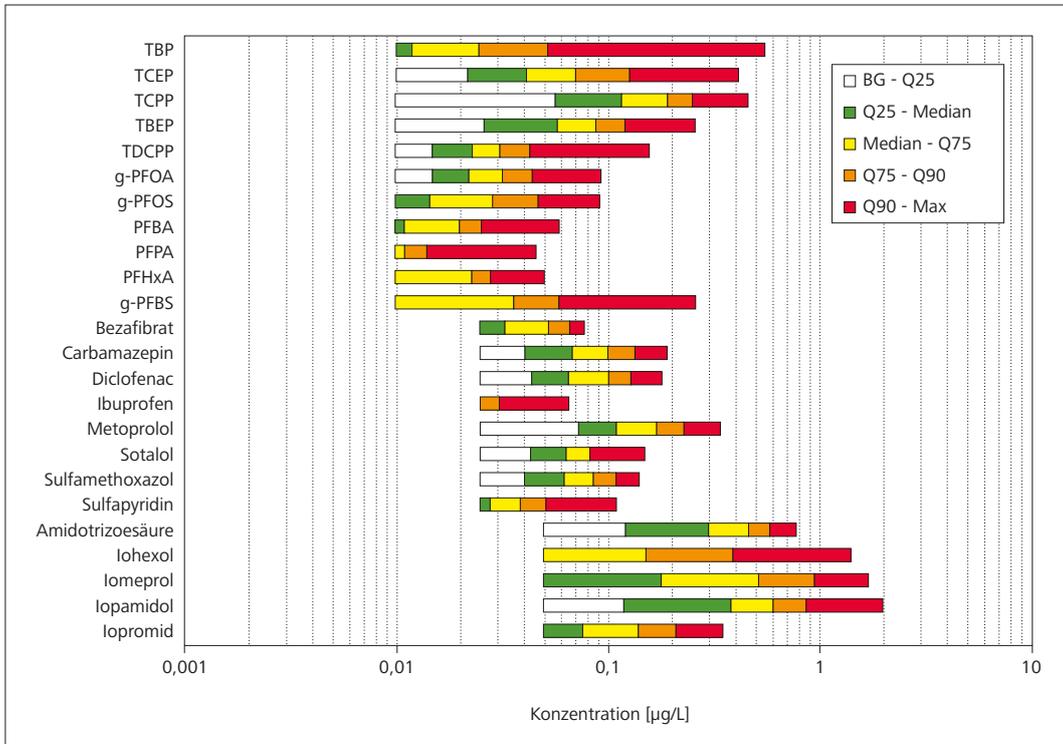


Bild 18.2: Analysen-Ergebnisse für ausgewählte Stoffe (Anteil Positivbefunde > 20 %)
 Fig. 18.2: Analytical results for substances with a ratio of results above BG > 20 %

den Jahren 2006 bis 2007 als auch im Verlauf des Monitorings seit 2008 ab (Bild 18.3). Der Rückgang 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 fünf Pharmaka werden an allen Probenahmestellen Mediangehalte über der Bestimmungsgrenze ermittelt, während fünf RKM vermehrt unterhalb der Lennemündung auftreten. Mittlere Summenkonzentrationen für RKM überschreiten ab Hagen den Wert von 1 µg/L. Für eine Reihe von Flammenschutzmitteln (z.B. TCEP, TBEP), weitere 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.

In Tabelle 18.5 werden die 90-Perzentilwerte (Q90) der 14 Untersuchungen je Probenahmestelle zusammengestellt. Diese Werte verdeutlichen, dass immerhin 14 Substanzen an allen Probenahmestellen mit Gehalten über der Bestimmungsgrenze gefunden werden. In Meschede treten bereits zwei Pharmaka mit 90-Perzentil-Werten über 0,1 µg/L auf. In Arnsberg fallen diese Werte jedoch und gleichzeitig liegen fünf Stoffe sogar mit dem 90-Perzentil-Wert unter der BG. Ab Wickede ruhrabwärts werden vermehrt Substanzen mit 90-Perzentil-Werten über 0,1 µg/L beobachtet. Ihre Zahl steigt bis nach Mülheim auf zwölf. In Wickede wird bereits mit Iopamidol ein RKM mit einem 90-Perzentil-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 [18.4 bis 18.12].

Diese Konzentrationsangaben beziehen sich auf Oberflächenwasser, das noch nicht zu Trinkwasser aufbereitet ist. Dennoch wer-

- [18.4] Zullei-Seibert, N.; Schöpel, M.; Strücker, G.: Stoffspuren in der Ruhr – Ergebnisse aus den Wasserversorgungsunternehmen zu Arzneimitteln und Flammenschutzmitteln. In: Ruhrverband & AWWR (Hg.): Ruhr-gütebericht 2007.- Gevelsberg, Essen, 148-159 (2008)
- [18.5] Ruhrverband: Organische Spurenstoffe in der Ruhr. In: Ruhrverband & AWWR (Hg.): Ruhr-gütebericht 2007.- Gevelsberg, Essen, 66-75 (2008)
- [18.6] Ruhrverband: Organische Spurenstoffe in der Ruhr. In: Ruhrverband & AWWR (Hg.): Ruhr-gütebericht 2008.- Gevelsberg, Essen, 68-79 (2009)
- [18.7] Ruhrverband: Die PFT-Situation im Jahr 2008. In: Ruhrverband & AWWR (Hg.): Ruhr-gütebericht 2008.- Gevelsberg, Essen, 83-86 (2009)
- [18.8] Ruhrverband: Organische Spurenstoffe in der Ruhr. In: Ruhrverband & AWWR (Hg.): Ruhr-gütebericht 2008.- Schwerte, Essen, 73-86 (2010)
- [18.9] Ruhrverband: Die PFT-Situation im Jahr 2009. In: Ruhrverband & AWWR (Hg.): Ruhr-gütebericht 2009.- Schwerte, Essen, 91-98 (2010)
- [18.10] Ruhrverband: Konzentrationen an PFOA und PFOS im Fließverlauf der Ruhr. http://www.ruhrverband.de/fileadmin/pdf/pft/ergebnisse_pft_internet_ruhr_fliessverlauf.pdf, (2011), Stand: 10.02.2012
- [18.11] Ruhrverband: Organische Mikroverunreinigungen in der Ruhr. In: Ruhrverband & AWWR (Hg.): Ruhr-gütebericht 2010.- Schwerte, Essen, 72-85 (2010)
- [18.12] LANUV (Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz Nordrhein-Westfalen, 2011): Verbreitung von PFT in der Umwelt, LANUV-Fachbericht 34, Recklinghausen, 115 S.

Tabelle 18.4: Ergebnisübersicht der Mediangehalte [µg/L] in den einzelnen Probenahmestellen (k = 14)
 Table 18.4: Median concentrations [µg/L] in every sampling point (k = 14)

Median 07/08 – 10/11										
Lfd. Nr.	Probenahmestelle	Meschede	Arnsberg	Wickede	Fröndenberg	Schwerte	Hagen	Bochum	Essen	Mülheim
Substanz		µg/L								
1	TBP	< BG	< BG	0,025	0,016	0,012	< BG	0,011	0,012	0,011
2	TCEP	0,021	0,045	0,031	0,022	0,058	0,036	0,092	0,045	0,034
3	TCPP	0,029	0,027	0,080	0,221	0,128	0,125	0,180	0,179	0,210
4	TBEP	< BG	0,011	0,054	0,063	0,072	0,057	0,078	0,079	0,070
5	TDCPP	0,027	0,019	0,020	0,019	0,023	0,014	0,029	0,027	0,029
6	g-PFOA	0,045	0,024	0,029	0,028	0,029	0,014	0,015	0,014	0,015
7	g-PFOS	0,010	< BG	< BG	< BG	0,025	0,027	0,028	0,021	0,034
8	PFBA	0,012	< BG	0,021	0,019	0,018	< BG	< BG	< BG	< BG
9	PFPA	0,011	< BG	0,010	0,010	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
10	PFHxA	< BG	< BG	0,013	0,013	0,012	< BG	< BG	< BG	< BG
11	g-PFBS	< BG	< BG	< BG	< BG	0,032	0,024	0,025	0,021	0,018
12	Bezafibrat	< BG	< BG	0,028	0,028	0,044	0,039	0,055	0,060	0,054
13	Carbamazepin	0,036	0,029	0,060	0,056	0,078	0,077	0,102	0,105	0,130
14	Diclofenac	0,094	0,030	0,057	0,061	0,102	0,057	0,083	0,076	0,088
15	Metoprolol	0,071	0,039	0,096	0,104	0,140	0,100	0,165	0,190	0,225
16	Sotalol	0,055	0,031	0,057	0,054	0,072	0,053	0,079	0,081	0,089
17	Sulfamethoxazol	0,052	0,032	0,052	0,051	0,072	0,060	0,086	0,091	0,110
18	Sulfapyridin	< BG	< BG	< BG	< BG	0,047	0,028	0,041	0,039	0,030
19	Amidotrizoesäure	< BG	0,055	0,295	0,235	0,345	0,340	0,485	0,495	0,530
20	Iohexol	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	0,075	0,170	0,150	0,420
21	lomeprol	< BG	< BG	0,069	0,079	0,220	0,240	0,575	0,600	0,585
22	Iopamidol	< BG	< BG	0,510	0,520	0,550	0,330	0,380	0,410	0,600
23	Iopromid	< BG	< BG	< BG	0,061	0,072	0,155	0,145	0,155	0,150

Abkürzungen vgl. Tabelle 18.2

grün: Konzentration < BG, hellgelb: 0,09 µg/L < Konzentration < 0,1 µg/L, gelb: 0,1 µg/L < Konzentration < 0,5 µg/L, orange Konzentration > 0,5 µg/L
 Werte < BG werden für die Berechnung mit 0,5 • BG angesetzt

abbreviations cf. Table 18.2

green: concentration < BG, pale yellow: 0,09 µg/L < concentration < 0,1 µg/L, yellow: 0,1 µg/L < concentration < 0,5 µg/L, orange: concentration > 0,5 µg/L
 Calculation considered values < BG with 0,5 • BG

den 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 (LW, lebenslanger unbedenklicher Trinkwassergenuss, Besorgniswert) herangezogen [18.13 bis 18.15]. Eine Zusammenstellung der entsprechenden Werte für die betrachteten Substanzen gibt Tabelle 18.6. Eine Verknüpfung für Stoffgruppen oder Summenparameter erfolgt in Anlehnung an TRGS 402 [18.16] über einen Bewertungsindex (BI). Hierfür werden die gefundenen Konzentrationen durch die jeweiligen GOW, LW oder VW geteilt Die erhal-

tenen Bewertungsquotienten werden aufsummiert. Eine Bewertungssumme unter 1 bedeutet eine unbedenkliche Nutzungsmöglichkeit der Wasserressource.

Für die Untersuchungen des AWWR-Monitorings sind in Tabelle 18.6 ebenfalls die maximalen Bewertungsindizes (BI-Max) zusammengestellt, 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. Folgende Parameter schöpfen die GOW bzw. LW zu mehr als 10 % und weniger als 50 % aus: Summe von Perfluoroctanoat (PFOA) und Perfluoroc-

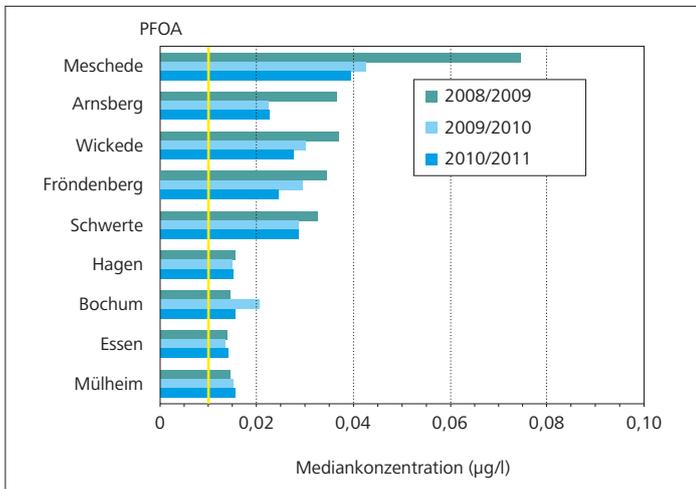


Bild 18.3: Jährliche Mediankonzentrationen von PFOA an den Untersuchungsstellen
 Fig. 18.3: Annual median concentration of PFOA at the sampling sites

tansulfonat (PFOS) sowie TCPP und Diclofenac. Für Carbamazepin wird ein maximaler BI von 0,6 gefunden. 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. Die mittleren Abflüsse im gesamten Probenahmezeitraum zwischen Juli 2008 und Dezember 2011 fallen niedriger aus als die langjährigen Mittelwerte.

Die Tagesabflüsse an den Probenahmeterminen betragen zwischen 22 und 257 % des langjährigen mittleren Abflusses (MQ) an den berücksichtigten Pegeln. Im Mittel werden 67 % des MQ erreicht. Insbesondere bei der Probenahme im Januar 2011 lagen die Abflüsse im Vergleich zum langjährigen Mittelwert hoch. Der durchschnittliche Probenahme-Tagesabfluss liegt zwischen 68 und 77 % des MQ für den Zeitraum von Juli 2008 bis Dezember 2011.

Vor allem für Amidotrizoesäure kann häufig eine gute Korrelation zwischen Abfluss und Konzentration festgestellt werden, wobei an sechs Probenahmeorten mehr als 60 % der Varianz der Konzentration mit der Änderung des Abflusses erklärt werden kann. Aber auch für die Stoffe TCPP, Carbamazepin, Metoprolol, Sotalol und Sulfamethoxazol 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 18.7). Bei der Berechnung der Tagesfrachten werden Konzentrations-Befunde < BG nicht berücksichtigt.

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 17 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 18.7). Bei den PFC werden nur für PFOS mittlere Tagesfrachten über 100 g/d ermittelt (unterhalb der Lennemündung).

Aus den vier Tagesstützpunkten der Probenahmen in den Jahren 2009 bis 2011 kann auf den Transport während des gesamten Jahres geschlossen werden. Diese Schätzungen von Jahresfrachten stellen orientierende Werte nach [18.18] dar. Die Summe der Tagesfrachten an den Beprobungstagen wird mit einem Wichtefaktor aus der Länge des Beprobungszeitraums und der Anzahl der Proben multipliziert.

Ein Vergleich der Jahresfrachten 2009 bis 2011 in den Probenahmeorten Schwerte und Mülheim für ausgewählte Parameter gibt Bild 18.4. Bei den PFC werden niedrige Jahresfrachten zu-

- [18.13] Dieter, H.H.: Grenzwerte, Leitwerte, Orientierungswerte, Maßnahmenwerte - Definitionen und Festlegungen mit Beispielen aus dem UBA.- Umweltbundesamt, Dessau-Roßlau, Stand: 16.12.2011 http://www.umweltdaten.de/wasser/themen/trinkwassertoxikologie/grenzwerte_leitwerte.pdf (2011)
- [18.14] 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)
- [18.15] NRW: Antwort der Landesregierung auf die Kleine Anfrage 3728 vom 11. Januar 2010 des Abgeordneten Johannes Rimmel Bündnis 90 / Die Grünen.- Düsseldorf, Landtags-Drucksache 14/10662 (2010)
- [18.16] TRGS (technische Regeln für Gefahrstoffe): TRGS 402 – Ermitteln und Beurteilen der Gefährdungen bei Tätigkeiten mit Gefahrstoffen: Inhalative Exposition.- GMBL. 2010 (12), 231-253 (2010)
- [18.17] UBA (Umweltbundesamt): Öffentliche Trinkwasserversorgung – Bewertung organischer Mikroverunreinigungen.- Schreiben vom 14.03.2008 an das Ministerium für Umwelt und Naturschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz NRW (2008)
- [18.18] Verhoff, F. H.; Yaksich, M.; Melfi, D. A.: River nutrient and chemical transport estimation.- Journal of the Environmental Engineering Division (American Society of Civil Engineering), 106, 592-607 (1980)

Tabelle 18.5: Ergebnisübersicht der 90-Perzentilgehalte (Q90 [µg/L]) in den einzelnen Probenahmestellen (k = 14)
 Table 18.5: 90-Percentile concentrations (Q90 [µg/L]) in every sampling point (k = 14)

Q90 07/08 – 10/11										
Lfd. Nr.	Probenahmestelle Substanz	Meschede	Arnsberg	Wickede	Fröndenberg	Schwerte	Hagen	Bochum	Essen	Mülheim
		µg/L								
1	TBP	0,013	0,074	0,079	0,030	0,050	0,055	0,044	0,041	0,037
2	TCEP	0,084	0,082	0,167	0,053	0,146	0,207	0,211	0,080	0,081
3	TCPP	0,083	0,063	0,165	0,381	0,232	0,217	0,233	0,242	0,283
4	TBEP	0,038	0,024	0,110	0,116	0,149	0,111	0,112	0,125	0,117
5	TDCPP	0,058	0,040	0,030	0,033	0,040	0,027	0,039	0,039	0,050
6	g-PFOA	0,075	0,037	0,050	0,050	0,042	0,021	0,024	0,024	0,024
7	g-PFOS	0,013	< BG	0,013	0,016	0,033	0,062	0,057	0,048	0,048
8	PFBA	0,029	0,013	0,047	0,032	0,034	0,019	0,019	0,019	0,018
9	PFPA	0,025	0,014	0,017	0,018	0,014	< BG	0,010	< BG	0,012
10	PFHxA	0,026	0,011	0,024	0,018	0,019	0,013	0,013	0,012	0,012
11	g-PFBS	< BG	< BG	< BG	< BG	0,069	0,053	0,066	0,058	0,043
12	Bezafibrat	0,036	< BG	0,044	0,051	0,067	0,047	0,070	0,068	0,066
13	Carbamazepin	0,073	0,058	0,083	0,088	0,095	0,104	0,147	0,161	0,167
14	Diclofenac	0,137	0,048	0,114	0,093	0,137	0,090	0,134	0,154	0,130
15	Metoprolol	0,127	0,069	0,154	0,171	0,177	0,137	0,227	0,274	0,270
16	Sotalol	0,092	0,044	0,086	0,093	0,117	0,069	0,095	0,100	0,114
17	Sulfamethoxazol	0,071	0,041	0,078	0,073	0,098	0,068	0,099	0,117	0,127
18	Sulfapyridin	0,038	< BG	0,042	0,030	0,080	0,033	0,049	0,051	0,048
19	Amidotrizoesäure	0,086	0,141	0,395	0,390	0,519	0,450	0,620	0,600	0,759
20	Iohexol	< BG	< BG	< BG	0,057	0,060	0,121	0,435	0,422	1,086
21	Iomeprol	< BG	0,055	0,167	0,177	0,569	0,447	1,100	1,240	1,265
22	Iopamidol	< BG	0,058	1,170	1,101	0,887	0,600	0,742	0,795	0,976
23	Iopromid	< BG	< BG	0,077	0,109	0,134	0,224	0,238	0,258	0,218

Abkürzungen vgl. Tabelle 17.2

grün: Konzentration < BG, hellgelb: 0,09 µg/L < Konzentration < 0,1 µg/L, gelb: 0,1 µg/L < Konzentration < 0,5 µg/L, orange Konzentration > 0,5 µg/L
 Werte < BG werden für die Berechnung mit 0,5 • BG angesetzt

abbreviations cf. Table 17.2

green: concentration < BG, pale yellow: 0,09 µg/L < concentration < 0,1 µg/L, yellow: 0,1 µg/L < concentration < 0,5 µg/L, orange: concentration > 0,5 µg/L
 Calculation considered values < BG with 0,5 • BG

meist deutlich unter 50 kg/a abgeschätzt. Die PFOA-Frachten im Zeitraum 2009 bis 2011 liegen deutlich unter den Frachten, die noch 2006 und 2007 zu ermitteln waren [18.19]. PFOA zeigt nur geringe Fracht-Zunahmen auf dem Fließweg von Schwerte (ca. 13 – 16 kg/a) nach Mülheim (ca. 8 – 22 kg/a), während sich bei PFOS in Mülheim ein Mehrfaches der Fracht in Schwerte findet. Ein ähnliches Bild ergibt sich bei den verschiedenen Pharmaka. In Schwerte treten hierbei Frachten für einzelne Stoffe bis ca. 70 kg/a auf, während sich für Mülheim Frachten deutlich über 100 kg/a ermitteln lassen. Im Gegensatz dazu finden sich einzelne RKM in Schwerte mit Frachten bis zu ca. 220 kg/a, während diese

Werte für Mülheim zwischen ca. 600 und 1.100 kg/a liegen. Damit erreichen die geschätzten RKM-Jahresfrachten in Mülheim zwischen 30 und 80 % der geschätzten Jahresverbrauchssummen dieser Stoffe im Ruhreinzugsgebiet [18.20].

Tabelle 18.6: Zusammenstellung von Vorsorgewerten (VW), gesundheitlichen Orientierungswerten (GOW), Leitwerten (LW) und Bewertungsindex (BI)

Table 18.6: 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		–				
PFBA	≤ 0,1	–	7		0,59	0,008
PFBS	≤ 0,1	3	n.v.		2,5	0,08
PFPA	≤ 0,1	3	n.v.		0,46	0,015
PFPS	≤ 0,1	1	n.v.		n.b.	n.b.
PFHxA	≤ 0,1	1	n.v.		0,4	0,040
PFHxS	≤ 0,1	0,3	n.v.		0,15	0,05
PFHpA	≤ 0,1	0,3	n.v.		0,19	0,063
PFHpS [2]	≤ 0,1	0,3	n.v.		0	0
Carbamazepin	≤ 0,1	0,3	n.v.		1,9	0,63
Diclofenac	≤ 0,1	–	1,75		1,8	0,103
RKM [3]	≤ 0,1	1	n.v.		> 1	> 1

Abkürzungen vgl. Tabelle 18.2

Quellen [18.13-18.17]

$BI = \sum_k (C_i / [GOW_i \text{ bzw. } LW_i])_k$, $BI (VW) = C_i / 0,1$

BI-Max Maximaler Bewertungsindex bei (n = 126)

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 PFOA, PFOS – LW, [2] keine Befunde > BG, [3] je Einzelstoff,

Grau BI - Max > 1

abbreviations cf. Table 18.2

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 PFOA, PFOS – LW, [2] no results > LOQ, [3] each single substance

Fazit

Im Monitoring auf 35 polare organische Spurenstoffe an der Ruhr wurde das Oberflächenwasser im Zeitraum 2008 bis 2011 an neun Probenahmestellen 14 Mal beprobt und untersucht, wobei phosphororganische Flammschutzmittel, perfluorierte Kohlenstoffverbindungen, ausgewählte Humanpharmaka und Röntgenkontrastmittel erfasst wurden. Soweit gesundheitliche Orientierungswerte für einzelne Stoffe als Vorsorgewerte für den menschlichen Trinkwassergenuss formuliert wurden, werden diese zumeist bereits im

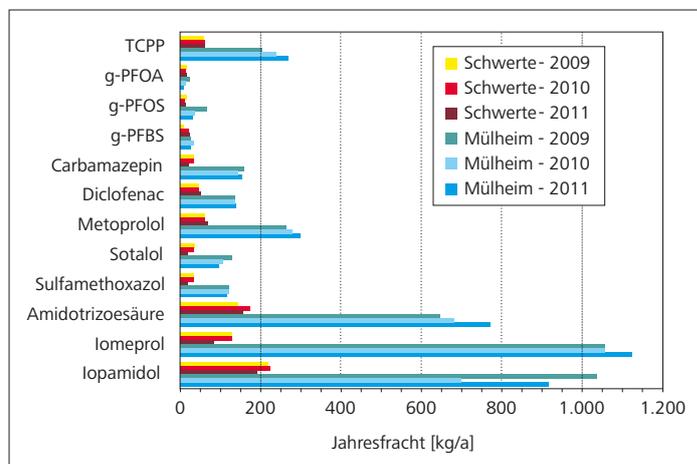


Bild 18.4: Geschätzte Jahresfrachten für ausgewählte Parameter in den Probenahmeorten Schwerte und Mülheim in den Jahren 2009 bis 2011

Fig. 18.4: Estimated annual load of selected compounds in the sampling points Schwerte and Mülheim – years 2009 till 2011

nicht aufbereiteten Oberflächenwasser eingehalten. Lediglich bei Röntgenkontrastmitteln werden diese Vorsorgewerte im Oberflächenwasser mehrfach überschritten.

Insgesamt neun Verbindungen aus allen Stoffgruppen wurden bisher entweder gar nicht oder nur vereinzelt im Oberflächenwasser gefunden. Das Muster der Befunde in den verschiedenen Monitoringabschnitten in den Jahren 2008 bis 2011 sind sowohl hinsichtlich der Auftretenshäufigkeit als auch hinsichtlich der gefundenen Konzentrationshöhen einander ähnlich. Einige PFC (PFBA, PFPA, PFHxA) werden relativ häufig an Probenahmestellen vor der Lennemündung gefunden, während sie unterhalb seltener und mit geringeren Konzentrationen auftreten. Für eine Reihe von Flammschutzmitteln (z. B. TCEP, TBEP), weitere 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.

[[18.19] Skark, C.; Zullei-Seibert, N.: Perfluorierte Tenside (PFT) im Oberflächenwasser der Ruhr und im Trinkwasser von Ruhrwasserwerken – Ergebnisse des Monitorings der Arbeitsgemeinschaft der Wasserwerke an der Ruhr (AWWR). In: Ruhrverband & AWWR (Hg.): Ruhrgütebericht 2006.- Gevelsberg, Essen, 127-135 (2007)

18.20] Hembrock-Heger, A.; Bergmann, A.: Eintrag von Arzneimitteln und deren Verbleib in der Umwelt – Literaturstudie.- Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz Nordrhein-Westfalen, Fachbericht 2, Recklinghausen, 357 S. (2007)

Tabelle 18.7: Ergebnisübersicht der Mediane von Tagesfrachten [g/d]. Für die Frachtermittlung werden Konzentrationen unter der BG nicht berücksichtigt
 Table 18.7: Median of daily loads [g/d]. Load calculation do not consider concentrations below BG

Median 07/08 – 10/11									
Lfd. Nr.	Probenahme- stelle Substanz	Meschede	Arnsberg	Wickede	Schwerte	Hagen	Bochum	Essen	Mülheim
		µg/L							
	Abfluss [m³/s]	4,4	7,6	13,1	12,5	32,6	36,5	36,7	39,4
1	TBP			38	12	19	41	39	32
2	TCEP	7	23	42	66	132	348	156	171
3	TCPP	11	19	99	174	399	511	556	611
4	TBEP	2	8	77	108	213	290	320	310
5	TDCPP	10	11	23	28	58	91	100	131
6	g-PFOA	17	18	39	36	41	51	46	50
7	g-PFOS	3		5	31	81	89	82	116
8	PFBA	4	2	28	24				
9	PFPA	4		11					
10	PFHxA	3		15	11				
11	g-PFBS				38	69	71	64	69
12	Bezafibrat			30	53	97	169	182	201
13	Carbamazepin	15	16	72	91	221	315	338	407
14	Diclofenac	32	23	88	130	211	333	336	349
15	Metoprolol	24	25	143	164	299	565	681	816
16	Sotalol	20	17	81	87	149	275	279	327
17	Sulfamethoxazol	21	17	68	84	157	262	261	327
18	Sulfapyridin				52	68	117	104	90
19	Amidotrizoesäure		35	315	418	1.062	1.457	1.503	1.925
20	Iohexol					198	549	605	2.054
21	Iomeprol			75	250	855	2.249	2.636	2.907
22	Iopamidol			605	507	1.057	1.402	1.379	2.125
23	Iopromid				73	521	669	643	603

hellgelb: 100 < Tagesfracht < 500, dunkelgelb: 500 < Tagesfracht < 1.000,
 orange: 1.000 < Tagesfracht, grün: Median Tagesfracht = 0

pale yellow: 100 < daily load < 500, yellow: 500 < daily load < 1.000,
 orange: 1.000 < daily load, green: median daily load = 0

Tagesfrachten einzelner Untersuchungsparameter nehmen allerdings in aller Regel längs der Ruhr zu, da die Abflusszunahme mögliche Konzentrationsminderungen ausgleicht. Die mittleren Tagesfrachten der Einzelsubstanzen liegen in Meschede und Arnsberg noch unter 50 g/d. Mittlere Frachten über 1 kg/d werden nur für RKM unterhalb der Lennemündung beobachtet.

Die durchschnittlichen Abflüsse an den Probenahmetagen liegen unter den langjährigen mittleren Abflüssen. Der größte Teil des Stoffeintrags stammt aus Kläranlagenabläufen. Für einzelne Substanzen und Entnahmeorte wird ein signifikanter Zusammenhang zwischen Abfluss- und Konzentrationshöhe festgestellt. Dies trifft vor allem auf Amidotrizoesäure zu. Aber auch bei TCPP, Carbamazepin, Metoprolol und Sulfamethoxazol ist dies zu beobachten.

19 Dichtwand Wasserwerk Essen-Kettwig – Eine Maßnahme zur Sicherung der dortigen Wassergewinnung mit Blick auf die zu erwartenden Auswirkungen des Klimawandels

Thomas Dietz, Dr. Christoph Donner, Wolfgang Fiebig und Dr. Mathias Schöpel, RWW Rheinisch-Westfälische Wasserwerksgesellschaft mbH, Mülheim

Anlass

Das Wasserwerk Essen-Kettwig ist im Ruhrverlauf das erste von vier leistungsstarken Ruhrwasserwerken der RWW Rheinisch-Westfälische Wasserwerksgesellschaft mbH. Bei der Inbetriebnahme im Jahre 1891 war das Wasserwerk ursprünglich auf die Förderung von Grundwasser und Uferfiltrat der Ruhr ausgerichtet und versorgte damals die Stadt Velbert mit Trinkwasser aus dem Ruhrtal. Mehrmals veränderten sich seitdem die Rahmenbedingungen, die zu Anpassungen der Förderkonstellation oder der Aufbereitung führten. Im Jahre 1944 erwarb die RWW das Wasserwerk. Die Tieferlegung der Ruhrsole in den 1940er Jahren machte es erforderlich, die Entnahme auf eine vorwiegend künstliche Grundwasseranreicherung zu konzentrieren, wobei das direkt aus der fließenden Welle entnommene Oberflächenwasser der Ruhr über Langsandsandfilter-Becken in den Untergrund versickert wurde. Die lange Zeit ansteigenden Wasserabgabemengen und zunehmenden Anforderungen an die Trinkwasserqualität führten zu einer Kapazitätserweiterung und seit dem Jahr 1976 zum Einsatz einer fortschrittlichen Aufbereitung nach dem „Mülheimer Verfahren“. Eine neue Herausforderung stellen für die RWW und die gesamte Wasserwirtschaft an der Ruhr die mit den prognostizierten Auswirkungen des Klimawandels einhergehenden Veränderungen der Wasserführung dar, aber auch die mögliche Veränderung qualitativer Parameter des Ruhrwassers [19.1].

Bisher wurde am Wasserwerk Essen-Kettwig unerwünschten Zuflüssen von Uferfiltrat der Ruhr in das Brunnenfeld durch hydraulisch wirksame Schutzinfiltrationen entgegengewirkt [19.2]. Bereits bei mittleren Hochwässern konnte diese aufwändig betriebene hydraulische Barriere jedoch keinen ausreichenden Schutz mehr gewähren. Eine Einströmung von Uferfiltrat bzw. Ruhrwasser in das Brunnenfeld zwingt in solchen Situationen nicht selten zur Einstellung der Entnahme von Bodenfiltrat aus der Wassergewinnung. Weitergehende Maßnahmen und Umstellungen im Aufbereitungsprozess sind dann zur Absicherung der Trinkwasserförderung aus dem Wasserwerk erforderlich. Diese Einschränkung der Wassergewinnung, aber auch die vermuteten Auswirkungen des Klimawandels für das Ruhreinzugsgebiet, sind daher Anlass dafür gewesen, die Rahmenbedingungen der Wassergewinnung am Standort des Wasserwerkes Essen-Kettwig neu zu überdenken und zu verändern. Die bereits an anderen Standorten des Unternehmens realisierte vollständige hydraulische Kapselung durch die

Errichtung unterirdisch eingebrachter Dichtwände wurde auch für den Standort Kettwig als optimale Lösung angesehen [19.3].

Klimawandel

Mit dem Thema Klimawandel und den möglichen Auswirkungen auf die Gewinnungs- und Aufbereitungsanlagen ihrer Ruhrwasserwerke befasst sich die RWW seit einigen Jahren. Aber auch andere Aspekte wie die zukünftige Entwicklung der Wasserabgabe, das veränderte Verbrauchsverhalten der Bevölkerung und Industrie sowie die an der Ruhr bedeutende Frage zum Umgang mit den Mikroverunreinigungen waren und sind wichtige Themen einer weitergehenden Ertüchtigungsstrategie und der Zukunftssicherung der Ruhrwasserwerke der RWW.

Der Klimawandel bewirkt nach den vorliegenden Prognosemodellen [19.1] im Ruhreinzugsgebiet tendenziell zwar nur eine leichte Zunahme der jährlichen Abflussmengen der Ruhr, mit großer Wahrscheinlichkeit werden hierbei aber insbesondere Extremereignisse zunehmen, zum einen die Hochwasserhäufigkeit und -intensität, die hauptsächlich in den Wintermonaten, aber durchaus auch im Sommer auftreten werden, und zum anderen auch Phasen lang anhaltender Trockenperioden mit einer Häufung im Sommer. Letztere führen zu geringen Abflussmengen im Bereich von 15 bis 20 m³/s an der unteren Ruhr, die über Wochen andauern und zur Folge haben, dass sich verschiedene aus Abwassereinleitungen stammende Mikroverunreinigungen wie Arzneimittelrückstände, Diagnostika oder Industriechemikalien im Ruhrwasser aufkonzentrieren können.

Aufbereitung und Wassergewinnung

Das Wasserwerk Essen-Kettwig wird aus dem aufgestauten Kettwiger Stausee über Freispiegelleitungen mit Oberflächenwasser der Ruhr versorgt. In einem mehrstufigen Aufbereitungsprozess wird das Wasser zunächst behandelt, um nach der sich daran anschließenden Bodenpassage (Wassergewinnung) zurückgewonnen und mit einer Sicherheitsdesinfektion versehen in das Versorgungsnetz eingespeist zu werden (Bild 19.1).

Die einzelnen Stufen des als „Mülheimer Verfahren“ bezeichneten chemisch-biologischen Aufbereitungsprozesses sind hierbei die Vorozonung des Wassers, die Flockung mit der Sedimentation, die

[19.1] Höfer, J., Liebert, J., Preuß, P., Ihringer, J., Patzke, S., Schwanenberg, D.: Hochwasserschutzwirkung der Talsperren im Einzugsgebiet der Ruhr bei ganzjährigem Betrieb unter Berücksichtigung klimabedingter Abflussänderungen einschließlich der konkurrierenden Nutzung (Kurzfassung). Ruhrverband 2010, Essen

[19.2] Bundermann, G., Schöpel, M.: Infiltration von aufbereitetem Flußwasser über Sickerschlitzen. In: *gwj Wasser Abwasser* 136 (1995) Nr. 5, München, Essen, S. 229-233

[19.3] Hohlmann, W., Schöpel, M.: Hydraulische Kapselung der Wassergewinnung Styrum-West. In: *Ruhrgütebericht* 2006, Essen, S. 136-140

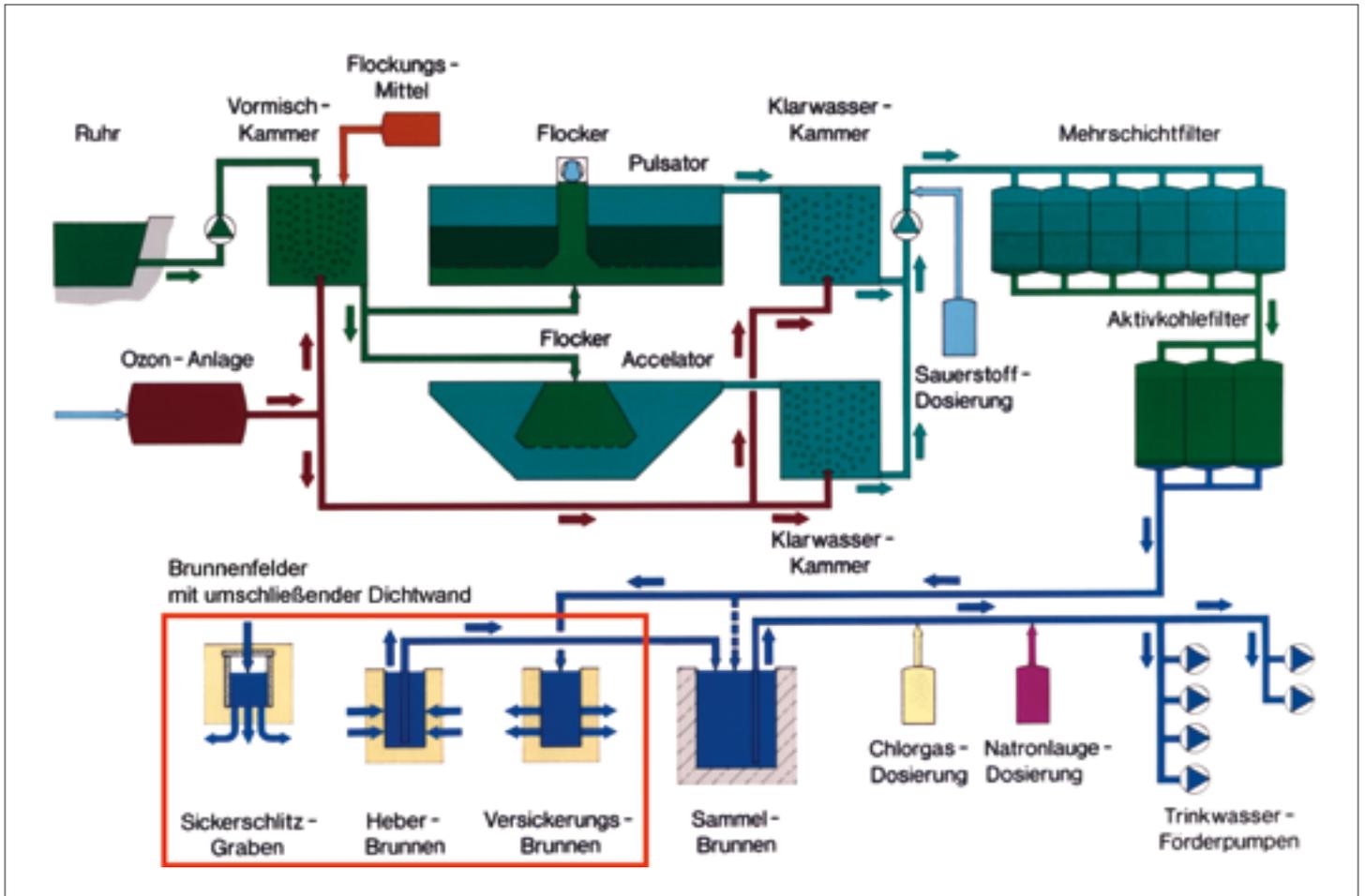


Bild 19.1: Aufbereitungs- und Fließschema WW Kettwig (Stand 2012)
 Fig. 19.1: Treatment and flow scheme of the waterworks Kettwig (2012)

Hauptzonung und die sich daran anschließende Filtration über biologisch wirksame Mehrschicht- und Aktivkohlefilter. Die abschließende Bodenpassage (Wassergewinnung) dient hauptsächlich zum Temperatenausgleich und zur Zwischenspeicherung des Wassers, bewirkt aber zusätzlich auch eine Vergleichmäßigung und Stabilisierung der Trinkwasserqualität und erfüllt somit eine wichtige Aufgabe im Rahmen des gesamten Aufbereitungsprozesses. Für die Bodenpassage stehen in der Infiltration im Mintar-Brunnenfeld 24 Vertikalversickerungsbrunnen sowie im Brunnenfeld Kettwig drei bis zu 600 m lange Sickerschlitzgräben zur Verfügung. Drei Sammelbrunnen entnehmen das Bodenfiltrat über zwei getrennt fahrbare Hebersysteme aus max. 55 Vertikalfilterbrunnen. Durch die redundant vorhandenen Systeme ist ein hohes Maß an Flexibilität gegeben. Zusätzlich wird im Jahr 2012 durch den Einbau weiterer Mess- und Regelungsschächte die Verteilung der Versickerungsmengen hinsichtlich einer Energieeffizienz noch weiter optimiert.

Qualität

Das im Wasserwerk Essen-Kettwig produzierte Trinkwasser ist grundsätzlich von hervorragender Qualität. Die Aufbereitung ist in der Lage, die unterschiedlichsten Belastungen und Schwankungen der Ruhrwasserqualität abzufangen. Jedoch zeigte sich auch, dass bereits bei mittleren Hochwasserereignissen die bisherige hydraulische Kapselung der Wassergewinnung über Versickerungsgalerien nicht immer ausreichte und Anteile von Ruhrfilterfiltrat in die Kernzonen der Wassergewinnung eindringen konnten. Aber auch die bei solchen Ereignissen stark ansteigenden Grundwasserstände in der Ruhraue können zu einer Beeinträchtigung der Wasserqualität führen.

Beide Ereignisse können zu einer Zunahme der mikrobiologischen Parameter (Bild 19.2) im Bodenfiltrat führen und damit bei einer nicht ausreichenden Desinfektionswirkung der abschließenden Sicherheitsdesinfektion eine Verkeimung des Trinkwassers bewirken. Es war daher ein wichtiges Anliegen des Dichtwandbaus, durch die Kapselung der Wassergewinnung und die damit verbundene Stabili-

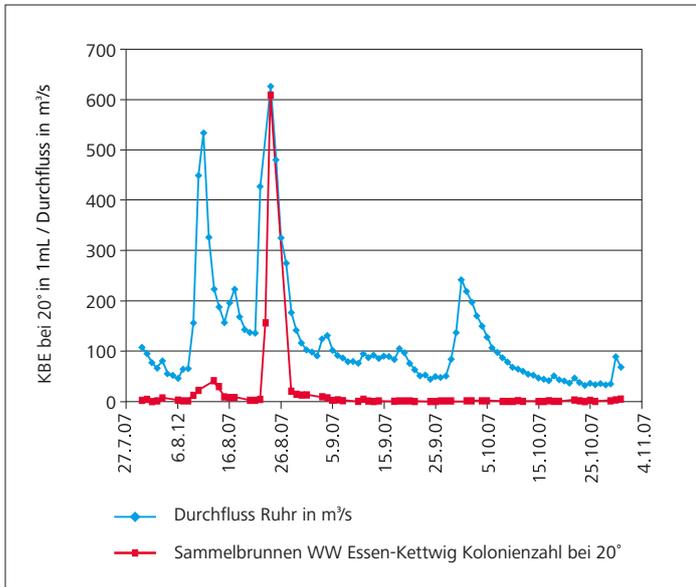


Bild 19.2: Beispiel eines Anstiegs der Koloniezahlen (bei 20 °C) durch das Hochwasserereignis im August 2007

Fig. 19.2: Example for a rise in colony numbers (at 20 °C) through high water in August 2007

sierung der hydraulischen Fließverhältnisse im Untergrund zukünftig insbesondere mikrobiologische Verunreinigungen des fertig aufbereiteten Wassers in der Bodenpassage zu vermeiden.

Dichtwandbau

Die Errichtung der Dichtwand in der Wassergewinnung des Wasserwerkes Essen-Kettwig dient vorrangig zur Erreichung folgender Ziele:

- Vollständige hydraulische Kapselung der Wassergewinnung zur generellen Vermeidung der Zuflüsse von Ruhrerfiltrat und landseitigem Grundwasser der Talau
- Erhöhung des Geländes in Teilbereichen zur Verringerung der Überflutungsgefahr
- Erhöhung und Abdichtung der Brunnenschächte und sonstigen Anlagen der Wassergewinnung zur Verringerung der Überflutungsgefahr
- Erhöhung des nutzbaren Speichervolumens des Grundwasserleiters (= der Bodenpassage) im gekapselten Bereich, um so Zeiten mit Qualitätsproblemen des Ruhrwassers besser entgegenzuwirken (z. B. Abschalten der Rohwasserentnahme für mehrere Tage)

Nach einer konzeptionellen Vorplanung und Ausschreibung der Planungsleistungen wurde ein Ingenieurbüro im Juni 2010 mit der Detailplanung und der sich daran anschließenden Fremdüberwachung beauftragt. Im Rahmen der folgenden Baugrunduntersuchungen sind Bohrungen DN 125 mit durchgehender Gewinnung von Bohrkernen niedergebracht und anschließend die Schichtenansprache gem. EN ISO 14688 und 14689 durchgeführt worden.

Weiterhin waren im gesamten Trassenverlauf der geplanten Dichtwand Erkundungen mittels geoelektrischer Sondierungskartierungen mit einer minimalen Tiefe von 15 m umzusetzen. In geologischen Schnitten konnten anschließend der generelle Schichtenaufbau und der Verlauf der Karbonoberfläche als Basischicht des Grundwasserleiters dargestellt werden.

Anhand eines Qualitätssicherungsplans wurden die Qualitätsanforderungen der einzelnen Materialien und Bauteile sowie der Prüfungsumfang der Eigenüberwachung und der Fremdüberwachung für die Bauausführung beschrieben. Es sind außerdem sämtliche unmittelbar an der Dichtwand befindlichen Einrichtungen (z. B. Brunnen, Sickergräben und Leitungen) erfasst worden. Lage und Tiefe von kreuzenden Leitungen wurden dabei vor Ort mittels Schürfe bestimmt.

Die wesentlichen Qualitätsanforderungen bezüglich der Dichtwand waren wie folgt festgelegt worden:

- Mindestdicke 60 cm (spätere Ausführung mit 45 cm als Sondervorschlag der Baufirma)
- Das untere Ausweichmaß von der Dichtwandachse durfte 0,5 % der Einbindetiefe nicht überschreiten.
- Die Dichtwand war mindestens 0,75 cm tief in den vorhandenen Grundwasserstauer (Karbonoberfläche) einzubinden.
- Die Durchlässigkeit der Dichtwand wurde auf einen k-Wert von $\leq 10^{-9}$ bis 10^{-8} m/s festgelegt.
- Das Dichtwandmaterial musste gegen chemische Einflüsse durch Boden und Grundwasser dauerhaft beständig sein.
- Die Standfestigkeit des flüssigkeitsgestützten Schlitzes nach DIN 4126 bzw. DIN V 4126-100 musste während der gesamten Baumaßnahme gewährleistet sein. Hierfür und zur Überprüfung der Verarbeitbarkeit der Suspension auf der Baustelle wurden die rheologischen Kennwerte sowohl der Frisch- als auch der in dem Schlitz eingebrachten Endsuspension geprüft und mit den Anforderungen verglichen.

Die für die Bauausführung der Dichtwand eingesetzte Dichtwandmasse ist im Vorfeld einer Eignungsprüfung unterzogen worden.

Die Auswirkungen eines im November 2010 unerwartet aufgetretenen Hochwasserereignisses führten zu der Erkenntnis, dass die zunächst geplante Auffüllung von Geländemulden im Trassenverlauf der Dichtwand keine genügende Sicherheit gegen Überflutungen der Wassergewinnungsflächen gewährleisten würde. So musste man während der laufenden Arbeiten mit der Genehmigungsbehörde eine Einigung erzielen, die sowohl den RWW-Wunsch nach einem verbesserten Überflutungsschutz als auch die Belange des Hochwasserschutzes und Vorgaben der Landschaftsbehörde erfüllte. Nach mehreren Abstimmungsgesprächen verständigte man sich Ende Februar 2011 auf eine ruhrseitige Geländeanpassung, die die Wassergewinnungsflächen zukünftig gegen Hochwasserereignisse bis zu einem HQ 20 absichert. Mit der Genehmigung zur landschaftsverträglichen Geländemodellierung war die Auflage verbunden, dass das Retentionsvolumen, das der Ruhr im Überschwemmungsfall genommen wurde, an ortsnaher Stelle u. a. durch die Errichtung einer Flutmulde auszugleichen ist.



Bild 19.3: Errichtung der Leitwände
Fig. 19.3: Putting up the deflecting walls

Nach Herstellung eines Kalibrierstiches mit einer Schlitzlänge von 10 m zur Prüfung der gewählten Geräte und der Dichtwandmasse konnten die eigentlichen Dichtwandarbeiten im Februar 2011 aufgenommen werden. Entlang der abgesteckten Trasse wurden bis zu 90 laufende Meter Leitwände für die Führung des Schlitzwandgreifers errichtet (Bild 19.3). Die Leitwände bestanden aus Stahlelementen, die in einem vorab ausgehobenen Leitwandgraben gestellt wurden. In Abhängigkeit der Bodenverhältnisse wurden die Aushubarbeiten im Pilgerschrittverfahren oder im Endlosverfahren fortgeführt (Bild 19.4).

Nach der Dichtwandherstellung wurden die Leitwandelemente aus der noch nicht abgebundenen Dichtwand herausgehoben und versetzt. Mit dieser Bauweise konnte sichergestellt werden, dass die Dichtwand durch den Rückbau nicht beschädigt wird. Abschließend wurde der oberste Bereich der Dichtwand abgeschält (Bild 19.5) und mit Mutterboden überdeckt. Die Lage der einzelnen Schlitzwandlamellen ist Bau begleitend arbeitstäglich in Abwicklungsplänen dokumentiert worden. Nach einer Bauzeit von acht Monaten waren 3.070 laufende Meter Dichtwand und zehn Leitungskreuzungen hergestellt worden. Bei den Kreuzungspunkten handelte es sich um Kabeltrassen, Steuerkabel und Rohrleitungen bis DN 1.000. Die entsprechenden Kreuzungsbauwerke sind im Düsenstrahlverfahren errichtet worden.



Bild 19.4: Schlitzgreifer im Einsatz
Fig. 19.4: Slot gripper in use



Bild 19.5: Abgeschälter Dichtwandkopf
Fig. 19.5: Peeled off sealing wall head



Bild 19.6: Übersicht Brunnenfelder
Fig. 19.6: Overview well fields

Monitoring und Inbetriebnahme

Um die hydraulischen Auswirkungen der nun errichteten Dichtwand auf die beiden Brunnenfelder (Bild 19.6) zu dokumentieren, ist ein umfangreiches Grundwassermonitoring eingerichtet worden. Dieses beinhaltet kontinuierliche Wasserstands- und Temperaturmessungen sowie ergänzende Einzelmessungen an den Brunnen. An zentralen Standorten wurden Funklogger eingesetzt, deren Messwerte täglich ausgewertet und zur Anpassung der Brunnenfeldsteuerung genutzt werden. Zudem ist die langfristige Beobachtung der Grundwassermessstellen innerhalb und außerhalb des Dichtwandkastens eine Voraussetzung zum Nachweis der Dichtigkeit. Bereits während der Baumaßnahme wurden einzelne Dichtigkeitsnachweise durch lokal begrenzte Pumpversuche ausgeführt.

Da die Dichtwand eine Barriere im Grundwasserleiter darstellt, wurden außerdem die möglichen Auswirkungen im Rahmen der Vorplanung der Dichtwand durch ein numerisches Grundwasserströmungsmodell untersucht. Die erwarteten moderaten Grundwasserstandsanhöhen haben keine nachteiligen Auswirkungen im Umfeld erkennen lassen, zumal der landseitige Grundwasseranstrom bereits seit den 1940er Jahren zum Schutz von Schloß Hugenpoet durch hydraulische Maßnahmen künstlich hoch gehalten wird. Ein Ziel des Grundwassermonitoring ist es u. a. zu prüfen, in welchem Maße die Versickerung zukünftig noch weiter betrieben werden muss.

Die Umschließung der Dichtwand integriert nun auch das Mintarder Brunnenfeld, welches bisher aus Kapazitätsgründen zur Trinkwasserförderung nicht genutzt wurde. Das dort vorliegende Grundwasser musste zunächst gegen aufbereitetes Wasser ausgetauscht werden. Ein Großteil des „alten Wassers“ wurde bereits während der fortgeschrittenen Bauphase der Dichtwand durch Frischwasserinfiltration zum letzten noch offen liegenden Bauabschnitt herausgedrückt. Ein vollständiger Austausch wurde dann

durch mehrwöchigen separaten Betrieb des Brunnenfeldes erreicht. Eine vollständige Angleichung der chemischen Zusammensetzung der infiltrierten und der gehobenen Wässer wird durch andauernde Wasser/Sediment-Reaktionen jedoch noch über einen längeren Zeitraum andauern.

Seit April 2012 läuft eine Versuchsphase, bei der die Trinkwasserförderung aus dem Mintarder und dem Kettwiger Brunnenfeld gemeinsam über ein zusammenhängendes Hebersystem angesteuert wird. Die Wasserentnahme über einen gemeinsamen Heber verspricht im Gegensatz zur dezentralen Förderung den Vorteil einer höheren Energieeffizienz und durch die frühzeitige Vermischung der beiden Wässer und eine Ausnutzung der hohen Speicherkapazität des Grundwasserleiters eine bessere Vergleichmäßigung der Wasserqualität. Die separate Entnahme aus beiden Feldern kann bei Bedarf jederzeit hergestellt werden.

Fazit

Die Aufbereitung im Wasserwerk Essen-Kettwig nach dem „Mülheimer Verfahren“ zählt nach den Ausführungen der Expertenkommission Programm „Reine Ruhr“ und der Landesregierung Nordrhein-Westfalen zum heutigen Stand der Technik für die Flusswasseraufbereitung an der Ruhr [19.4]. Durch den Bau der Dichtwand konnte RWW das gesamte Gewinnungskonzept, insbesondere vor dem Hintergrund der durch den Klimawandel verstärkt auftretenden Hochwässer, weiter optimieren. Zukünftig sind die Brunnenfelder des Wasserwerkes gegenüber HQ20-Hochwässern abgesichert. Gleichzeitig wurde ein mit etwa 150.000 m³ Volumen ausreichend großer Untergrundspeicher geschaffen, der bei Ausfall der Entnahme von Ruhrwasser oder der Aufbereitung eine Fortführung der Versorgung über einen Zeitraum von drei bis acht Tagen ermöglicht.

Die Größe des Bauvorhabens erforderte neben einer umfassenden Vorbereitungs- und Genehmigungsphase auch hohe Ansprüche an die Bauausführung und Qualitätssicherung. In einer Testphase werden derzeit noch umfangreiche hydraulische Analysen durchgeführt, um ideale Betriebsweisen zu entwickeln.

[19.4] Expertenkommission Programm „Reine Ruhr“ und Ministerium für Klimaschutz, Umwelt, Landwirtschaft, Natur- und Verbraucherschutz: Vom Programm „Reine Ruhr“ zur Strategie einer nachhaltigen Verbesserung der Gewässer- und Trinkwasserqualität in Nordrhein-Westfalen. MKULNV NRW 2012, Düsseldorf, 135 Seiten

20 Organisation der Arbeitsgemeinschaft der Wasserwerke an der Ruhr e.V. (AWWR)

Stand 31. Dezember 2011

Mitglieder und ständige Gäste

Präsidium:

Robert Dietrich, Hochsauerlandwasser GmbH, Meschede
Dr. Christoph Donner, RWW Rheinisch-Westfälische Wasserwerksgesellschaft mbH, Mülheim an der Ruhr
Roland Rütther, Mark-E Aktiengesellschaft, Hagen
Hansjörg Sander, VWW Verbund-Wasserwerk Witten GmbH
Helmut Sommer, Wasserwerke Westfalen GmbH, Schwerte (Vorsitzender)

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 (Stellv. Vorsitzender)
Helmut Heidenbluth, Stadtwerke Menden GmbH
Bernd Heitmann, Stadtwerke Fröndenberg GmbH
Dr. Bernhard Hörsgen, Gelsenwasser AG, Gelsenkirchen
Dr. Ralf Karpowski, Dortmunder Energie- und Wasserversorgung GmbH
Thomas Kroll, Wasserbeschaffungsverband Arnsberg/Stadtwerke Arnsberg
Gregor Langenberg, Wassergewinnung Essen GmbH
Johannes Niggemeier, Stadtwerke Brilon AöR
Roland Rütther, Mark-E Aktiengesellschaft, Hagen
Hansjörg Sander, VWW Verbund-Wasserwerk Witten GmbH
Dieter Schick, Stadtwerke Hamm GmbH
Helmut Sommer, Wasserwerke Westfalen GmbH, Schwerte
Jürgen Schwarberg, Stadtwerke Sundern
Dieter Spohn, Stadtwerke Bochum GmbH

Ständige Gäste:

Prof. Dr. Harro Bode, Ruhrverband, Essen
Christine Elhaus, Bezirksregierung Arnsberg
Heidemarie Ohlhoff, Bezirksregierung Düsseldorf
Gerhard Odenkirchen, Ministerium für Umwelt, Naturschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz NRW, Düsseldorf
Dr. Wolfgang van Rienen, BDEW/DVGW Landesgruppe NRW, Bonn
Dr. Matthias Schmitt, ARW Arbeitsgemeinschaft Rhein-Wasserwerke e.V., Köln
Priv. Doz. Dr. Georg Joachim Tuschewitzki, Hygiene-Institut des Ruhrgebiets, Gelsenkirchen
Ninette Zullei-Seibert, Westfälische Wasser- und Umweltanalytik GmbH, Schwerte

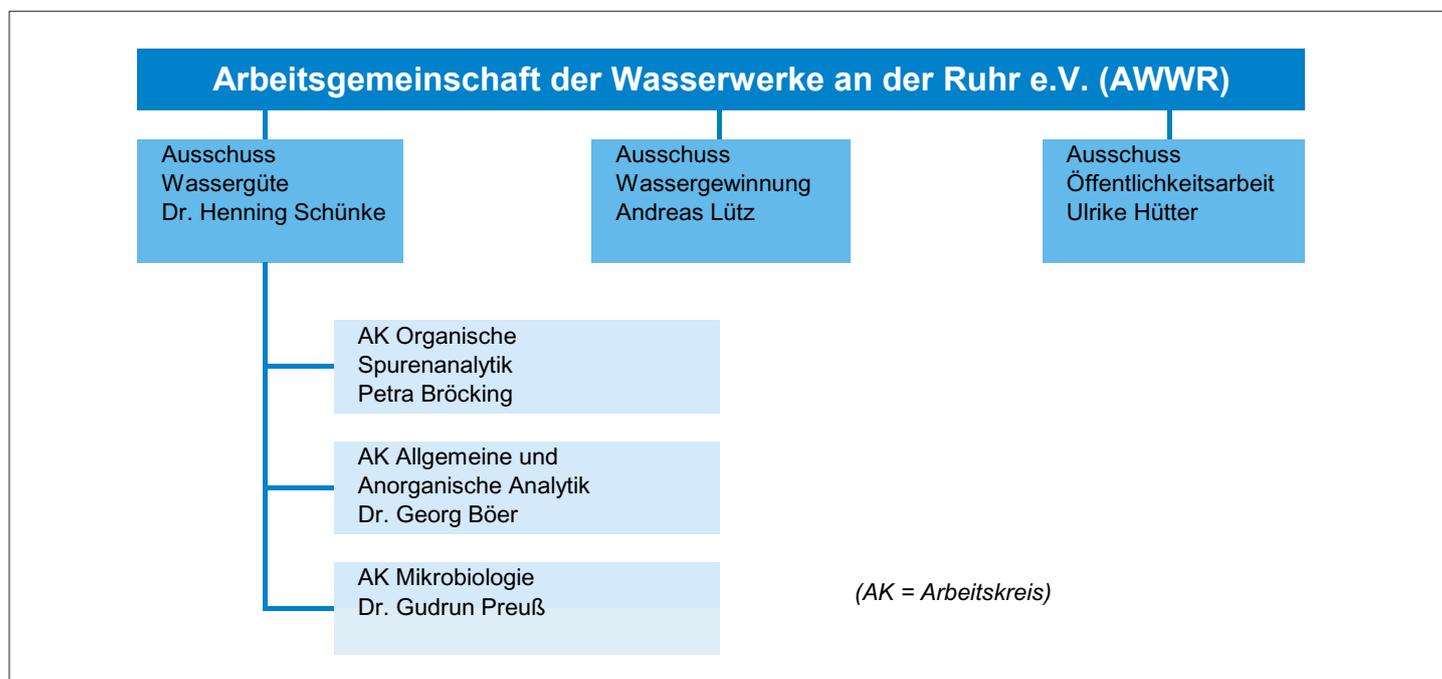
Kontakte

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 & Co KG, Arnsberg
- Peter Lipka, Ruhrverband, Essen
- 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
- Thomas J. Lottes, VWW Verbundwasserwerk Witten GmbH, Witten
- Dr. Achim Rübel, IWW Rheinisch-Westfälisches Institut für Wasserforschung Gemeinnützige GmbH, Mülheim
- Bernhard Schoemaker, Wassergewinnung Essen GmbH, Essen (bis März 2011)
- 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

Guido Geburtzky, RWW Rheinisch-Westfälische Wasserwerksgesellschaft mbH, Mülheim

Christiane Grünberg, Wassergewinnung Essen GmbH, Essen

Jörg Kriegsmann, Verbund-Wasserwerk Witten GmbH, Witten

Stefan Kornfeld, Westfälische Wasser- und Umweltanalytik GmbH, Schwerte

Bernd Lange, IWW Rheinisch-Westfälisches Institut für Wasserforschung, gemeinnützige GmbH, Mülheim

Bettina Langer, Hygiene-Institut des Ruhrgebiets, Gelsenkirchen

Dr. Gudrun Preuß, Institut für Wasserforschung GmbH Dortmund, Schwerte

Monika Raabe, Mark-E AG, Hagen

Jessica Röhrmuß, IWW Rheinisch-Westfälisches Institut für Wasserforschung, gemeinnützige GmbH, Mülheim

Dr. Henning Schünke, Energie- und Wasserversorgung Hamm GmbH, Hamm

Dr. Jost Wingender, Universität Duisburg-Essen, Essen

Susanne Zander-Hauck, 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 & Co KG, 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

Ausschuss Wassergewinnung

Obmann: Andreas Lütz, Wassergewinnung Essen GmbH, Essen

Thomas Bock, Wasserwerke Westfalen GmbH, Schwerte

Thomas Brenne, Mark-E Aktiengesellschaft, Hagen

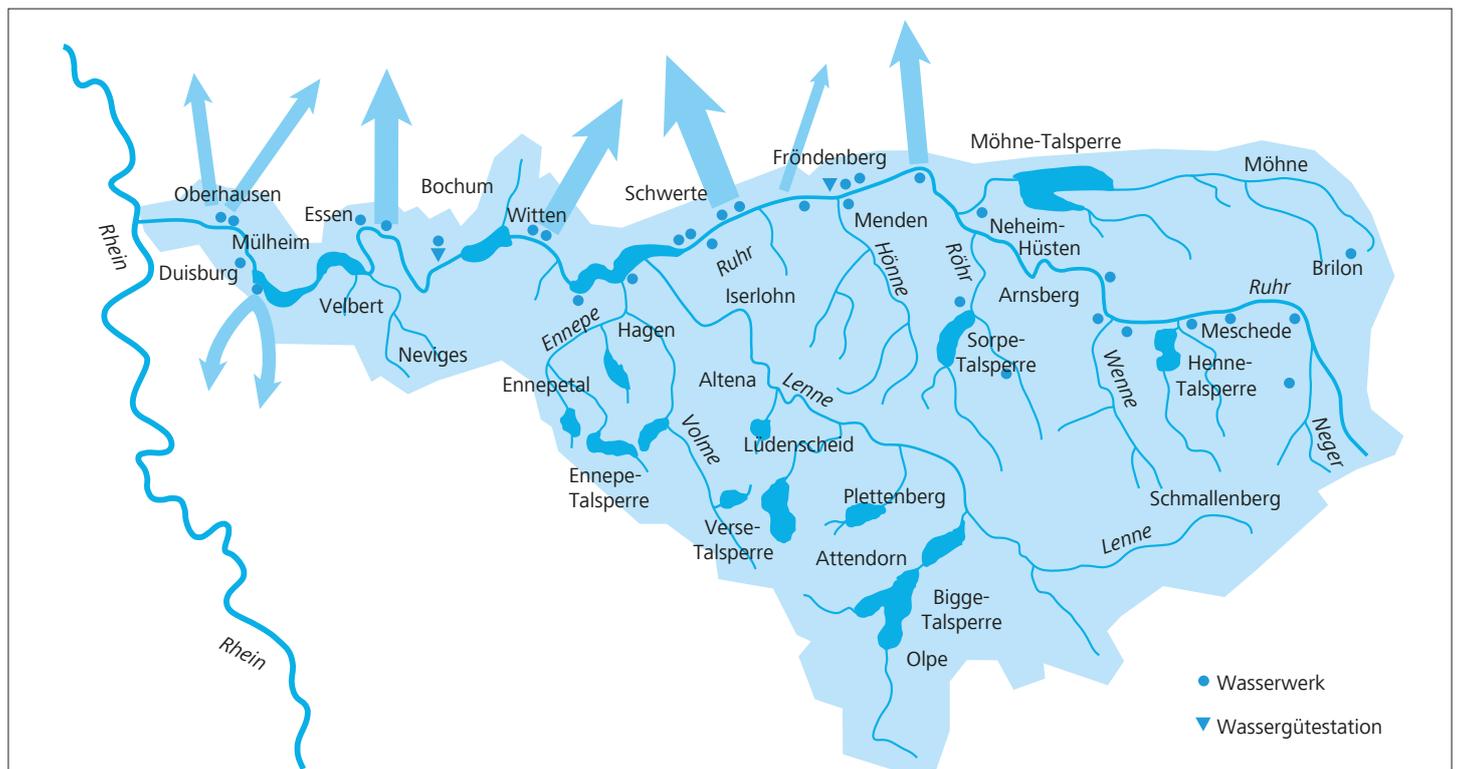
Robert Dietrich, Hochsauerlandwasser GmbH, Meschede

Klaus Döhmen, AVU Aktiengesellschaft für Versorgungsunternehmen, Gevelsberg

Jürgen Drees, Stadtwerke Fröndenberg GmbH, Fröndenberg

Dr. Peter Evers, Ruhrverband, Essen

21 Die AWWR in Zahlen



Mitglieder der AWWR	Anzahl der Wasserwerke	Gesamt-Wasserförderung
AVU Gevelsberg	1	ca. 265 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 & Co.KG	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	
VWW 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	

22 Analysergebnisse des Ausschusses Wassergüte

Einführung

Dr. Volkmar Neitzel, Ruhrverband

Allgemeines

Die nachfolgend dokumentierten und ausgewerteten Analysergebnisse zur Ruhrwasserbeschaffenheit 2011 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 22.1 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 22.2 sind für die 13 vereinbarten Stoffe bzw. Stoffgruppen die Zielwerte mit den in 2011 festgestellten Überschreitungen zusammengestellt. Tabelle 22.6 am Ende der Analysenstatistik enthält alle dokumentierten Messgrößen zur besseren Auffindbarkeit in alphabetischer Reihenfolge.

Ruhrlängsuntersuchungen

Die Auswertung und Dokumentation stützt sich auf rund 3800 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 22.3 zusammengestellten Abflüsse bestimmt werden.

Die Analysergebnisse von 41 Messgrößen sind nachfolgend in Form von Ganglinien dargestellt (Bild 22.1 bis 22.7). Es wurden jeweils sechs Kenngrößen zu einem Block zusammengefasst. Die 42. dargestellte Größe in Bild 22.7 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 22.4 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 22.8). 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 134, teilweise konnten bestimmte Kenngrößen nicht bestimmt werden. Der Auswertung lagen insgesamt etwa 9860 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 22.9 bis 22.32). 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 22.1: Übersicht über die Messstellen und die untersuchenden Laboratorien
Table 22.1: 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 EMark-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 22.2: Zielwerte für die Qualität des Ruhrwassers mit Überschreitungen im Jahr 2011
 Table 22.2: Target values for the quality of Ruhr water and exceedings in 2011

Kenngroße		Überschreitungen der Zielwerte 2011	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	
Diethyltrinitrilopentaessigsäure	DTPA	an fünf Stellen	µg/l	10	
Ethylendinitrilotetraessigsäure	EDTA	an drei Stellen	µg/l	10	
Nitritotriessigsäure	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 22.3: Mittlere Abflüsse während der Längsuntersuchungen
 Table 22.3: 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)	21.2.2011	64,2
Frühjahr / Ruhrverband (RV)	18.4.2011 bis 20.4.2011	24,0
Sommer / Hygiene-Institut (HYG)	15.08.11	60,6
Herbst / Ruhrverband (RV)	24.10.2011 bis 26.10.2011	28,0

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 2011 rund 6100 Messungen zu den Pflanzenschutzmitteln durchgeführt. Von den 46 ausgewerteten PSM lagen bei zehn Verbindungen Werte im Arbeitsbereich der Analyseverfahren vor, der Rest lag unterhalb der jeweiligen Bestimmungsgrenze. Bei einer Substanz konnte ein Messwerte oberhalb des Trinkwassergrenzwertes von 100 ng/l gemessen werden. In Tabelle 22.5 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

Nach dem niederschlagsreichen Jahr 2010 waren im Jahr 2011 im Ruhreinzugsgebiet in der Summe leicht unterdurchschnittliche Niederschläge festzustellen, deren Verteilung sich auch im Abfluss der Ruhr widerspiegelte: Nach einem regenreichen Januar, der auch die Spitzenabflüsse für 2011 aufwies, blieben die höchsten Abflussspitzen und der durchschnittliche Abfluss bis zum Spätsommer unter dem langjährigen Mittel. Im August und September wurden mit leicht überdurchschnittlichen Niederschlägen auch erhöhte Spitzenabflüsse gemessen, während der mittlere Abfluss nur im August leicht über dem langjährigen Durchschnitt lag. Nach den zwei weiteren unterdurchschnittlichen Monaten Oktober und November wurde im Dezember nach einem überdurchschnittlichen Niederschlag ein dazu paralleler Anstieg des Abflusses festgestellt, die Spitzen erreichten aber nicht das lang-

jährige Mittel. Bei den Niedrigwasserständen kam es im Frühjahr und frühen Winter zu geringfügigen Unterschreitungen des langjährigen Mittels.

Im Jahr 2011 lag ein typischer Jahresverlauf vor, der im Januar seinen maximalen Abfluss mit 758 m³/s in Mülheim hatte und bei dem die Informationsschwellen für ein Hochwasser überschritten wurden. Der minimale Abfluss wurde Anfang Juli mit 17,7 m³/s gemessen. Der Verlauf der Pegelstände wird auch in Bild 22.9 bis 22.32 aufgeführt.

Die Abflussverhältnisse sind durch die Mobilisierung von Sedimenten maßgeblich für die Trübungen des Ruhrwassers verantwortlich. Die Trübung zeigt einen nahezu identischen Verlauf zu den Abflüssen (Bild 22.12).

Einem typischen Jahresgang folgten die Wassertemperaturen: Nachdem die minimalen Werte im Januar und Februar gemessen wurden, stieg die Temperatur ab März deutlich an und erreichte zwischen Juni und September ihr Maximum. Die Spitzenwerte wurden im Oberlauf deutlich später erreicht als im mittleren und unteren Ruhrverlauf. Im mittleren Ruhrabschnitt wurde die 20 °C-Marke ganzjährig nicht überschritten und auch nach den größeren Stauhaltungen blieb ab Witten die Temperatur mit maximal 22,1 °C (Essen-Rellinghausen) deutlich unter der 25 °C-Marke (Bild 22.9). Die mit dem Verlauf der Ruhr kontinuierlich zunehmende Temperatur konnte auf den unterschiedlichen jahreszeitlichen Niveaus auch in den Ruhrlängsuntersuchungen gezeigt werden (Bild 22.1).

Auf Grund der ausgeglichenen Temperatur zeigten die Sauerstoffgehalte (Bild 22.15) im Jahr 2011 moderate Schwankungen. Nur an zwei Messstellen wurde die Sauerstoffkonzentration von 5 mg/l im Minimum am Ende des Frühjahres kurzzeitig unterschritten. Selbst bei den 10-Perzentil-Werten lagen diese Messstellen deutlich oberhalb dieser Marke von 5 mg/l. Die höchsten Schwankungen waren im Frühsommer nach den Stauhaltungen in der unteren Ruhr feststellbar. Während bei der Frühjahrmessung ein Anstieg von Sauerstoff durch die Photosynthese auftrat, wurde in der Längsuntersuchung im Sommer ein leicht abnehmender Sauerstoffgehalt gemessen (Bild 22.2).

Bei der Leitfähigkeit war an der oberen und mittleren Ruhr ein weitgehend ausgeglichener Verlauf nachzuweisen (Bild 22.10). Hier traten in den Zeiten des höheren Abflusses nur geringe Verdünnungseffekte bei einer ohnehin geringen Leitfähigkeit auf. Im unteren Ruhrverlauf wurden die Verdünnungseffekte besonders im Januar und Dezember festgestellt, aber auch bei geringen Abflusssteigerungen im August, September und Oktober wurden sie deutlich. Es konnte im letzten Winter kein starker Einfluss durch Streusalz beobachtet werden.

Die über den Verlauf der Ruhr zunehmende Leitfähigkeit ließ sich auch bei den Längsuntersuchungen beobachten (Bild 22.1), wobei die Wintermessung die geringsten Zunahmen zeigten.

Für den pH-Wert konnte ein jahreszeitlicher und fließstreckenab-

hängiger Verlauf gemessen werden. Während die obere und mittlere Ruhr nahezu ausgeglichene Werte aufwies, wurden ab den Stauhaltungen bei Hagen steigende pH-Werte gemessen, die auf die stärkere biologische Aktivität zurückzuführen waren (Bild 22.11). Die erhöhten pH-Werte im Frühjahr korrelierten mit den Chlorophyllgehalten in der Ruhr, sie traten vor allem in den Stau-stufen auf und zeigten das Algenwachstum an (Bild 22.13). Der pH-Anstieg im Ruhrverlauf sowie die frühe Algenblüte konnten auch in den Messungen der Längsuntersuchung im Frühjahr (Bild 22.1) festgestellt werden, bedingt durch die hohen Temperaturen zur Zeit der Probenahme im April.

Die biologische Aktivität von Produzenten und Destruenten beeinflusst zudem die Summenparameter. Der gelöste organische Kohlenstoff DOC verhält sich zum Algenwachstum gegenläufig; nach der Algenblüte des Frühjahres werden organische Bestandteile als gelöster Kohlenstoff freigesetzt (Bild 22.16).

Dieser Prozess ist auch anhand des spektralen Absorptionskoeffizienten SAK 254 nm nachweisbar, wenngleich die Amplitude deutlich geringer ausfiel (Bild 22.17). Für den Summenparameter Färbung (SAK 436 nm) liegen nur wenige Daten vor, die keine weitergehenden Aussagen zulassen (Bild 22.18). Ansteigende Werte für den DOC im Ruhrverlauf wurden auch bei den Längsuntersuchungen festgestellt, wobei die unterschiedlichen Niveaus den biologischen Aktivitäten der Jahreszeiten entsprechend. Für die beiden anderen Summenparameter SAK 254 nm und SAK 436 nm konnte diese Tendenz in der Längsuntersuchung nicht gezeigt werden (Bild 22.2).

In der Ruhr werden regelmäßig die Nährstoffe Ammonium, Nitrat sowie Phosphat untersucht, die ebenfalls direkt mit der biologischen Aktivität zusammenhängen. Für Ammonium wurden besonders im oberen Lauf der Ruhr stark schwankende Werte festgestellt. Ab Mitte März konnte im mittleren Ruhrlauf der Zusammenhang mit der biologischen Aktivität an einem Rückgang der Konzentrationen beobachtet werden. Ab Mitte April wurden im unteren Ruhrlauf dann stark gestiegene Ammoniumwerte festgestellt, die zum Teil auf einer Destruktion der Algenblüte zurückzuführen sein dürfte. Steigende Ammoniumwerte in den Wintermonaten sind auf eine reduzierte Nitrifikation in der Abwasserbehandlung zurückzuführen (Bild 22.19). Die Längsuntersuchung zeigte für Ammonium kein einheitliches Muster (Bild 22.3). Bei der Wintermessung konnte der reduzierte Abbau anhand der Aufkonzentration in Fließrichtung nachgewiesen werden. Eine biologische Beeinflussung des Stickstoffhaushaltes ließ sich zudem anhand des Nitrates aufzeigen, das in der hauptsächlichlichen Wachstumszeit der Pflanzen zwischen Mai und Juli in der unteren Ruhr deutlich abnahm (Bild 22.20). Dagegen zeigten sich an der oberen und mittleren Ruhr keine Trends bei der Nitratkonzentration. Bei den Längsuntersuchungen wurden für Nitrat in den Jahreszeiten unterschiedliche Niveaus festgestellt. Eine deutliche Dynamik im Flusslauf war dagegen nicht nachzuweisen (Bild 22.3).

Als weiterer Nährstoff wurde Phosphat bestimmt. Auf Grund der geringeren Mobilität des Phosphats liegen die Gehalte deutlich unterhalb denen der Stickstoffverbindungen. Trotz der großen

Schwankungen wurden in der Wachstumsphase die geringsten Konzentrationen nachgewiesen (Bild 22.21). Dieser Verlauf konnte mit den beiden vorliegenden Datenreihen der Längsuntersuchung aus dem Frühjahr – mit geringen, abnehmenden Gehalten – und dem Herbst – mit den hohen und steigenden Konzentrationen – nachvollzogen werden (Bild 22.3).

Wie in den Vorjahren wurden Cadmium und Chrom im oberen und mittleren Ruhrlauf nur in einzelnen Proben gefunden (Bild 22.22 bis 22.23). Eine Befundreihe liegt für die Probenahmestelle Essen-Rellinghausen vor, da hier auf Grund der niedrigeren Bestimmungsgrenze die Gehalte durchgängig quantifiziert werden konnten. Die höchsten Konzentrationen traten während des Hochwasserereignisses im Januar auf, der Zielwert der AWWR für Cadmium wurde jedoch auch hier deutlich unterschritten. Auffällig waren auch die Werte der Längsuntersuchung. Sie bleiben meist unterhalb der Bestimmungsgrenze (Bild 22.4). Auffällig war nur der Wert für Cadmium in Wetter, der den Zielwert der AWWR überschritt und in der nachfolgenden Messstelle zu erhöhten Werten führte. Da keine anderen Messwerte diese Konzentrationen bestätigten, wird es sich um einen einmaligen Eintrag gehandelt haben.

Bei Nickel lagen die gemessenen Konzentrationen dagegen im Durchschnitt oberhalb der Bestimmungsgrenze, die Konzentrationen im Verlauf der Ruhr aber unterhalb des Zielwertes der AWWR (Bild 22.24). Nur die maximalen Konzentrationen während des Hochwasserereignisses überschritten die 10 µg/l-Marke. Diese Befunde konnten durch die Längsuntersuchungen bestätigt werden. Die Konzentrationen blieben trotz eines leichten Anstieges im Ruhrverlauf unter 50 % des Zielwertes der AWWR (Bild 22.4). In der Längsuntersuchung wurden zusätzlich Kupfer, Blei und Zink bestimmt (Bild 22.4), die mit Ausnahme von einzelnen Messungen ein durchgängiges Konzentrationsniveau ergaben.

Wie in den Vorjahren wurden schwankende Konzentrationen für das gelöste Mangan nachgewiesen (Bild 22.25), wobei keine deutliche Korrelation zu den Abflussmengen auftrat. In den Längsuntersuchungen wurde für Gesamt-Mangan, aber auch Gesamt-Eisen ein Anstieg im Flusslauf gefunden. Die gelösten Metalle wiesen diesen Trend nicht auf (Bild 22.5). Exemplarisch wurden bei der zeitdichten Ruhrüberwachung anhand von Chlorid die Salzfrachten untersucht. Eine Auswirkung von Streusalz auf die Chloridlasten konnte 2011 nicht nachgewiesen werden. Erhöhte Konzentrationen wurden in den Sommermonaten bei niedriger Wasserführung festgestellt. Erwartungsgemäß korrelierten die niedrigsten Salzkonzentrationen mit den erhöhten Abflüssen (Bild 22.26). Bei der Längsuntersuchung deutet der Konzentrationsanstieg von Chlorid im Ruhrverlauf auf einen diffusen Eintrag hin, der auch für weitere Salzfrachten (Natrium, Kalium, Barium, Sulfat, Bor) zu Grunde gelegt werden kann (Bild 22.6 und 22.3).

Eine auswertbare Zeitreihe der organischen Halogenverbindungen (AOX) im Ruhrwasser war, wie in den Vorjahren, nur an der Probenahmestelle Essen-Rellinghausen möglich, weil dort mit einer niedrigen Nachweisgrenze von 5 µg/l gemessen wurde (Bild 22.27). Im oberen und mittleren Ruhrabschnitt wurde AOX auf-

grund der höheren Bestimmungsgrenze von 10 µg/l nur vereinzelt nachgewiesen. Die Konzentrationen lagen unterhalb der Bestimmungsgrenze (90-Perzentil) und damit deutlich unterhalb des früheren AWWR-Zielwertes. In den Längsuntersuchungen konnte der Parameter ebenfalls nur bei der niedrigen Nachweisgrenze gemessen werden (Bild 22.7). Über den Verlauf der Ruhr war ein leichter Anstieg von unter 5 µg/l auf bis zu 20 µg/l nachweisbar.

Die kurzkettigen Chlorkohlenwasserstoffe (Tetrachlorethen, Bild 22.28, und Trichlorethen, Bild 22.29) blieben in der oberen und mittleren Ruhr meist unterhalb der Bestimmungsgrenze. Nur vereinzelt wurden Konzentrationen gemessen, die auf einmalige Ereignisse zurückzuführen sein dürften. So wurde in Echthausen eine Konzentration von 1,5 µg/l erreicht.

Bei den Komplexbildnern EDTA, DTPA und NTA wurden auch 2011 stark unterschiedliche Belastungen gemessen: Bis zur Probenahmestelle Westhofen wurden die drei Komplexbildner nur vereinzelt in geringer Konzentration weit unter den Zielwerten der AWWR nachgewiesen. Ab Hagen-Hengstey wurden für die Komplexbildner DTPA und EDTA erneut starke Belastungen gemessen. Die Werte für das DTPA überschritten ab dieser Messstelle die Zielwerte bis zur Mündung (Bild 22.31). Die Konzentrationen von EDTA lagen ab Hagen bis zur Messstelle Bochum-Stiepel ebenfalls über dem Zielwert der AWWR, fielen im weiteren Ruhrverlauf aber langsam unter den Zielwert. Sie zeigten aber noch deutlich erhöhte Werte (Bild 22.30). Für DTPA war im Vergleich zu den Vorjahren ein deutlicher Anstieg der Konzentrationen festzustellen, so dass das Achtfache des Zielwertes erreicht wurde. Auch beim Komplexbildner EDTA konnte eine Steigerung der Belastungen in der Ruhr gezeigt werden. Daneben sind die Konzentrationen des biologisch abbaubaren NTA deutlich geringer und zeigen im gesamten Ruhrverlauf nur vereinzelt Messwerte oberhalb der Bestimmungsgrenze (Bild 22.32).

In den Ruhrlängsuntersuchungen wurden diese Befunde bestätigt. Allerdings waren hier bei den Messungen im Frühjahr und Herbst nur geringere Konzentrationen festzustellen, als sie bei den 90-Perzentilen auftraten (Bild 22.7).

Die hygienischen Verhältnisse in der Ruhr werden u.a. durch die coliformen Bakterien beschrieben (Bild 22.14). Der Zielwert von 15.000 KBE/100mL als geometrisches Mittel wurde an allen Probenahmestellen eingehalten. Allerdings zeigten sich sehr große Schwankungen im Jahresverlauf. Die Spitzen der bakteriellen Belastung konnten nicht mit erhöhten Abflüssen in Verbindung gebracht werden. An der oberen Ruhr traten die Spitzen vor allem in den Sommermonaten auf. Aus den unterschiedlichen Mustern der Belastungen lässt sich auf örtlich spezifische Ereignisse schließen. Im Sommer konnten bei der Längsuntersuchung im oberen Untersuchungsabschnitt die höchsten Keimzahlen nachgewiesen werden. Sie reduzierten sich im weiteren Verlauf deutlich (Bild 22.1). In den drei anderen Untersuchungsreihen wurden keine starken Belastungen nachgewiesen.

Pflanzenschutzmittel wurden nur vereinzelt detektiert (Tabelle 22.5). Eine Überschreitung des Zielwertes der AWWR wurde nicht

gefunden. Die 46 untersuchten Einzelsubstanzen wurden mit unterschiedlicher Häufigkeit analysiert. Nachgewiesen wurden nur 10 Substanzen, die mit einer Häufigkeit von maximal 2,8 % gefunden wurden. Eine Überschreitung des Trinkwassergrenzwertes konnte nur in einer Probe für Flufenacet festgestellt werden. Die vorgeschlagene zulässige Höchstkonzentration wurde aber auch hier nicht erreicht. Das Herbizid wird seit Jahren zur Unkrautbekämpfung im landwirtschaftlichen Bereich (Getreide, Mais) eingesetzt, seit neuem aber auch im Haus- und Kleingartenbereich. Gegenüber den Vorjahren war ein weiterer Rückgang bei den Befunden von Pflanzenschutzmitteln festzustellen.

Vom Ruhrverband wurden auch acht Nebengewässer der Ruhr beprobt (s. Tabelle 22.1). Tabelle 22.4 fasst die Ergebnisse der Beprobungen als Mittelwerte zusammen. Einen Vergleich der Werte mit der Ruhr im Mündungsbereich wird in Bild 22.8 gegeben. Aus Bild 22.8 lassen sich die Belastungen durch den Zustrom der Nebengewässer ablesen: Für den Ölbach und den Baarbach werden aus der Graphik deutlich höhere Belastungen ersichtlich. Der Ölbach wies eine hohe Salzbelastung auf, die anhand der Leitfähigkeit und des Sulfates nachgewiesen wurden. Als Abwasser-Parameter kamen zusätzlich das Borat-Bor und der Komplexbildner EDTA deutlich erhöht vor, so dass die Belastung des Ölbaches auf einen Abwassereintrag zurückgeführt werden kann.

Eine leicht erhöhte Leitfähigkeit sowie erhöhte Bor-, Sulfat- und EDTA-Werte wurden auch im Baarbach nachgewiesen. Auffällig war hier der Nickel-Wert sowie die coliformen Bakterien, anhand derer eine hygienische Belastung zu belegen war.

Aus Tabelle 22.4 wird durch weitere Werte die Belastung dieser beiden Nebengewässer deutlich: Neben den Summenparametern SAK 254 nm, DOC, CSB, gebundener Stickstoff und AOX sind Belastungen durch Metalle (Eisen, Mangan) und Salze (Chlorid, Sulfat) festzustellen. Beim Ölbach wurden zusätzlich noch organische Komplexbildner (DTPA) und Barium nachgewiesen. Im Baarbach wurden sowohl die coliformen Bakterien als auch das EDTA und das Phosphat mit Konzentrationen gemessen, die das Überschreiten der Zielwerte der AWWR vermuten lassen. Im Ölbach wurde vermutlich auch der Zielwert bei DTPA überschritten.

Einzelne Belastungen wiesen auch andere Nebengewässer auf, z. B. die polycyclischen aromatische Kohlenwasserstoffe in der Lenne. Wie Bild 22.8 zeigt, wurde hinter der Mündung der Lenne eine erhöhte Konzentration des Komplexbildners EDTA in der Ruhr deutlich. Sie fiel auch bei den anderen Untersuchungen auf, obwohl weder an der Messstelle Lenne noch an der Messstelle Volme auffällige Konzentrationen gemessen wurden. Der Befund ist nur über einen Eintrag erklärbar, der hinter den Messstellen in den Nebengewässern gelegen ist. In die Lenne leiten im Mündungsbereich mehrere Kläranlagen ein.

Zusammenfassung

Das Jahr 2011 zeigte einen leicht unterdurchschnittlichen Niederschlag und eine typische jahreszeitliche Verteilung der Abflussmengen. Die untersuchten Inhaltsstoffe lagen meist auf dem Ni-

veau der Vorjahre. Einen deutlichen Anstieg erfuhren jedoch die Komplexbildner, die ab dem Zufluss der Lenne nachzuweisen sind und die über den Zielwerten der AWWR lagen. Auch in anderen Nebengewässern konnten dabei Überschreitungen der AWWR-Zielwerte festgestellt werden. Durch den geringeren Zufluss wurden hier die Werte der Ruhr jedoch nicht so stark beeinflusst, wie dies bei der Lenne festzustellen war. Für den persistenten Komplexbildner DTPA wurde ab dem Zufluss der Lenne bis zur Mündung die Überschreitung der 10 µg/l-Schwelle beobachtet. Die EDTA-Konzentration überstieg den Zielwert dagegen nur im Ruhrabschnitt bis Bochum-Stiepel.



Bild 22.1: Die Wasserbeschaffenheit der Ruhr nach Analysen des AWWR-Ausschusses „Wassergüte“
 Fig. 22.1: Water condition of the Ruhr according to analyses of the AWWR water quality committee



Bild 22.2: Die Wasserbeschaffenheit der Ruhr nach Analysen des AWWR-Ausschusses „Wassergüte“
 Fig. 22.2: Water condition of the Ruhr according to analyses of the AWWR water quality committee



Bild 22.3: Die Wasserbeschaffenheit der Ruhr nach Analysen des AWWR-Ausschusses „Wassergüte“
 Fig. 22.3: Water condition of the Ruhr according to analyses of the AWWR water quality committee



Bild 22.4: Die Wasserbeschaffenheit der Ruhr nach Analysen des AWWR-Ausschusses „Wassergüte“
 Fig. 22.4: Water condition of the Ruhr according to analyses of the AWWR water quality committee

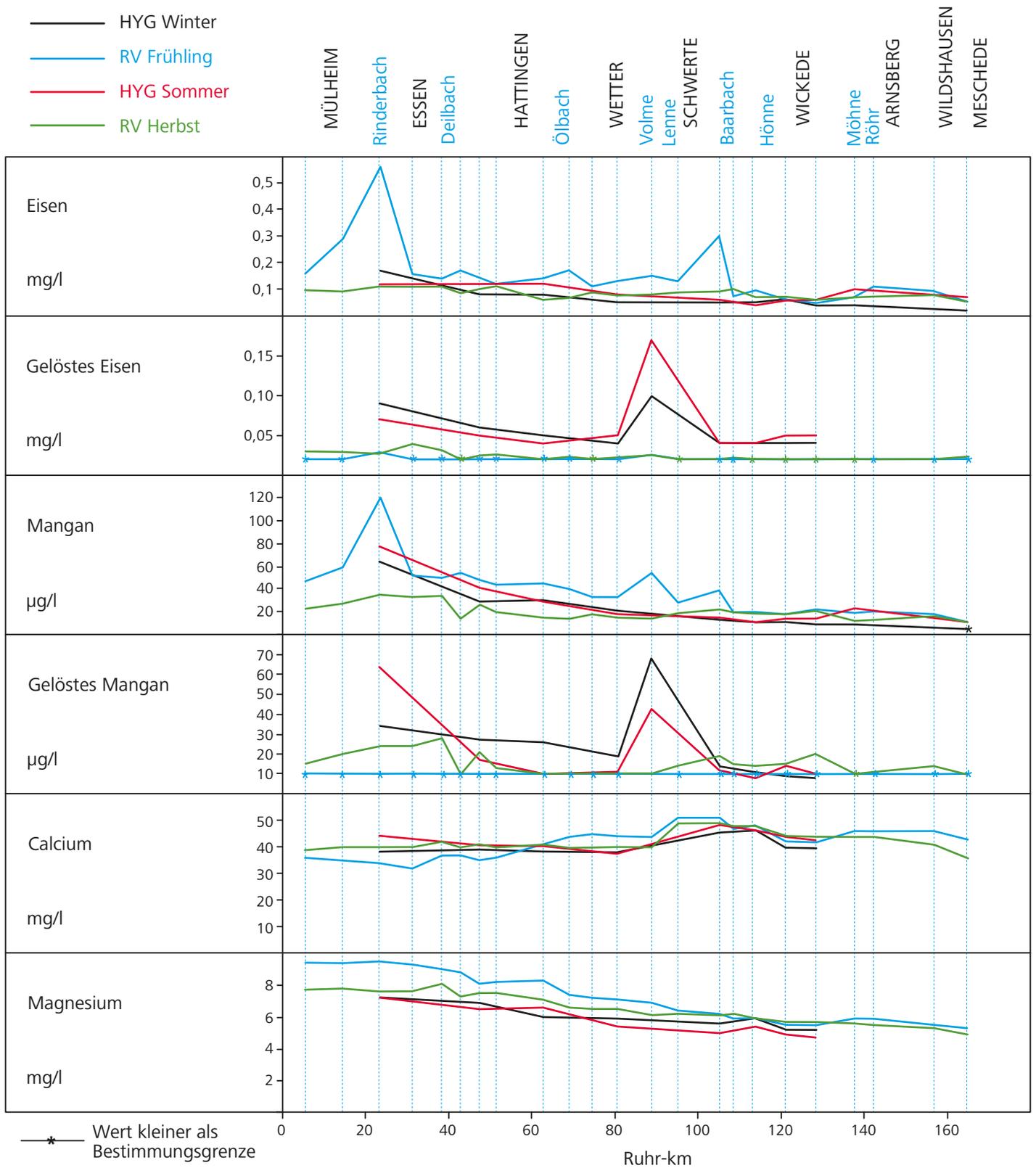


Bild 22.5: Die Wasserbeschaffenheit der Ruhr nach Analysen des AWWR-Ausschusses „Wassergüte“
 Fig. 22.5: Water condition of the Ruhr according to analyses of the AWWR water quality committee



Bild 22.6: Die Wasserbeschaffenheit der Ruhr nach Analysen des AWWR-Ausschusses „Wassergüte“
 Fig. 22.6: Water condition of the Ruhr according to analyses of the AWWR water quality committee

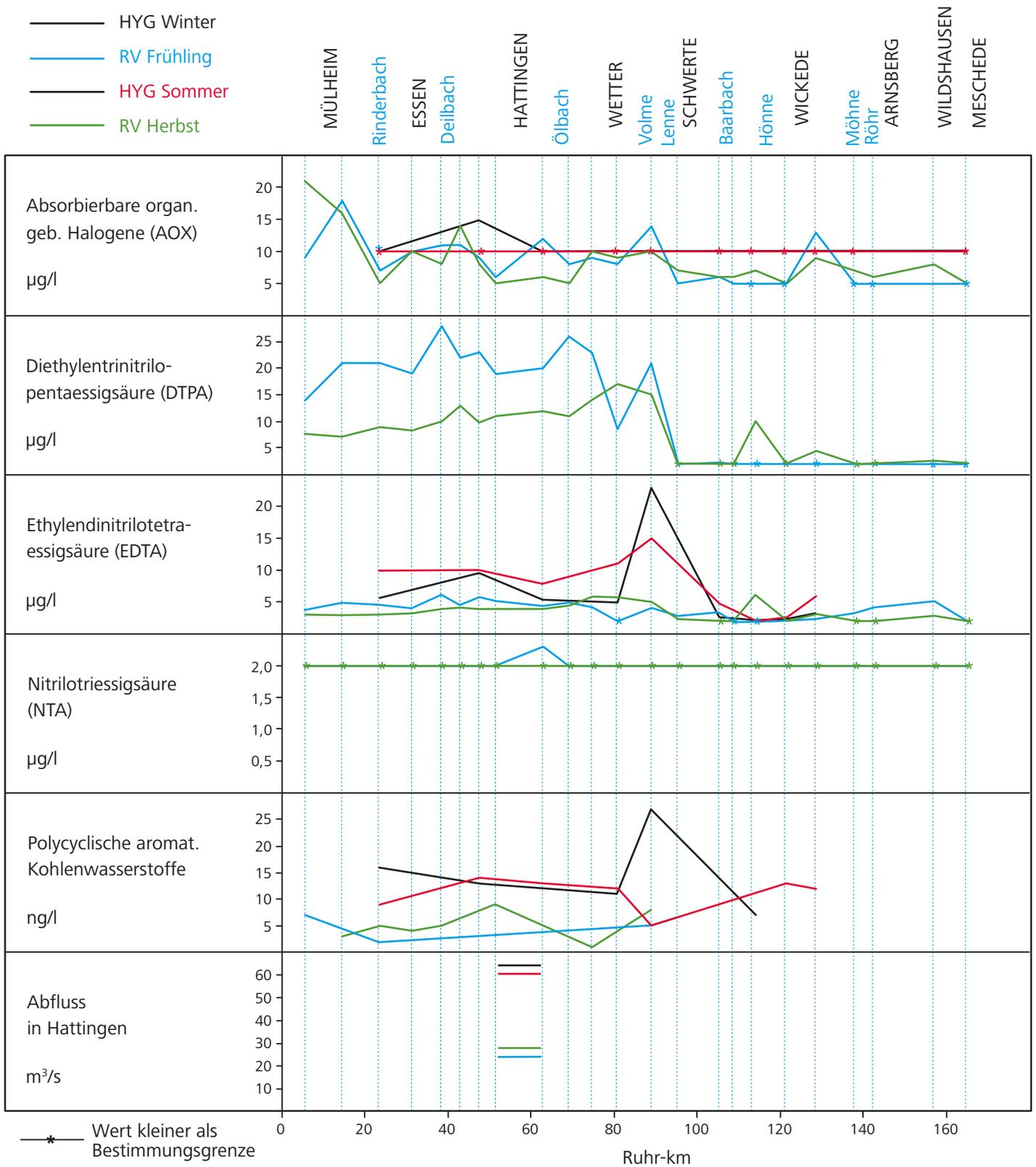


Bild 22.7: Die Wasserbeschaffenheit der Ruhr nach Analysen des AWWR-Ausschusses „Wassergüte“
 Fig. 22.7: Water condition of the Ruhr according to analyses of the AWWR water quality committee

Tabelle 22.4: Mittelwerte ausgewählter Güteparameter von acht Nebenflüssen der Ruhr
 Table 22.4: 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	13,8	14,1	10,3	10,4	10,6	9,5	8,9	8,0
pH-Wert		8,45	8,10	8,30	8,05	7,85	8,50	8,20	8,10
Elektrische Leitfähigkeit	µS/cm	717	2915	424	388	1255	609	364	365
Trübung	FNU	6,9	5,9	2,9	2,3	2,6	1,9	1,3	1,8
Spektr. Absorptionskoeff. bei 254 nm	l/m	4,8	10,3	5,0	3,9	10,1	2,8	7,9	3,2
Spektr. Absorptionskoeff. bei 436 nm	l/m	0,35	0,65	0,35	0,25	0,65	0,25	0,35	0,25
Biochem. Sauerstoffbedarf in 5 Tagen	mg/l	1,9	5,4	< 3,0	< 3,0	1,5	0,8	0,8	1,2
Chemischer Sauerstoffbedarf (CSB)	mg/l	12,0	31,8	7,3	7,9	17,7	5,8	8,3	4,7
Gelöster organ. gebund. Kohlenstoff (DOC)	mg/l	3,3	4,9	2,1	1,7	5,0	1,5	3,1	1,6
Gelöster Sauerstoff	mg/l	10,4	11,5	11,3	10,2	10,7	11,4	11,0	11,2
Chlorophyll-a	µg/l	33,5	69,5	1,2	1,7	< 1,0	3,3	1,2	1,2
Gesamter gelöster Phosphor als PO4	mg/l	0,25	0,48	0,23	0,13	0,61	0,18	< 0,1	0,06
Borat-Bor	mg/l	0,09	0,43	0,08	< 0,05	0,26	0,09	0,02	0,02
Ethylendinitrietetraessigsäure (EDTA)	µg/l	5,5	12,2	3,9	3,2	13,0	< 2,0	< 2,0	< 2,0
Nitritotriessigsäure (NTA)	µg/l	< 2,0	< 2,0	< 2,0	< 2,0	< 2,0	< 2,0	< 2,0	< 2,0
Diethylentriaminoethylpentaessigsäure (DTPA)	µg/l	2,3	12,6	< 2,0	< 2,0	< 2,0	< 2,0	< 2,0	2,4
Ammonium	mg/l	0,05	0,41	0,02	0,02	0,03	0,03	< 0,01	0,05
Nitrat	mg/l	8,9	13,3	16,4	12,8	24,8	19,8	11,1	13,7
Nitrit	mg/l	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2
Organisch gebundener Stickstoff	mg/l	0,28	1,20	< 0,40	< 0,40	0,78	< 0,20	< 0,20	< 0,20
Mangan	µg/l	24	110	10	15	75	12	14	13
Gelöstes Mangan	µg/l	< 10	78	< 10	< 10	64	< 10	< 10	< 10
Eisen	mg/l	0,18	0,22	0,08	0,07	0,14	0,05	0,04	0,05
Gelöstes Eisen	mg/l	< 0,02	< 0,02	0,03	0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02
Natrium	mg/l	44	415	25	22	68	40	21	11
Kalium	mg/l	7,3	18,0	3,0	2,3	13,5	3,8	2,1	2,0
Magnesium	mg/l	12,5	26,5	6,1	7,2	13,0	7,1	5,0	5,9
Calcium	mg/l	68	71	32	35	135	76	36	46
Barium	µg/l	12	310	34	26	24	37	22	35
Kupfer	µg/l	2,2	2,0	< 5,0	< 5,0	5,4	2,4	1,4	1,5
Nickel	µg/l	2,7	4,4	2,3	2,7	12,0	2,3	2,2	2,7
Chrom	µg/l	< 1,0	< 1,0	< 1,0	< 1,0	< 1,0	< 1,0	< 1,0	< 1,0
Zink	µg/l	11	9	< 10	13	44	11	2	4
Blei	µg/l	2,0	0,5	1,1	< 1,0	0,5	0,3	0,1	0,5
Cadmium	µg/l	0,07	< 0,1	< 0,1	< 0,1	0,13	< 0,1	< 0,1	< 0,1
Chlorid	mg/l	78	690	45	45	210	61	30	16
Sulfat	mg/l	57	120	63	34	120	44	23	34
Fluorid	mg/l	0,13	0,23	0,08	0,08	0,19	0,10	0,09	0,07
Polycyclische aromat. Kohlenwasserstoffe	ng/l	7	5	13	29				5
Adsorb. org. geb. Halogene (AOX)	µg/l	9	15	< 10	< 10	13	< 10	< 5	< 5
Coliforme Bakterien	1/100 ml	2300	1190	2480	650	17150	3600	785	3650

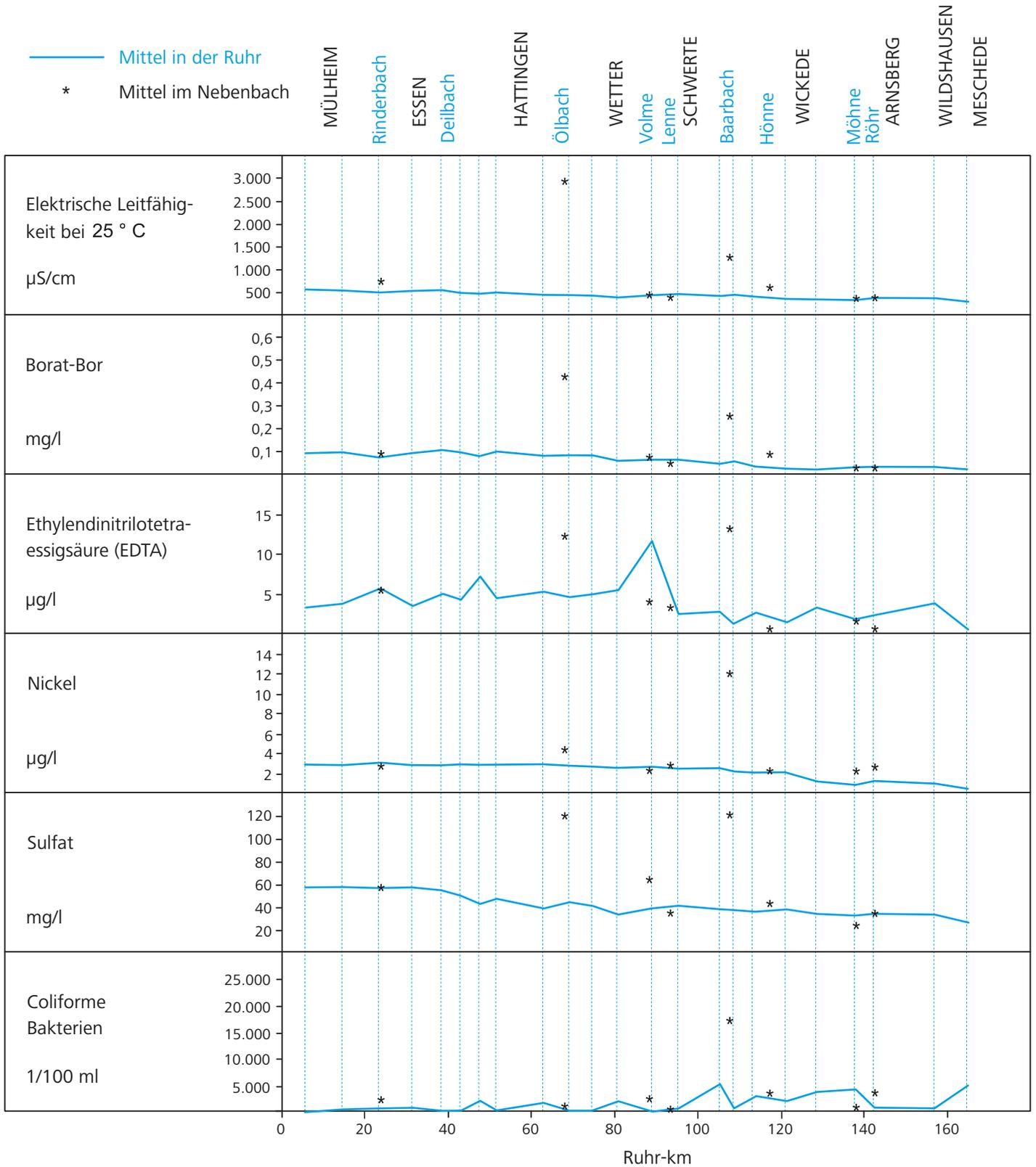


Bild 22.8: Die Wasserbeschaffenheit der Ruhr und ihrer Nebenbachmündungen anhand von sechs ausgesuchten Gütemerkmalen
 Fig. 22.8: Water condition of the Ruhr and its tributaries at their inflows indicated by six selected parameters

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	50	49	133	53	57	51	49	51	117	53
Arith. Jahresmittel	12,7	13,5	13,2	13,0	12,8	12,1	11,6	11,4	10,5	11,6
Geom. Jahresmittel	11,2	12,2	11,6	11,5	11,3	10,8	10,2	10,2	9,2	10,4
Geom. Sommermittel	17,6	18,2	17,7	17,7	17,4	16,2	15,8	15,0	14,2	15,3
Geom. Wintermittel	7,1	8,0	7,0	7,1	7,3	7,1	6,5	6,6	6,0	7,0
Maximalwert	21,3	21,7	22,1	21,7	21,6	20,3	19,4	18,1	18,5	18,6
Datum des Max.	11.07	06.06	13.07	11.07	06.06	11.07	08.08	Mehrere	15.08	05.09
90-Perzentil	19,3	19,7	20,0	19,4	18,9	17,9	18,1	17,4	16,0	17,4
50-Perzentil	13,1	14,5	14,8	13,9	14,2	12,4	12,4	12,5	11,2	12,3
10-Perzentil	5,5	5,9	4,9	5,7	6,0	5,4	4,8	5,5	3,9	5,3
Minimalwert	2,5	3,7	2,4	1,7	3,1	2,3	2,9	2,5	1,4	2,0
Datum des Min.	03.01	03.01	02.02	22.02	Mehrere	02.02	21.02	21.02	31.01	31.01

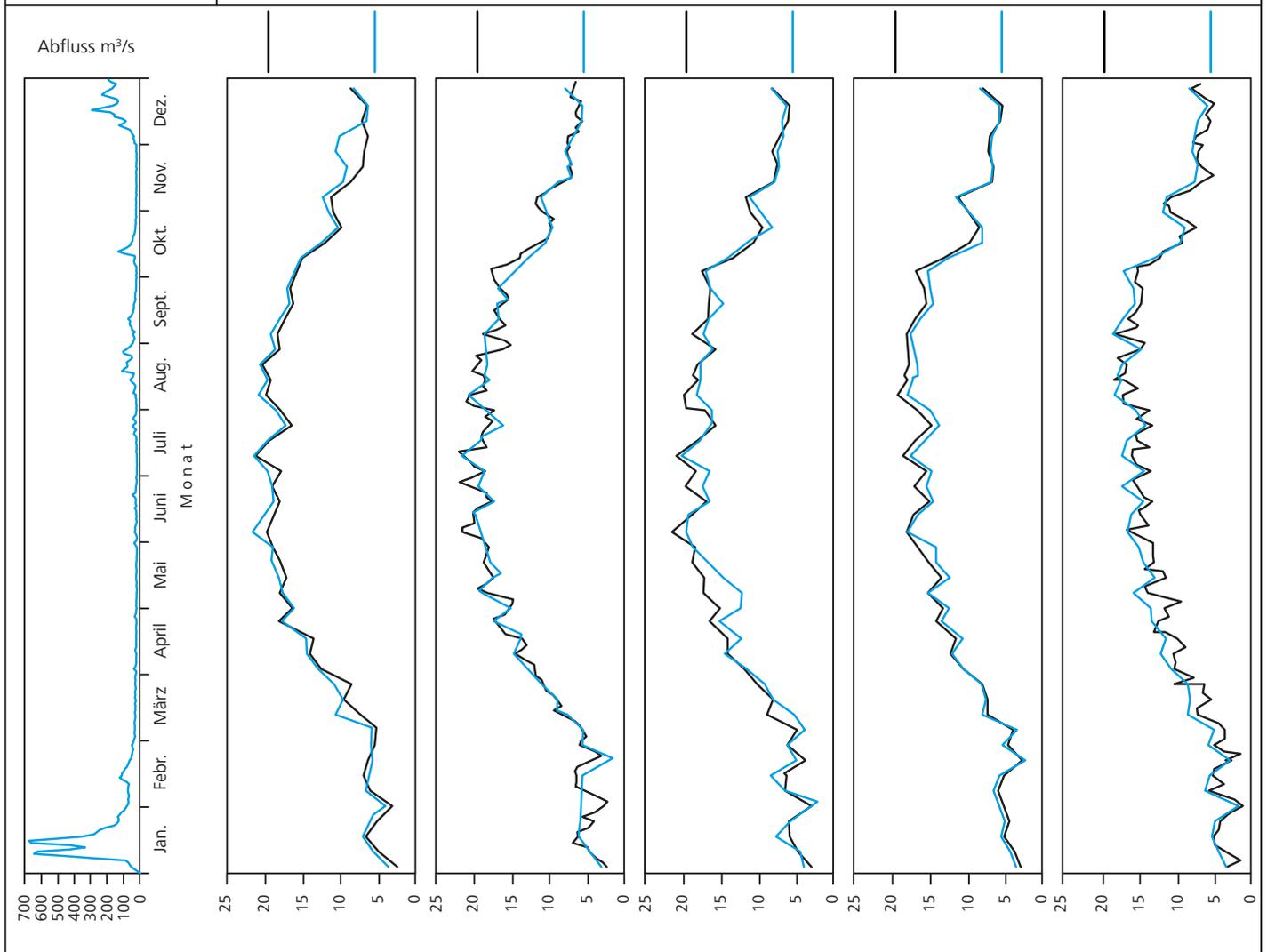


Bild 22.9: Analysenstatistik verschiedener Kenngrößen im Ruhrwasser
 Fig. 22.9: Statistics on the analysis of selected parameters in Ruhr water

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	50	49	133	2	48	51	48	48	117	48
Arith. Jahresmittel	524	526	493	513	374	400	395	371	365	331
Geom. Jahresmittel	509	511	483	513	368	393	391	368	364	329
Geom. Sommermittel	560	560	523	497	392	413	413	386	374	344
Geom. Wintermittel	462	464	448	529	346	374	371	350	353	314
Maximalwert	681	681	664	529	441	474	472	426	431	404
Datum des Max.	24.05	28.11	16.05	22.11	16.05	21.11	04.04	14.03	14.07	04.04
90-Perzentil	652	652	607	526	431	458	443	419	405	368
50-Perzentil	568	566	511	513	392	431	408	384	370	340
10-Perzentil	366	354	353	500	262	294	311	298	317	279
Minimalwert	272	275	272	497	227	235	261	253	270	239
Datum des Min.	Mehrere	19.12	14.01	10.05	Mehrere	27.12	10.01	10.01	Mehrere	10.01

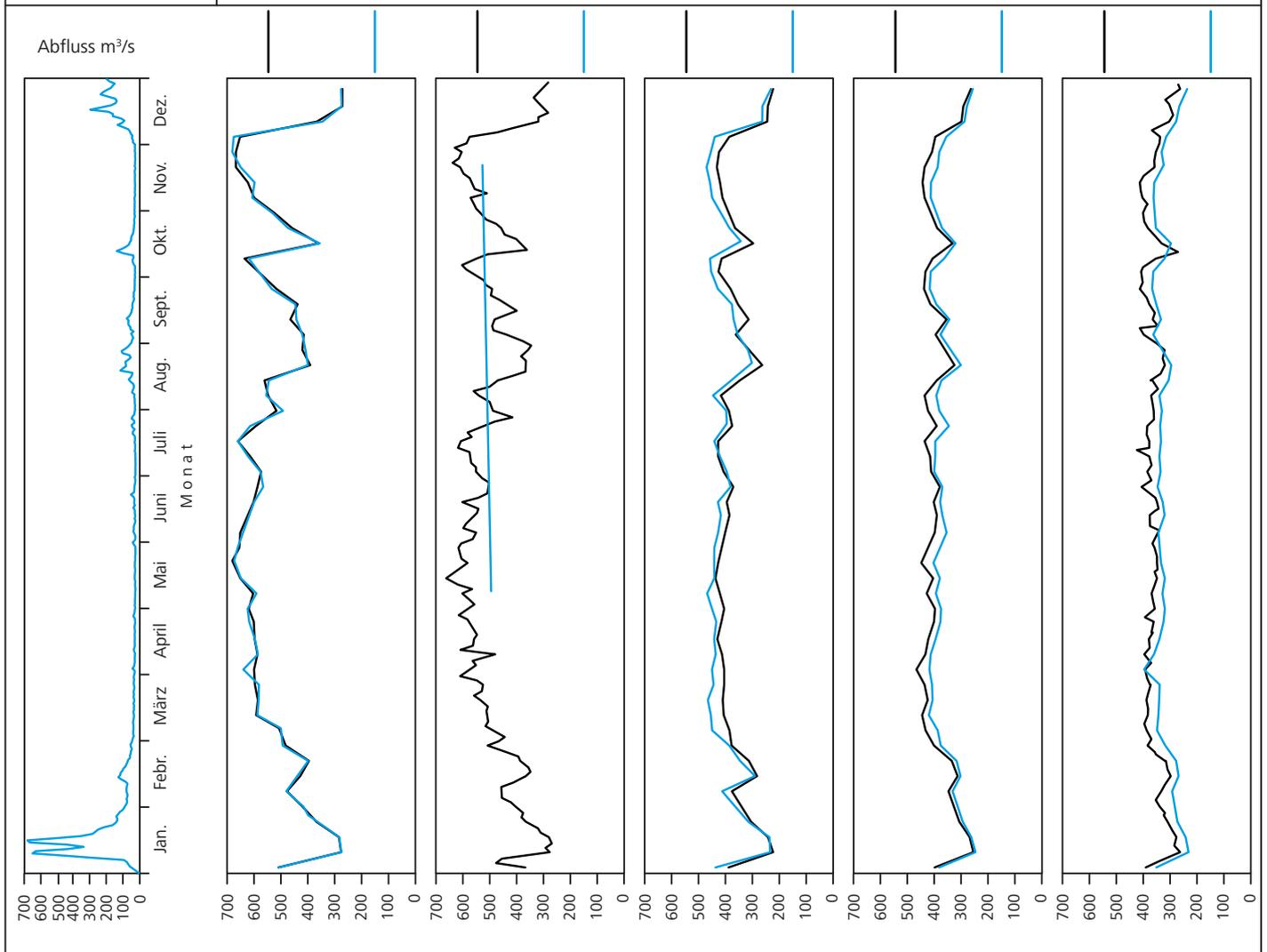


Bild 22.10: Analysenstatistik verschiedener Kenngrößen im Ruhrwasser
 Fig. 22.10: Statistics on the analysis of selected parameters in Ruhr water

Kenngröße: pH-Wert

Einheit:

Zielwert:

Probenahmestelle Ruhr-km	Styrum 11,35	Kettwig 23,47	Rellingh. 42,76	Stiepel 62,95	Witten 71,91	Hengstey 88,75	Westhof. 95,15	Hengsen 108,39	Warmen 121,17	Echthau. 128,31
Anzahl der Werte	50	49	133	2	48	51	48	48	117	48
Arith. Jahresmittel	7,82	7,79	8,02	8,31	7,90	7,99	7,84	7,87	7,92	7,92
Geom. Jahresmittel	7,81	7,78	8,01	8,30	7,89	7,98	7,84	7,87	7,92	7,92
Geom. Sommermittel	7,80	7,76	8,07	8,77	8,01	8,14	7,88	7,86	7,90	7,90
Geom. Wintermittel	7,82	7,80	7,94	7,85	7,77	7,82	7,80	7,88	7,93	7,94
Maximalwert	8,90	8,78	9,10	8,77	8,93	8,97	8,42	8,25	8,41	8,61
Datum des Max.	11.04	11.04	Mehrere	10.05	18.04	11.07	11.07	07.03	28.03	21.03
90-Perzentil	8,31	8,18	8,60	8,68	8,18	8,39	7,99	8,00	8,03	8,22
50-Perzentil	7,76	7,72	7,90	8,31	7,81	7,95	7,80	7,86	7,90	7,83
10-Perzentil	7,50	7,53	7,70	7,94	7,69	7,60	7,72	7,77	7,79	7,73
Minimalwert	7,29	7,43	7,50	7,85	7,63	7,27	7,68	7,55	7,63	7,57
Datum des Min.	14.02	17.01	12.01	22.11	10.01	12.09	Mehrere	23.05	15.08	06.06

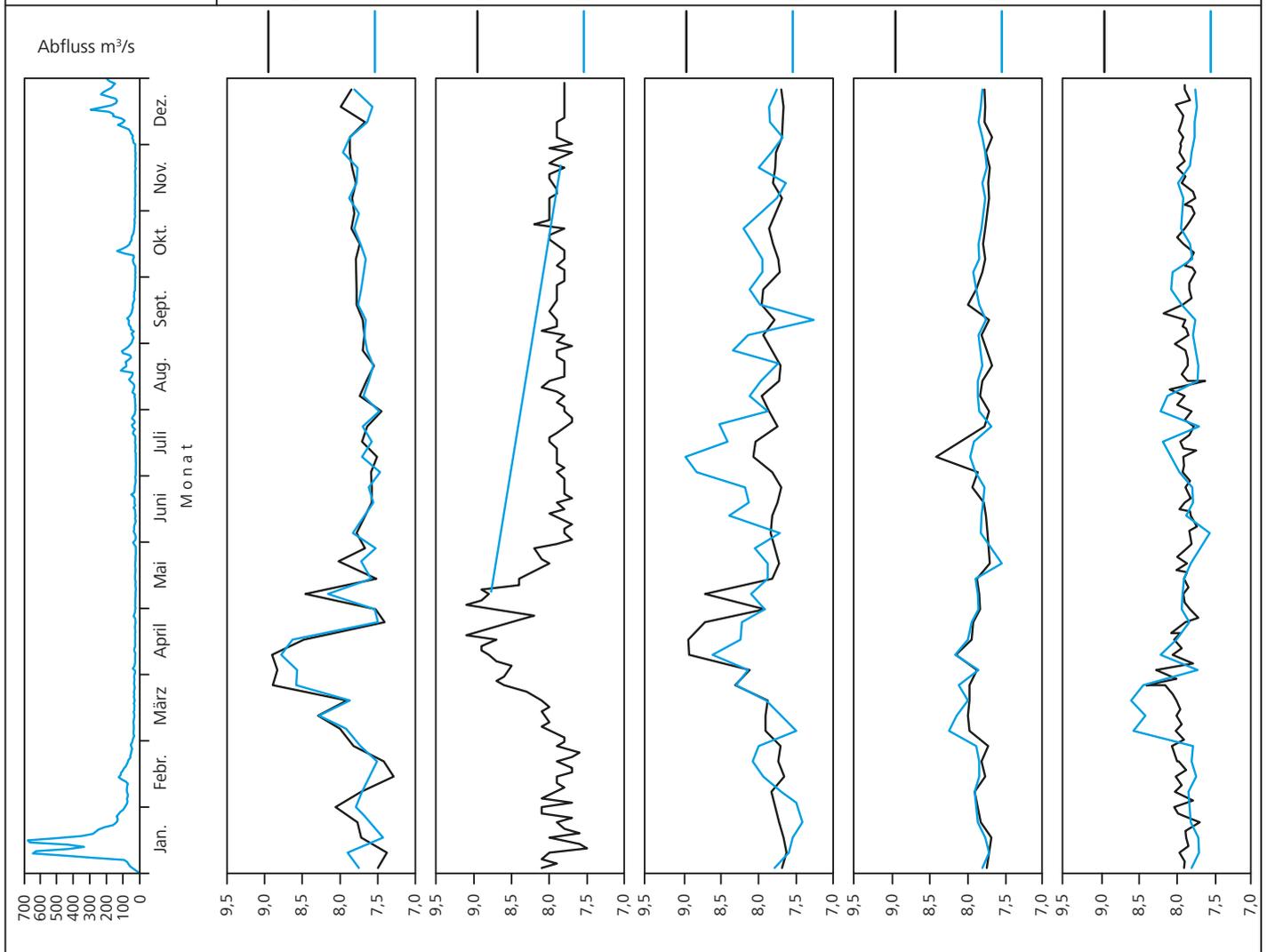


Bild 22.11: Analysenstatistik verschiedener Kenngrößen im Ruhrwasser
 Fig. 22.11: Statistics on the analysis of selected parameters in Ruhr water

Kenngröße: Trübung

Einheit: FNU

Zielwert:

Probenahmestelle Ruhr-km	Styrum 11,35	Kettwig 23,47	Rellingh. 42,76	Stiepel 62,95	Witten 71,91	Hengstey 88,75	Westhof. 95,15	Hengsen 108,39	Warmen 121,17	Echthau. 128,31
Anzahl der Werte	50	49	133		24	51	24	24	118	24
Arith. Jahresmittel	7,4	8,4	7,3		3,2	4,0	7,3	6,8	4,4	2,7
Geom. Jahresmittel	3,7	4,6	4,5		2,4	2,7	3,4	3,5	2,7	2,0
Geom. Sommermittel	3,6	5,1	5,0		2,4	1,9	3,3	3,4	2,4	1,8
Geom. Wintermittel	3,8	4,1	4,0		2,4	3,8	3,5	3,6	3,0	2,1
Maximalwert	139,0	146,0	107,0		19,0	48,7	88,3	84,9	103,0	15,0
Datum des Max.	10.01	10.01	10.01		17.01	10.01	10.01	10.01	10.01	17.01
90-Perzentil	7,8	8,7	12,0		4,5	5,7	8,3	6,4	6,4	5,0
50-Perzentil	3,5	4,9	4,2		2,0	2,7	2,7	2,8	2,2	1,9
10-Perzentil	1,1	2,4	1,5		1,3	1,2	1,3	1,6	1,4	0,9
Minimalwert	1,0	0,1	0,7		1,1	0,6	1,0	1,4	1,0	0,8
Datum des Min.	26.09	28.11	02.11		21.11	11.07	28.02	28.11	24.11	01.08

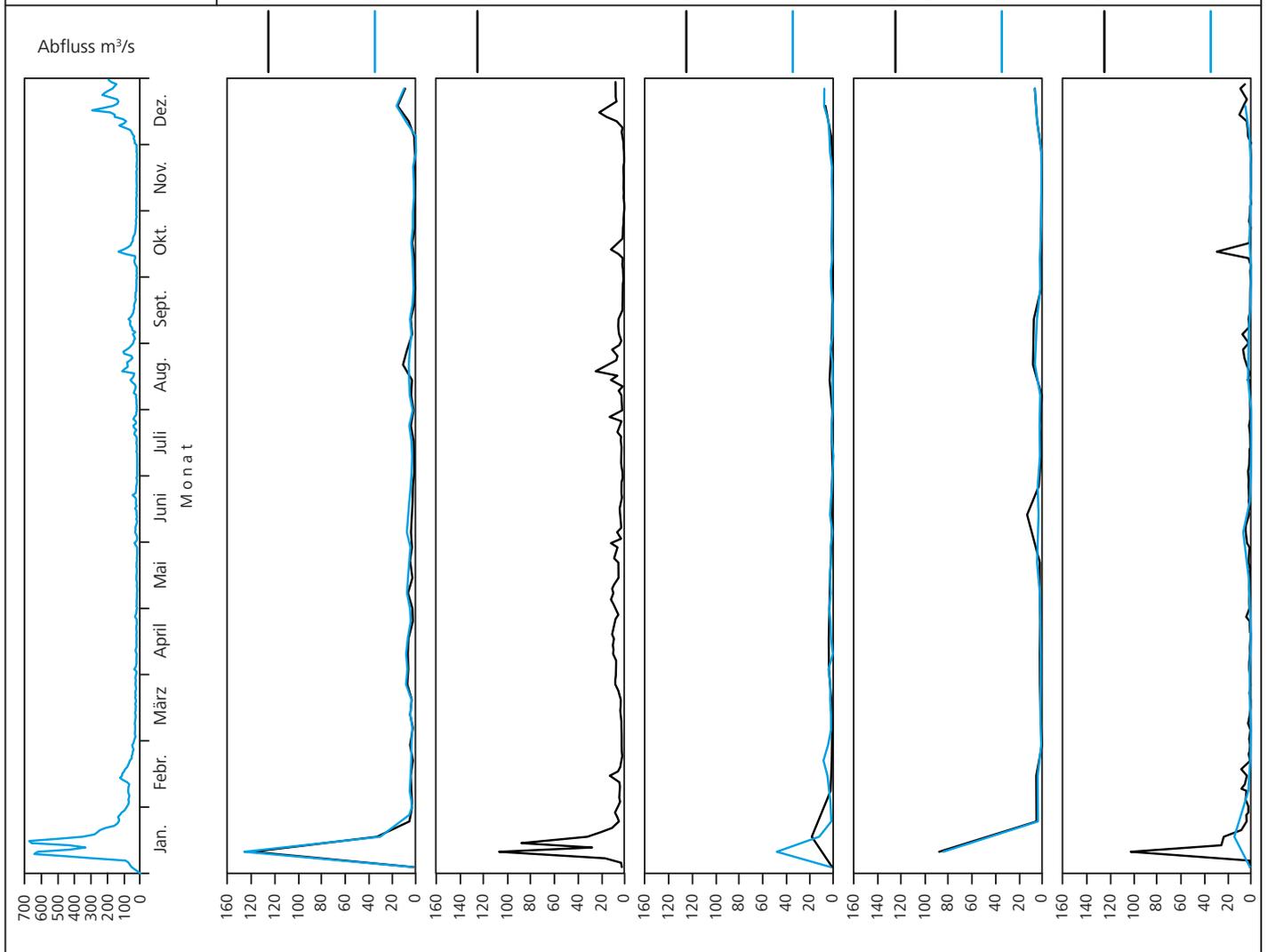


Bild 22.12: Analysenstatistik verschiedener Kenngrößen im Ruhrwasser
 Fig. 22.12: Statistics on the analysis of selected parameters in Ruhr water

Kenngroße: 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	12	12	87		24	51	24	24	12	36
Arith. Jahresmittel	10,5	9,1	27,9		16,2	11,3	< 5,0	< 5,0	2,8	< 5,0
Geom. Jahresmittel	4,5	3,6	4,4		< 5,0	6,6	< 5,0	< 5,0	2,1	< 5,0
Geom. Sommermittel	8,0	7,4	4,4		6,0	10,5	< 5,0	< 5,0	2,7	< 5,0
Geom. Wintermittel	2,5	1,7	4,2		< 5,0	< 5,0	< 5,0	< 5,0	1,7	< 5,0
Maximalwert	59,6	50,9	208,0		129,6	42,0	25,4	19,7	7,6	9,0
Datum des Max.	04.04	04.04	18.04		11.04	11.04	04.04	21.11	28.03	11.04
90-Perzentil	22,0	19,0	106,8		66,6	30,0	13,4	9,2	5,2	5,2
50-Perzentil	2,6	2,6	2,0		< 5,0	8,9	< 5,0	< 5,0	2,6	< 5,0
10-Perzentil	1,2	1,2	< 1,0		< 5,0	< 5,0	< 5,0	< 5,0	1,0	< 5,0
Minimalwert	1,2	< 1,0	< 1,0		< 5,0	< 5,0	< 5,0	< 5,0	< 1,0	< 5,0
Datum des Min.	Mehrere	05.12	Mehrere		Mehrere	Mehrere	Mehrere	Mehrere	25.02	Mehrere

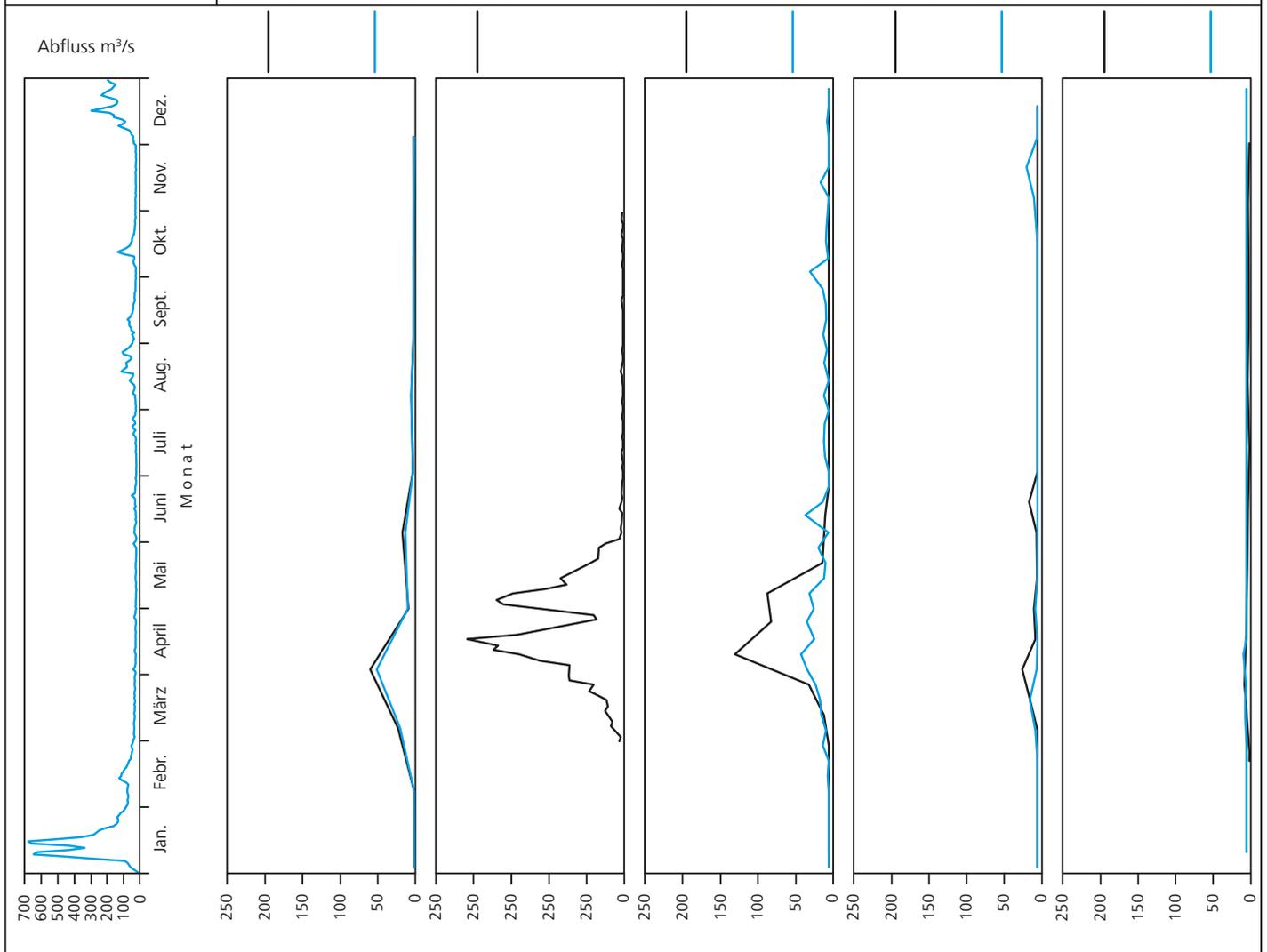


Bild 22.13: Analysenstatistik verschiedener Kenngrößen im Ruhrwasser
 Fig. 22.13: Statistics on the analysis of selected parameters in Ruhr water

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 62,95	Witten 71,91	Hengstey 88,75	Westhof. 95,15	Hengsen 108,39	Warmen 121,17	Echthau. 128,31
Anzahl der Werte	49	48	34	10	52	51	36	36	131	52
Arith. Jahresmittel	5557	3135	4722	709	3326	1651	8737	10656	4087	2791
Geom. Jahresmittel	2384	904	634	359	996	445	2808	2746	1051	1038
Geom. Sommermittel	2332	920	621	417	1086	204	2287	2943	918	1102
Geom. Wintermittel	2435	888	645	287	914	1002	3449	2563	1166	977
Maximalwert	24200	24200	31000	3400	56000	16000	85000	97000	64000	32000
Datum des Max.	Mehrere	Mehrere	14.02	19.01	25.07	05.12	22.08	22.08	01.06	25.07
90-Perzentil	19900	7651	17010	1150	7590	5600	14500	31500	10000	6870
50-Perzentil	2050	768	750	300	700	450	2350	1600	800	1050
10-Perzentil	477	159	25	100	200	60	575	500	160	101
Minimalwert	185	1	1	100	100	10	390	300	100	< 100
Datum des Min.	18.04	28.11	Mehrere	Mehrere	Mehrere	11.07	23.05	Mehrere	Mehrere	Mehrere

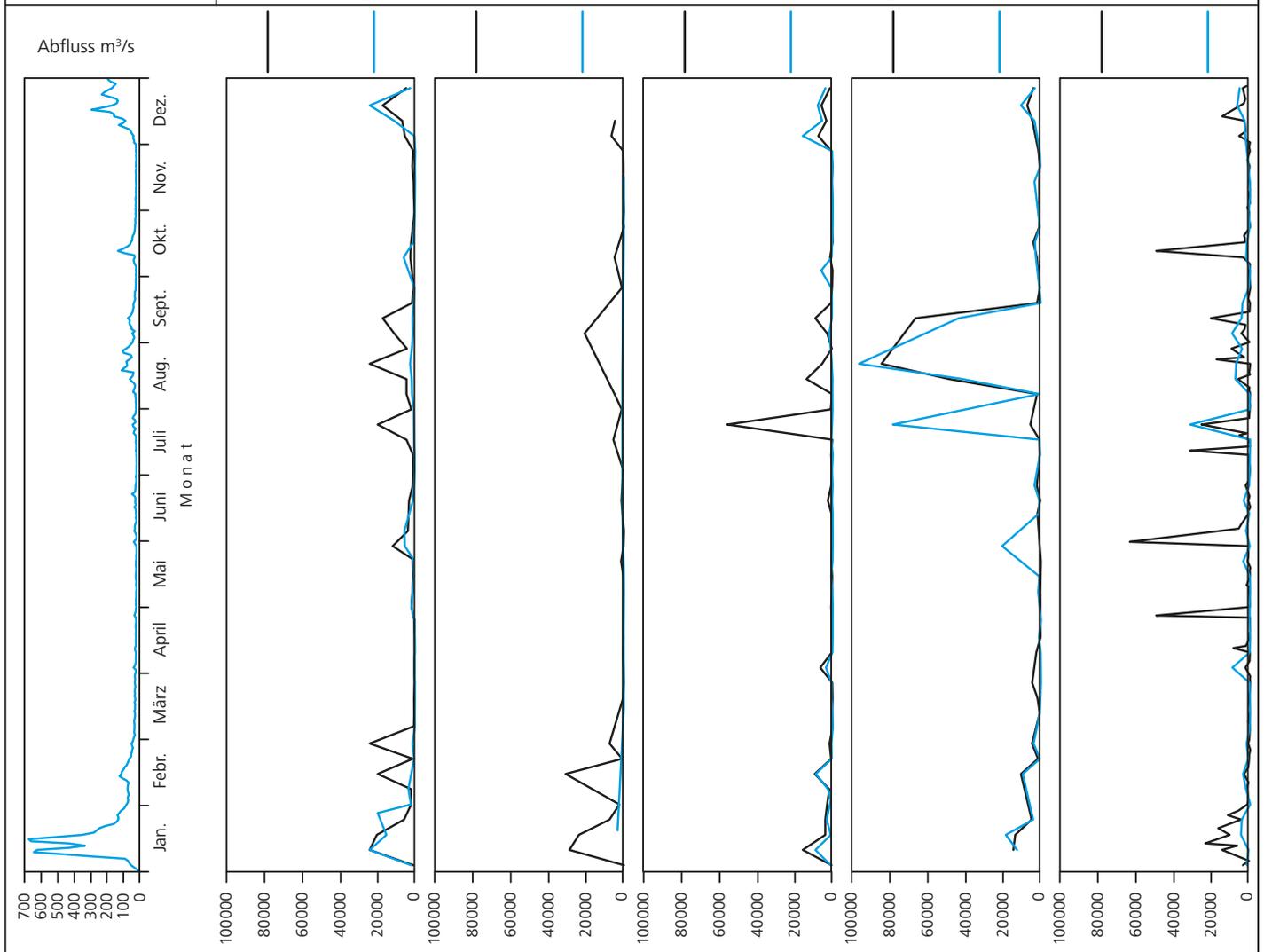


Bild 22.14: Analysenstatistik verschiedener Kenngrößen im Ruhrwasser
 Fig. 22.14: Statistics on the analysis of selected parameters in Ruhr water

Kenngröße: Gelöster Sauerstoff

Einheit: mg/l

Zielwert:

Probenahmestelle Ruhr-km	Styrum 11,35	Kettwig 23,47	Rellingh. 42,76	Stiepel 62,95	Witten 71,91	Hengstey 88,75	Westhof. 95,15	Hengsen 108,39	Warmen 121,17	Echthau. 128,31
Anzahl der Werte	50	49	133	2	48	51	48	48	65	48
Arith. Jahresmittel	9,1	9,4	10,4	13,6	10,8	10,0	10,1	9,7	10,6	9,9
Geom. Jahresmittel	8,7	8,8	10,1	13,5	10,6	9,9	9,9	9,6	10,5	9,8
Geom. Sommermittel	7,4	7,3	9,0	15,3	9,8	9,1	9,0	8,5	9,6	8,8
Geom. Wintermittel	10,2	10,8	11,7	12,0	11,5	10,7	11,0	10,8	11,5	11,0
Maximalwert	17,0	18,0	14,6	15,3	15,4	13,2	14,0	14,1	14,2	12,7
Datum des Max.	Mehrere	11.04	04.05	10.05	18.04	21.03	12.12	12.12	20.05	07.03
90-Perzentil	12,1	13,0	13,1	15,0	13,4	11,9	12,6	12,2	13,1	11,8
50-Perzentil	8,7	9,3	10,3	13,6	10,8	10,0	9,7	9,3	10,4	9,6
10-Perzentil	5,9	5,5	7,9	12,3	8,8	8,3	8,1	7,8	8,7	8,1
Minimalwert	4,5	4,3	6,7	12,0	6,9	6,3	7,3	6,6	7,9	7,0
Datum des Min.	26.04	30.05	06.06	22.11	16.05	23.08	05.09	05.09	30.06	04.04

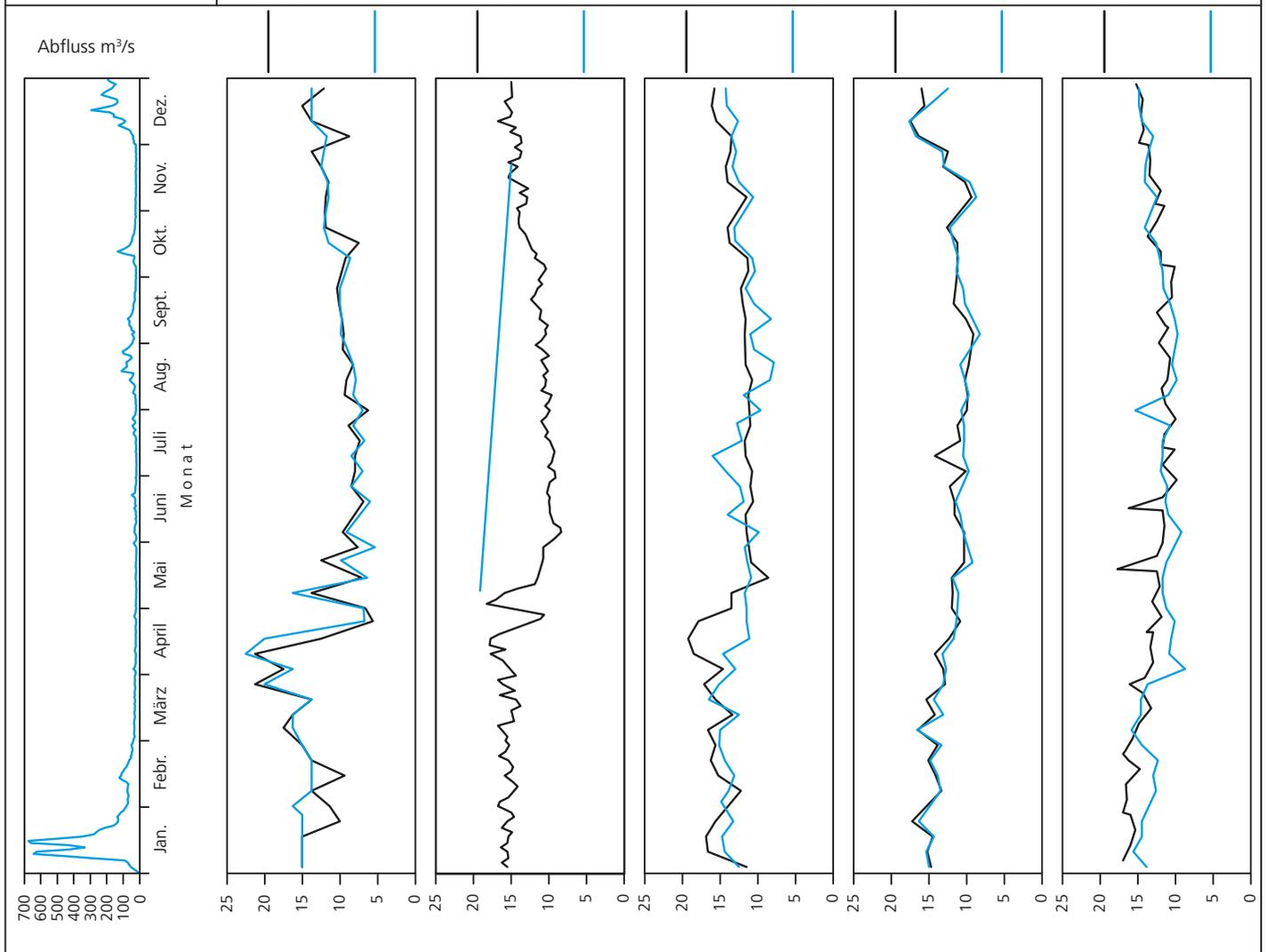


Bild 22.15: Analysenstatistik verschiedener Kenngrößen im Ruhrwasser
 Fig. 22.15: Statistics on the analysis of selected parameters in Ruhr water

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 62,95	Witten 71,91	Hengstey 88,75	Westhof. 95,15	Hengsen 108,39	Warmen 121,17	Echthau. 128,31
Anzahl der Werte	50	49	133		48	42	48	48	65	48
Arith. Jahresmittel	2,5	2,5	2,6		2,7	2,6	2,6	2,7	2,4	2,6
Geom. Jahresmittel	2,5	2,4	2,5		2,7	2,5	2,6	2,6	2,3	2,6
Geom. Sommermittel	2,9	2,8	3,0		3,0	2,6	2,8	2,9	2,5	2,8
Geom. Wintermittel	2,1	2,0	2,1		2,4	2,4	2,4	2,4	2,2	2,3
Maximalwert	3,6	3,6	5,1		3,6	3,3	3,3	3,8	4,8	3,6
Datum des Max.	26.04	26.04	08.04		22.08	04.07	Mehrere	01.08	13.10	04.04
90-Perzentil	3,3	3,3	3,5		3,1	3,0	3,1	3,0	2,9	3,0
50-Perzentil	2,5	2,4	2,5		2,9	2,6	2,7	2,7	2,4	2,6
10-Perzentil	1,8	1,8	1,8		2,1	2,2	2,2	2,2	1,8	2,1
Minimalwert	1,6	0,9	1,3		1,8	1,2	1,8	1,8	1,4	1,8
Datum des Min.	17.01	28.11	30.12		27.12	14.06	27.12	27.12	29.12	27.12

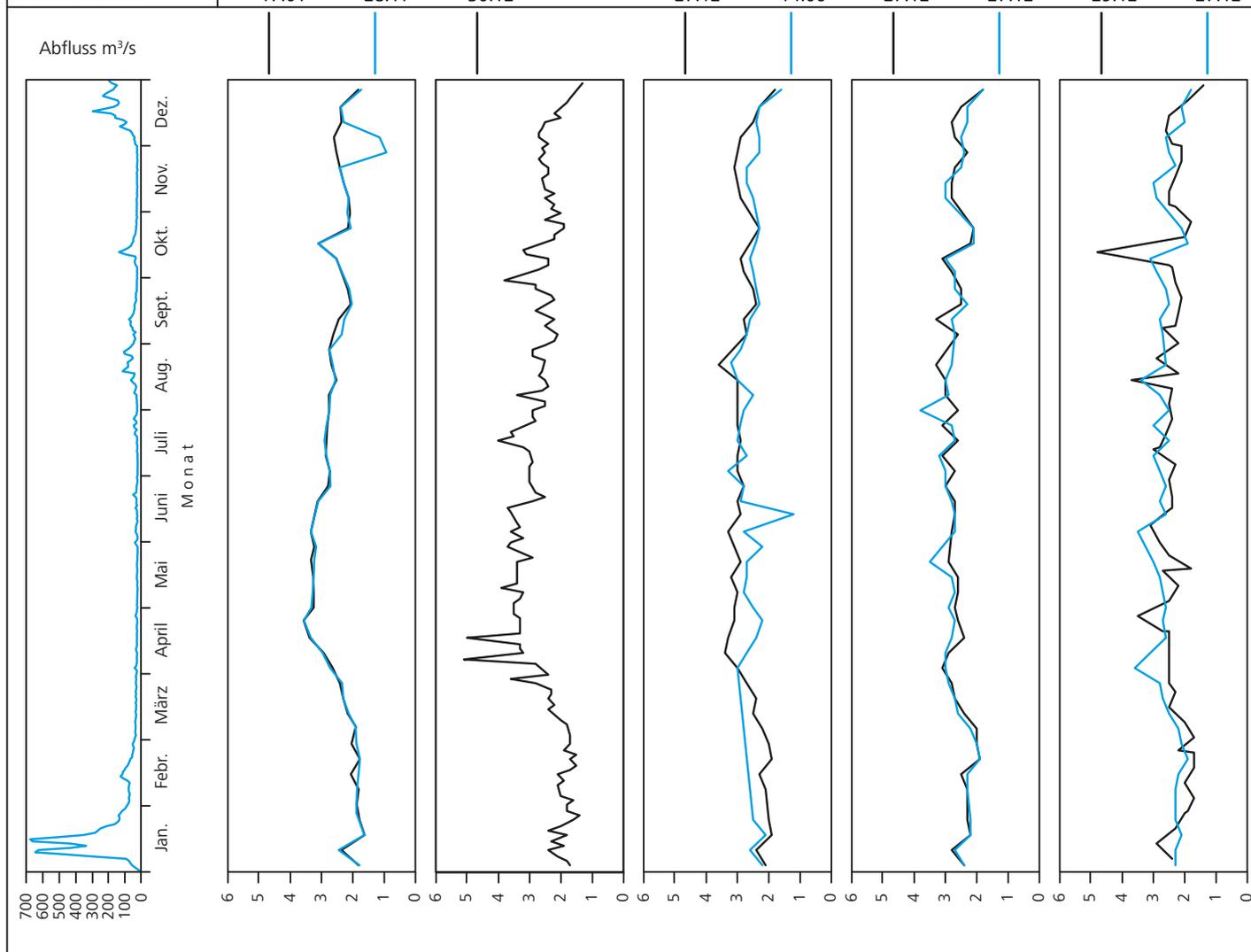


Bild 22.16: Analysenstatistik verschiedener Kenngrößen im Ruhrwasser
 Fig. 22.16: Statistics on the analysis of selected parameters in Ruhr water

Kenngröße: Spektraler Absorptionskoeffizient bei 254 nm

Einheit: 1/m

Zielwert:

Probenahmestelle Ruhr-km	Styrum 11,35	Kettwig 23,47	Rellingh. 42,76	Stiepel 62,95	Witten 71,91	Hengstey 88,75	Westhof. 95,15	Hengsen 108,39	Warmen 121,17	Echthau. 128,31
Anzahl der Werte	50	49	133	2	48	51	48	48	65	48
Arith. Jahresmittel	6,3	6,1	6,0	7,0	6,2	6,4	5,7	5,6	6,1	5,9
Geom. Jahresmittel	6,2	5,8	5,9	7,0	6,1	6,2	5,7	5,6	5,9	5,8
Geom. Sommermittel	7,1	7,0	6,7	6,8	6,9	7,1	6,2	6,2	6,3	6,5
Geom. Wintermittel	5,5	4,8	5,0	7,2	5,4	5,4	5,2	5,0	5,6	5,2
Maximalwert	9,9	9,9	9,8	7,2	9,5	10,0	8,6	7,6	16,4	8,5
Datum des Max.	17.10	17.10	14.10	22.11	22.08	23.08	22.08	25.07	13.10	15.08
90-Perzentil	7,6	7,6	7,5	7,2	7,3	8,0	6,5	6,7	7,3	6,9
50-Perzentil	6,7	6,7	6,3	7,0	6,6	6,6	5,8	5,8	6,1	6,1
10-Perzentil	4,3	4,2	4,2	6,8	4,4	4,4	4,7	4,7	4,7	4,8
Minimalwert	4,1	1,0	3,1	6,8	4,1	3,7	3,7	3,9	3,7	4,2
Datum des Min.	07.02	28.11	04.03	10.05	Mehrere	28.02	07.03	Mehrere	29.12	Mehrere

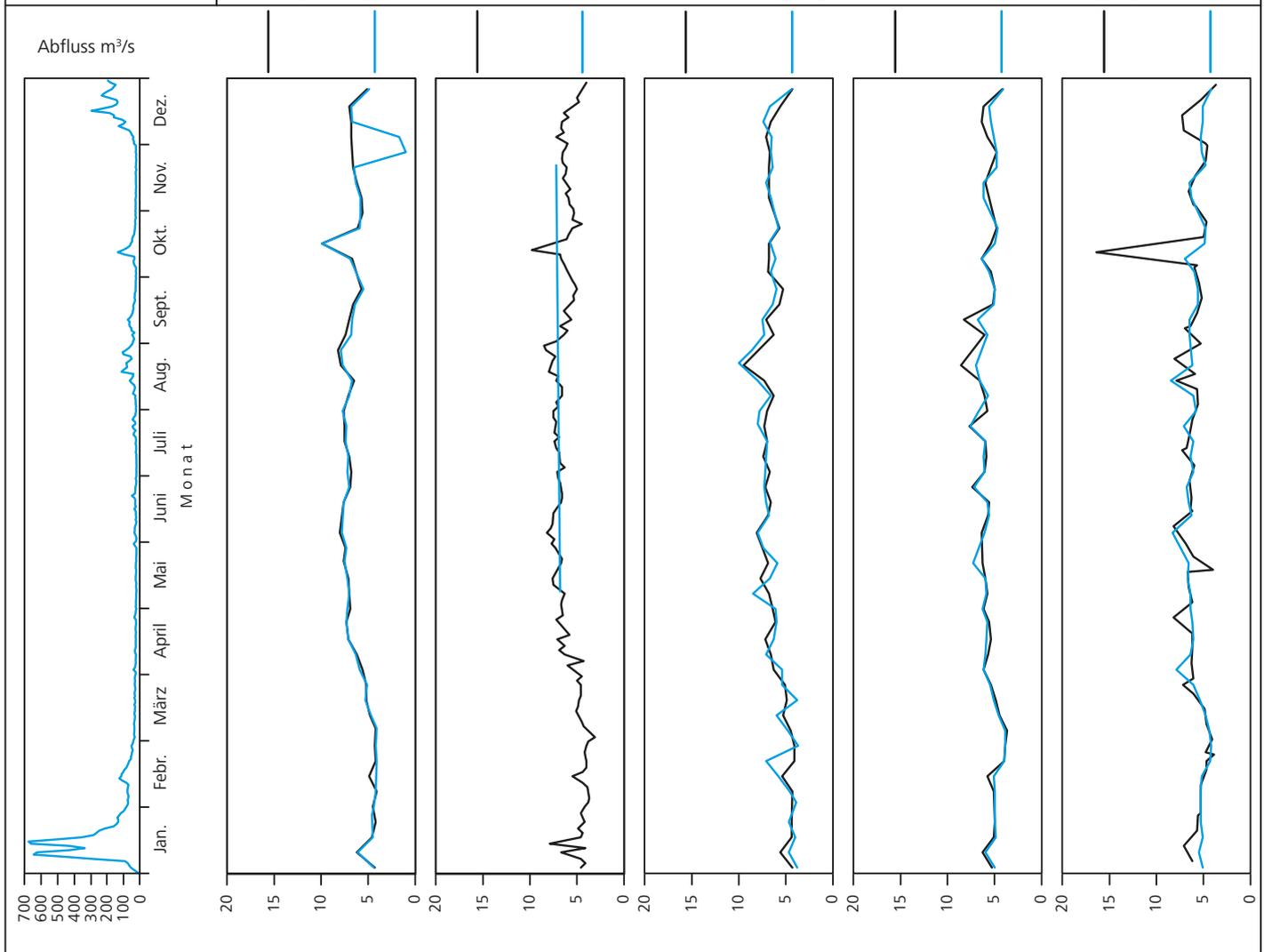


Bild 22.17: Analysenstatistik verschiedener Kenngrößen im Ruhrwasser
 Fig. 22.17: Statistics on the analysis of selected parameters in Ruhr water

Kenngröße: Spektraler Absorptionskoeffizient bei 436 nm

Einheit: 1/m

Zielwert:

Probenahmestelle Ruhr-km	Styrum 11,35	Kettwig 23,47	Rellingh. 42,76	Stiepel 62,95	Witten 71,91	Hengstey 88,75	Westhof. 95,15	Hengsen 108,39	Warmen 121,17	Echthau. 128,31
Anzahl der Werte			133			51			54	
Arith. Jahresmittel			0,33			0,38			0,34	
Geom. Jahresmittel			0,31			0,33			0,32	
Geom. Sommermittel			0,38			0,39			0,33	
Geom. Wintermittel			0,24			0,28			0,31	
Maximalwert			0,60			0,80			1,10	
Datum des Max.			14.10			23.08			13.10	
90-Perzentil			0,50			0,50			0,50	
50-Perzentil			0,40			0,40			0,30	
10-Perzentil			0,20			0,20			0,20	
Minimalwert			< 0,10			< 0,10			0,17	
Datum des Min.			Mehrere			Mehrere			05.05	

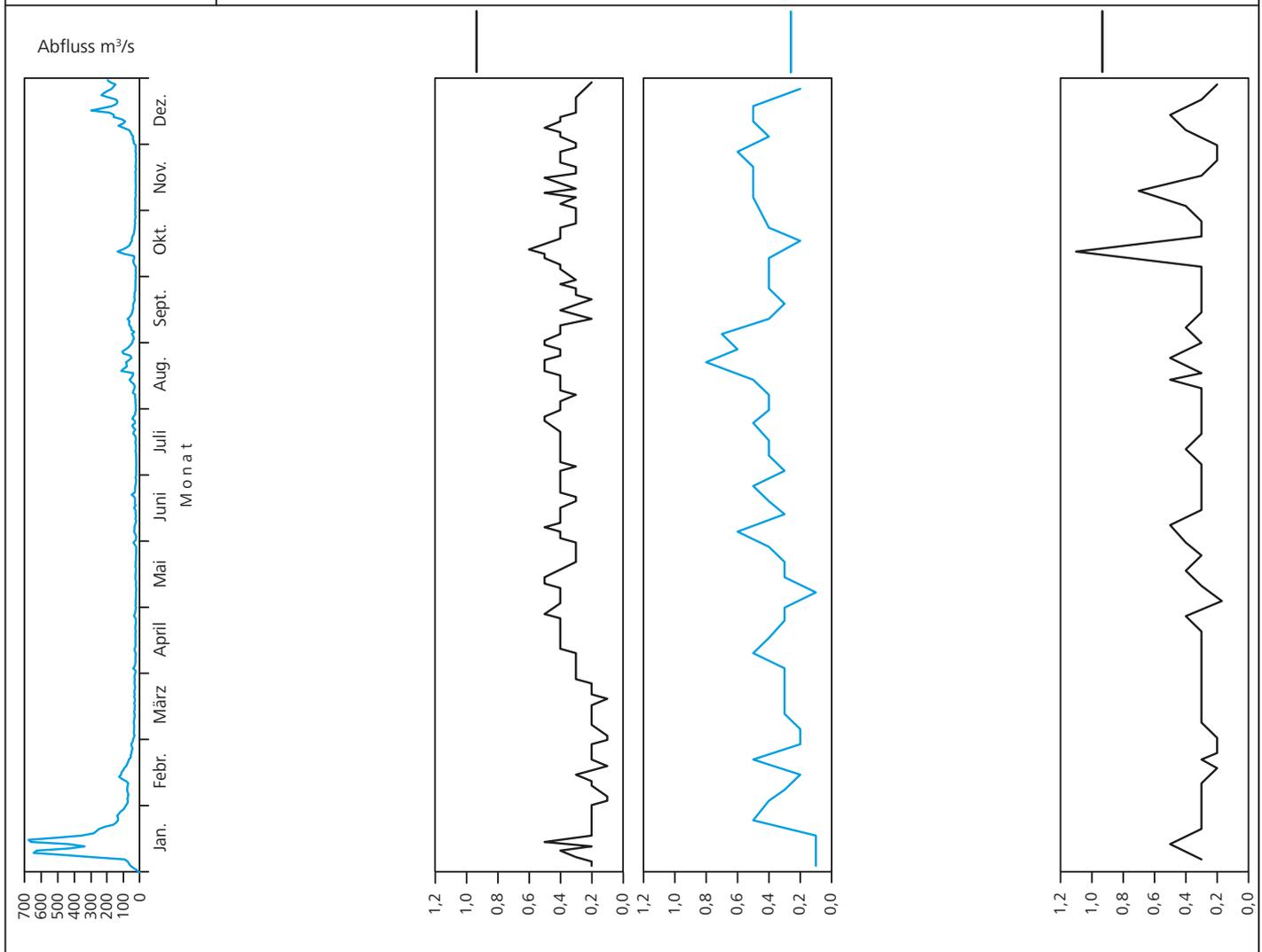


Bild 22.18: Analysenstatistik verschiedener Kenngrößen im Ruhrwasser
 Fig. 22.18: Statistics on the analysis of selected parameters in Ruhr water

Kenngröße: Ammonium

Einheit: mg/l

Zielwert: 0,6 mg/l

Probenahmestelle Ruhr-km	Styrum	Kettwig	Rellingh.	Stiepel	Witten	Hengstey	Westhof.	Hengsen	Warmen	Echthau.
	11,35	23,47	42,76	62,95	71,91	88,75	95,15	108,39	121,17	128,31
Anzahl der Werte	50	49	133	2	48	51	48	48	65	48
Arith. Jahresmittel	0,09	0,10	0,07	0,08	0,06	0,05	0,05	0,07	0,07	0,08
Geom. Jahresmittel	0,07	0,08	0,05	0,08	< 0,05	0,03	< 0,05	< 0,05	0,05	0,06
Geom. Sommermittel	0,08	0,10	0,04	0,11	< 0,05	0,03	< 0,05	0,06	0,05	0,09
Geom. Wintermittel	0,07	0,06	0,06	0,06	< 0,05	0,04	< 0,05	< 0,05	0,06	< 0,05
Maximalwert	0,30	0,27	0,28	0,11	0,20	0,25	0,23	0,29	0,25	0,27
Datum des Max.	26.04	26.04	03.01	10.05	03.01	07.02	03.01	03.01	28.04	06.06
90-Perzentil	0,17	0,20	0,17	0,10	0,14	0,12	0,11	0,14	0,13	0,13
50-Perzentil	0,08	0,08	0,05	0,08	0,05	0,03	0,05	0,06	0,05	0,08
10-Perzentil	0,03	0,04	0,01	0,06	< 0,05	< 0,02	< 0,05	< 0,05	0,02	< 0,05
Minimalwert	0,02	< 0,02	< 0,01	0,06	< 0,05	< 0,02	< 0,05	< 0,05	0,02	< 0,05
Datum des Min.	08.03	Mehrere	Mehrere	22.11	Mehrere	Mehrere	Mehrere	Mehrere	Mehrere	Mehrere

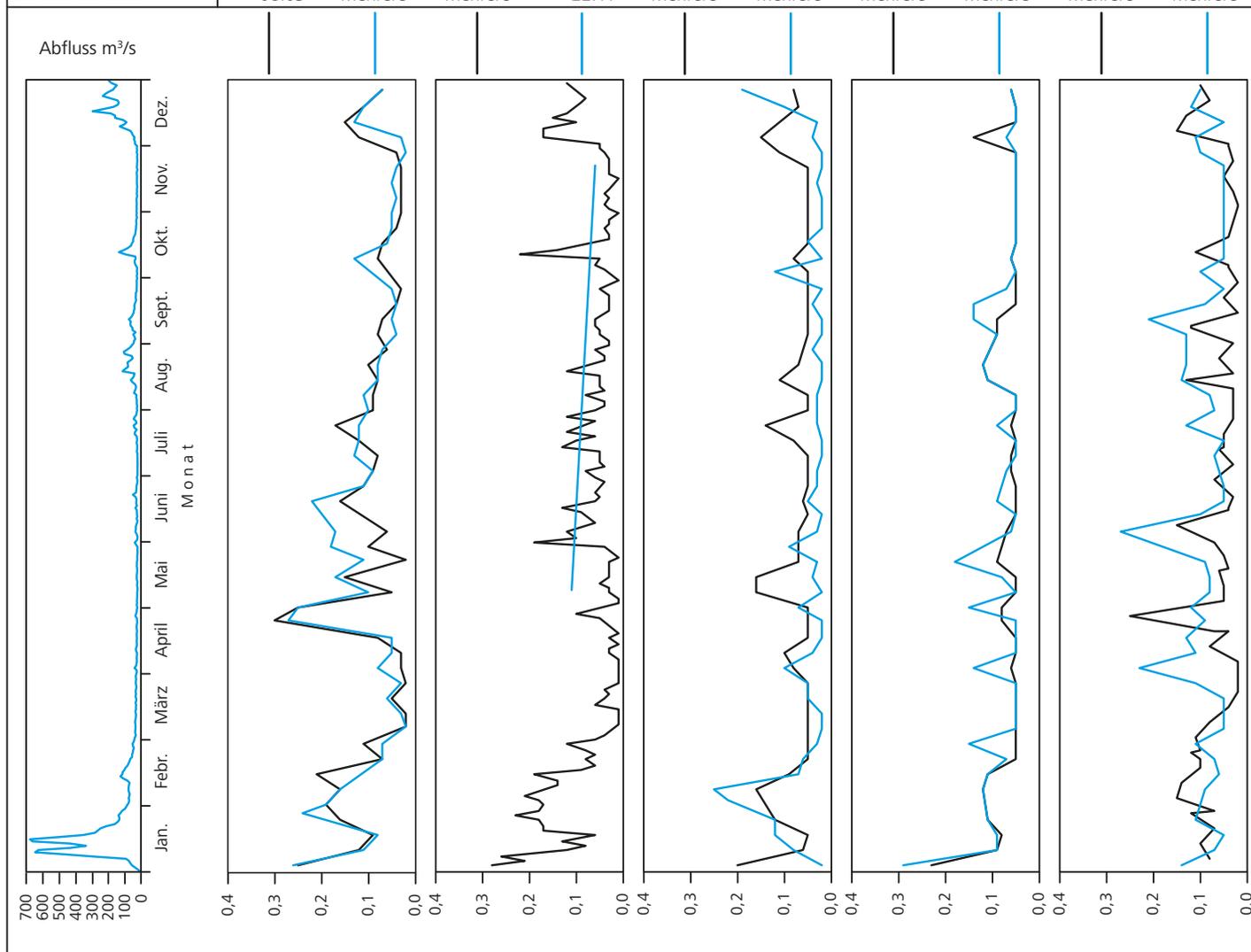


Bild 22.19: Analysenstatistik verschiedener Kenngrößen im Ruhrwasser
 Fig. 22.19: Statistics on the analysis of selected parameters in Ruhr water

Kenngröße: Nitrat
Zielwert: 25 mg/l

Einheit: mg/l

Probenahmestelle Ruhr-km	Styrum 11,35	Kettwig 23,47	Rellingh. 42,76	Stiepel 62,95	Witten 71,91	Hengstey 88,75	Westhof. 95,15	Hengsen 108,39	Warmen 121,17	Echthau. 128,31
Anzahl der Werte	50	49	134	2	48	51	48	48	65	48
Arith. Jahresmittel	12	12	13	10	13	12	15	15	13	13
Geom. Jahresmittel	12	12	13	10	13	12	15	14	13	13
Geom. Sommermittel	10	10	11	8	12	10	13	13	12	12
Geom. Wintermittel	14	14	14	12	15	13	16	16	13	14
Maximalwert	17	17	18	12	17	17	20	19	17	18
Datum des Max.	07.02	07.02	02.02	22.11	28.02	21.03	28.02	19.12	15.12	19.12
90-Perzentil	16	16	16	12	17	16	18	18	15	16
50-Perzentil	12	12	13	10	12	12	14	14	12	12
10-Perzentil	9	8	10	9	11	9	13	12	11	10
Minimalwert	6	5	8	8	10	5	11	11	10	9
Datum des Min.	16.05	16.05	Mehrere	10.05	11.07	15.08	Mehrere	04.10	06.10	04.10

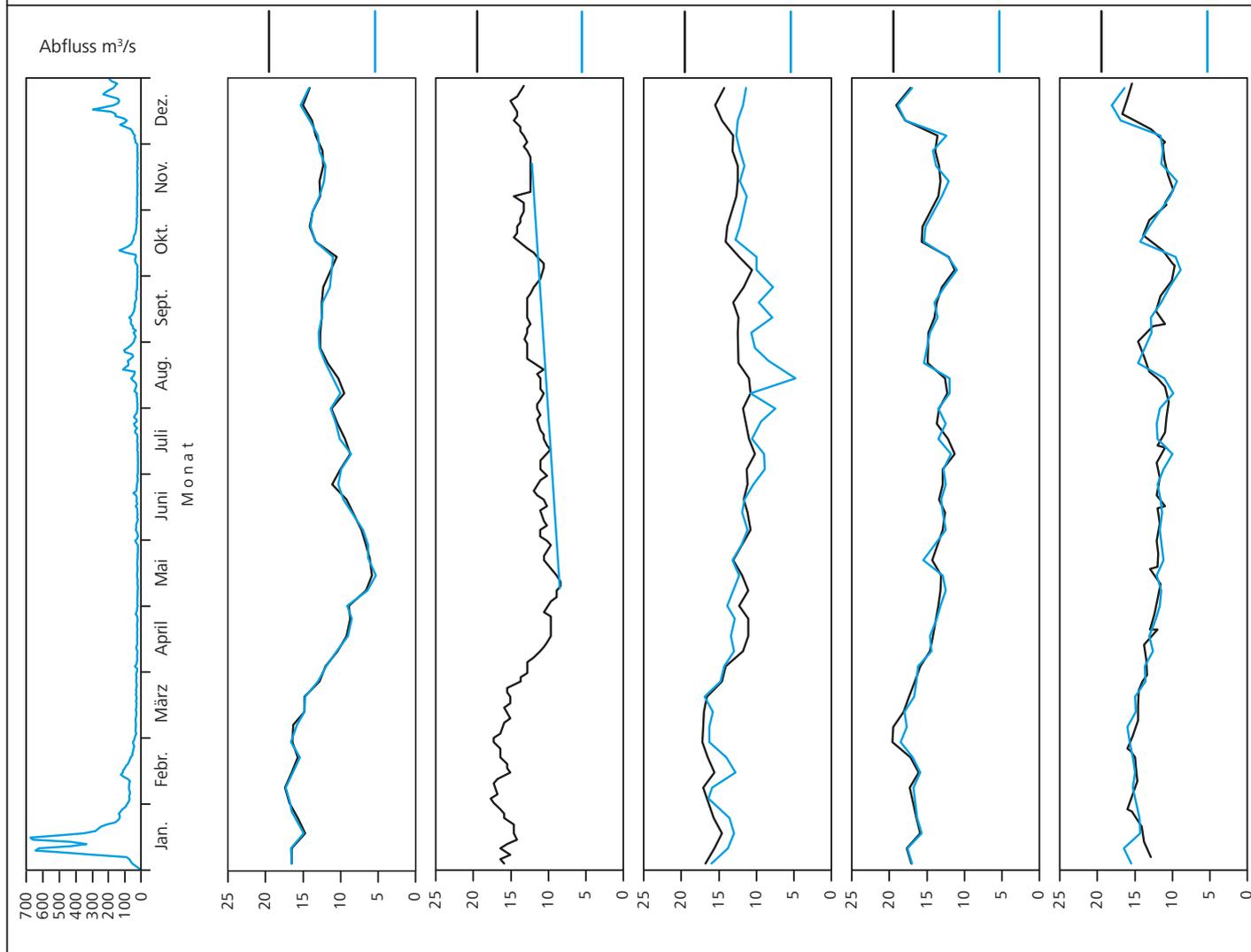


Bild 22.20: Analysenstatistik verschiedener Kenngrößen im Ruhrwasser
Fig. 22.20: Statistics on the analysis of selected parameters in Ruhr water

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 62,95	Witten 71,91	Hengstey 88,75	Westhof. 95,15	Hengsen 108,39	Warmen 121,17	Echthau. 128,31
Anzahl der Werte	4	4	133		48	51	48	48	63	47
Arith. Jahresmittel	0,23	0,23	0,20		0,23	0,18	0,16	0,14	0,10	0,18
Geom. Jahresmittel	0,23	0,23	0,15		0,21	0,15	0,15	0,12	0,09	0,16
Geom. Sommermittel	0,25	0,25	0,14		0,22	0,20	0,16	0,14	0,09	0,18
Geom. Wintermittel	0,21	0,21	0,16		0,19	0,11	0,13	0,11	0,08	0,14
Maximalwert	0,29	0,30	0,40		0,40	0,56	0,34	0,31	0,19	0,49
Datum des Max.	08.08	08.08	12.10		Mehrere	04.04	10.10	10.10	09.09	Mehrere
90-Perzentil	0,28	0,29	0,31		0,34	0,27	0,25	0,19	0,15	0,26
50-Perzentil	0,24	0,23	0,21		0,21	0,19	0,15	0,14	0,10	0,15
10-Perzentil	0,18	0,18	< 0,05		0,12	0,07	0,09	0,06	0,04	0,11
Minimalwert	0,17	0,17	< 0,05		0,06	< 0,06	0,06	0,03	0,01	0,06
Datum des Min.	07.02	07.02	Mehrere		26.04	Mehrere	Mehrere	Mehrere	31.03	28.03

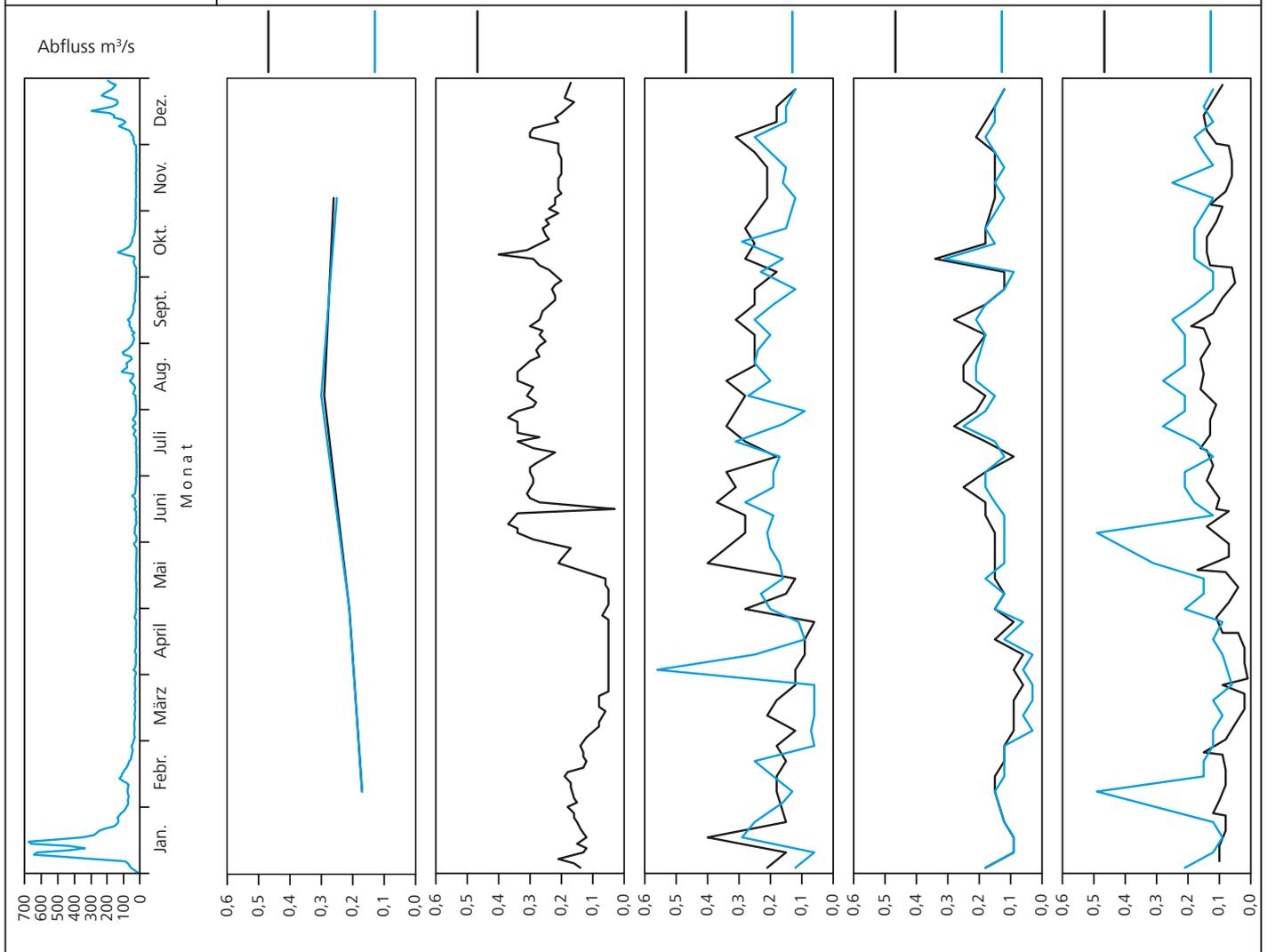


Bild 22.21: Analysenstatistik verschiedener Kenngrößen im Ruhrwasser
 Fig. 22.21: Statistics on the analysis of selected parameters in Ruhr water

Kenngröße: Cadmium

Einheit: µg/l

Zielwert: 1 µg/l

Probenahmestelle Ruhr-km	Styrum 11,35	Kettwig 23,47	Rellingh. 42,76	Stiepel 62,95	Witten 71,91	Hengstey 88,75	Westhof. 95,15	Hengsen 108,39	Warmen 121,17	Echthau. 128,31
Anzahl der Werte	12	12	133		25	51	26	26	25	25
Arith. Jahresmittel	< 0,10	< 0,10	0,10		< 0,30	< 0,20	< 0,30	< 0,30	< 0,10	< 0,30
Geom. Jahresmittel	< 0,10	< 0,10	0,09		< 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	0,08		< 0,30	< 0,20	< 0,30	< 0,30	< 0,10	< 0,30
Maximalwert	0,16	0,13	0,55		0,70	0,30	< 0,30	< 0,30	< 0,10	0,30
Datum des Max.	06.06	08.08	10.01		10.01	19.12	Mehrere	Mehrere	Mehrere	10.01
90-Perzentil	0,12	0,11	0,13		< 0,30	0,20	< 0,30	< 0,30	< 0,10	< 0,30
50-Perzentil	< 0,10	< 0,10	0,09		< 0,30	< 0,20	< 0,30	< 0,30	< 0,10	< 0,30
10-Perzentil	< 0,10	< 0,10	0,06		< 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

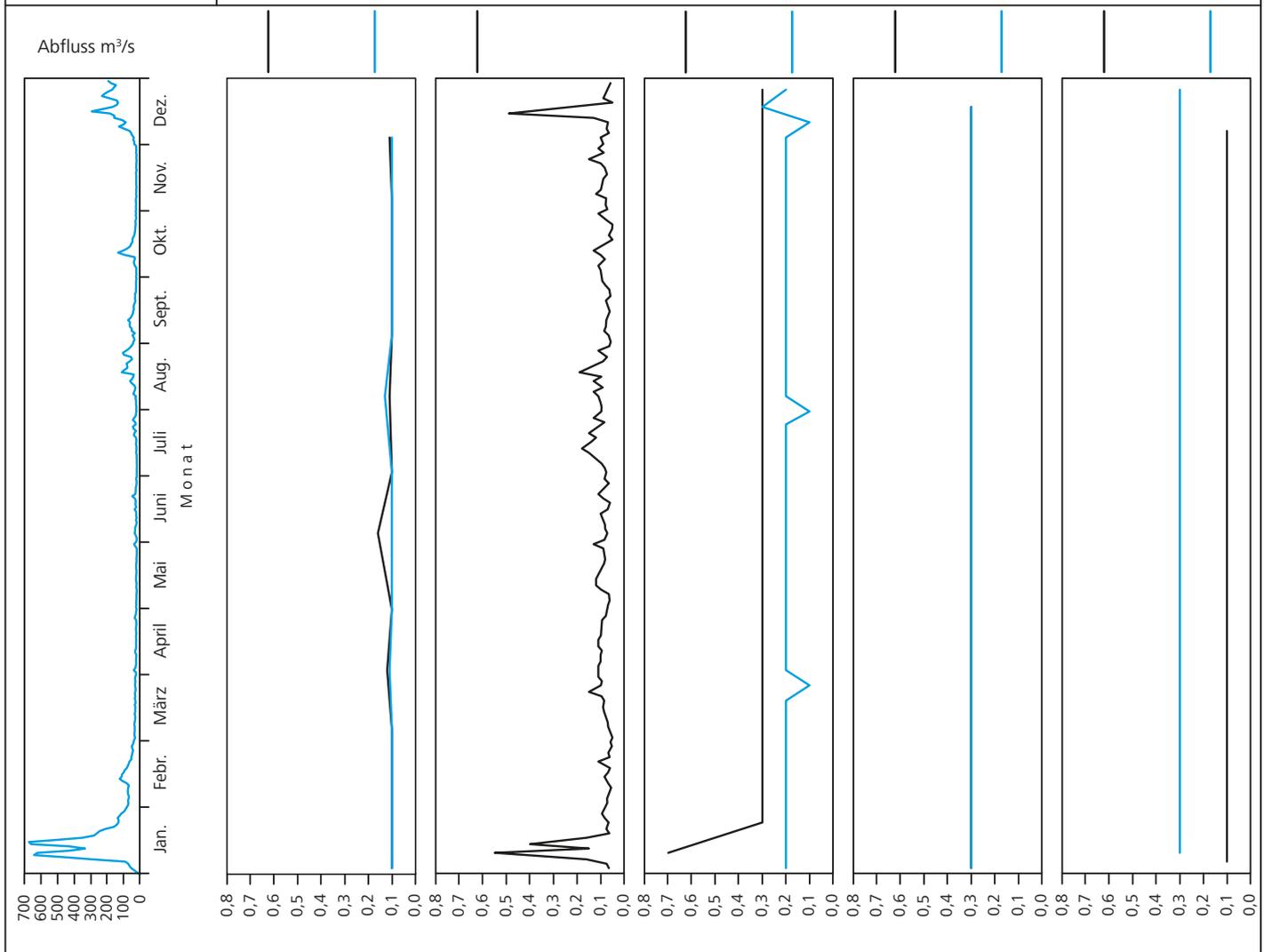


Bild 22.22: Analysenstatistik verschiedener Kenngrößen im Ruhrwasser
 Fig. 22.22: Statistics on the analysis of selected parameters in Ruhr water

Kenngröße: Chrom

Einheit: µg/l

Zielwert:

Probenahmestelle Ruhr-km	Styrum	Kettwig	Rellingh.	Stiepel	Witten	Hengstey	Westhof.	Hengsen	Warmen	Echthau.
	11,35	23,47	42,76	62,95	71,91	88,75	95,15	108,39	121,17	128,31
Anzahl der Werte	24	24	133		25	51	26	26	16	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	1,1	1,4	6,4		10,0	3,7	< 2,0	< 2,0	1,2	3,0
Datum des Max.	04.04	08.08	10.01		10.01	10.01	Mehrere	Mehrere	17.11	10.01
90-Perzentil	< 1,0	1,2	< 1,0		< 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

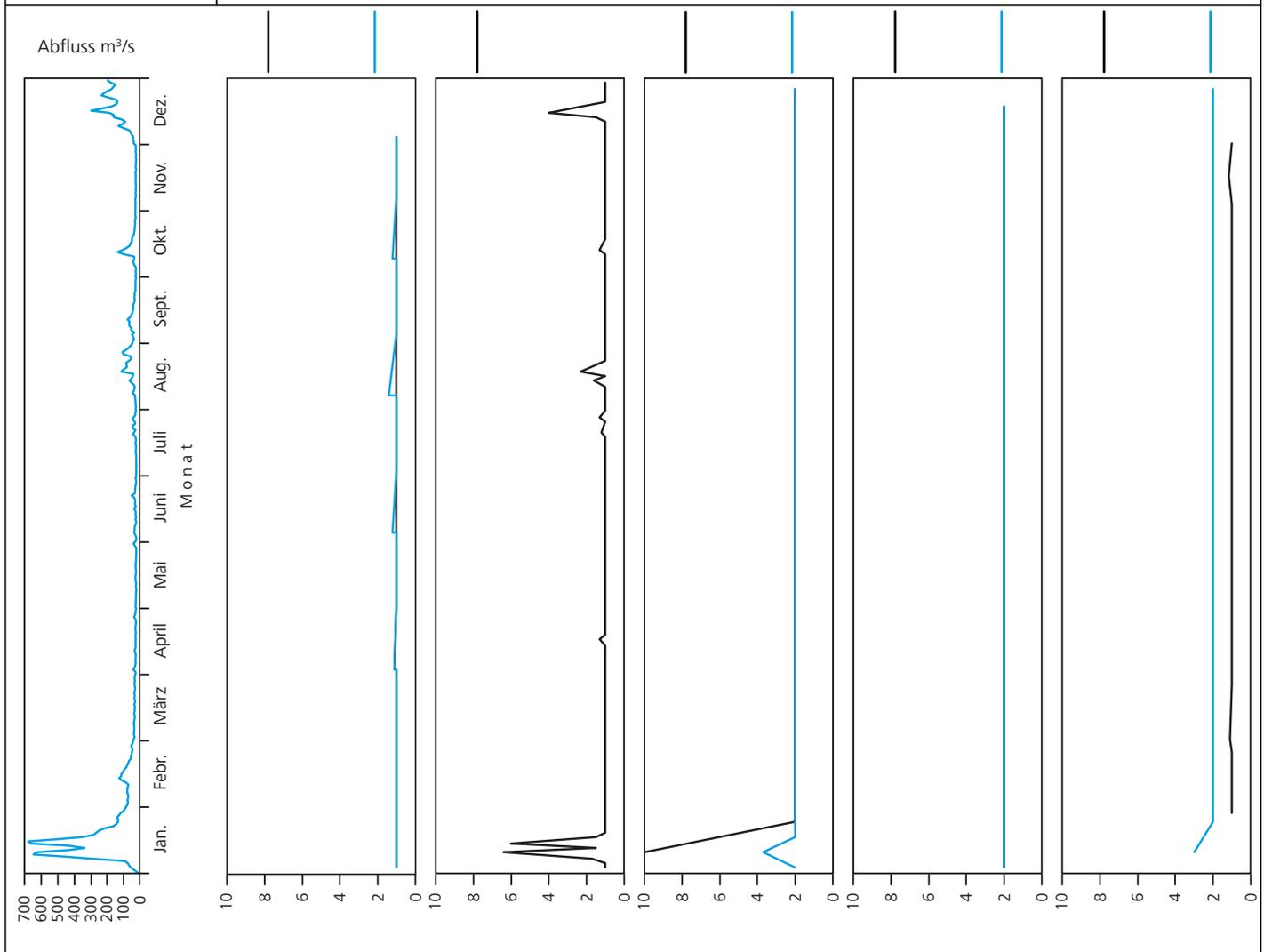


Bild 22.23: Analysenstatistik verschiedener Kenngrößen im Ruhrwasser
 Fig. 22.23: Statistics on the analysis of selected parameters in Ruhr water

Kenngröße: Nickel

Einheit: µg/l

Zielwert: 10 µg/l

Probenahmestelle Ruhr-km	Styrum 11,35	Kettwig 23,47	Rellingh. 42,76	Stiepel 62,95	Witten 71,91	Hengstey 88,75	Westhof. 95,15	Hengsen 108,39	Warmen 121,17	Echthau. 128,31
Anzahl der Werte	13	13	133		25	51	26	26	25	25
Arith. Jahresmittel	3,8	4,0	3,3		3,4	2,8	2,4	2,1	2,1	< 2,0
Geom. Jahresmittel	3,7	3,8	3,2		2,9	2,2	2,2	< 2,0	2,0	< 2,0
Geom. Sommermittel	4,2	4,7	3,3		3,1	2,1	2,5	2,2	2,2	< 2,0
Geom. Wintermittel	3,2	2,9	3,2		2,6	2,2	< 2,0	< 2,0	1,8	< 2,0
Maximalwert	5,5	6,0	10,0		13,0	9,2	4,0	3,0	3,0	6,0
Datum des Max.	06.06	Mehrere	10.01		10.01	27.06	Mehrere	Mehrere	15.08	10.01
90-Perzentil	4,9	6,0	4,0		5,0	4,9	3,0	3,0	2,7	3,0
50-Perzentil	3,6	3,9	3,3		3,0	2,7	2,5	2,0	2,0	2,0
10-Perzentil	2,6	2,6	2,4		2,0	< 2,0	< 2,0	< 2,0	1,5	< 2,0
Minimalwert	2,6	1,8	1,9		< 2,0	< 2,0	< 2,0	< 2,0	1,0	< 2,0
Datum des Min.	Mehrere	05.12	21.12		Mehrere	Mehrere	Mehrere	Mehrere	Mehrere	Mehrere

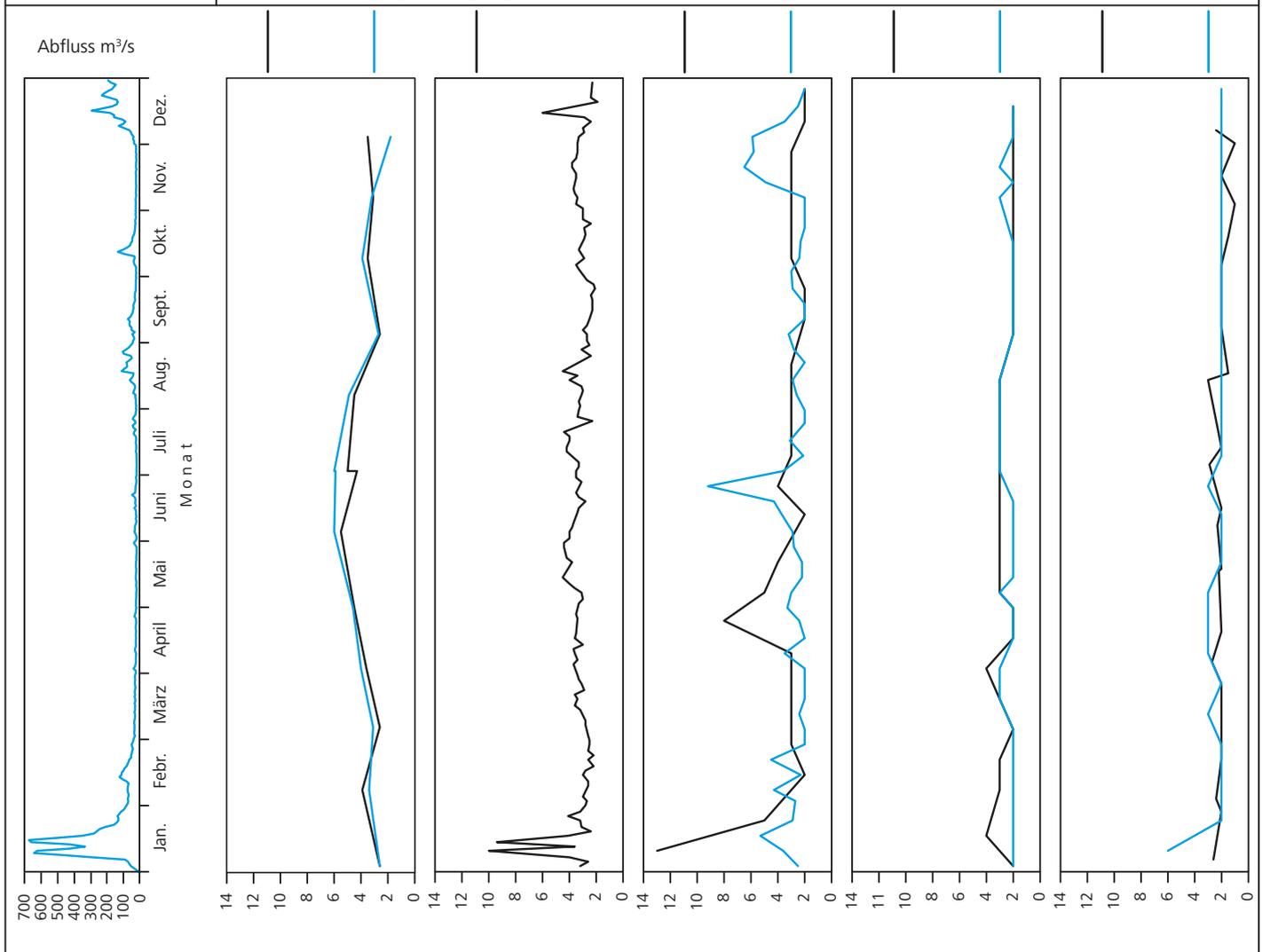


Bild 22.24: Analysenstatistik verschiedener Kenngrößen im Ruhrwasser
 Fig. 22.24: Statistics on the analysis of selected parameters in Ruhr water

Kenngröße: Gelöstes Mangan

Einheit: µg/l

Zielwert:

Probenahmestelle Ruhr-km	Styrum 11,35	Kettwig 23,47	Rellingh. 42,76	Stiepel 62,95	Witten 71,91	Hengstey 88,75	Westhof. 95,15	Hengsen 108,39	Warmen 121,17	Echthau. 128,31
Anzahl der Werte			132		48	51	48	48	27	47
Arith. Jahresmittel			14		8	16	10	12	28	10
Geom. Jahresmittel			< 10		4	< 10	8	10	27	8
Geom. Sommermittel			< 10		2	< 10	5	9	30	7
Geom. Wintermittel			12		8	12	12	12	24	9
Maximalwert			37		38	48	25	27	52	26
Datum des Max.			02.02		10.01	Mehrere	Mehrere	10.01	25.08	05.09
90-Perzentil			31		21	40	19	18	38	19
50-Perzentil			14		7	12	8	12	27	10
10-Perzentil			< 10		< 2	< 10	3	6	20	3
Minimalwert			< 10		< 2	< 10	< 2	2	9	< 2
Datum des Min.			Mehrere		Mehrere	Mehrere	11.04	11.07	21.02	Mehrere

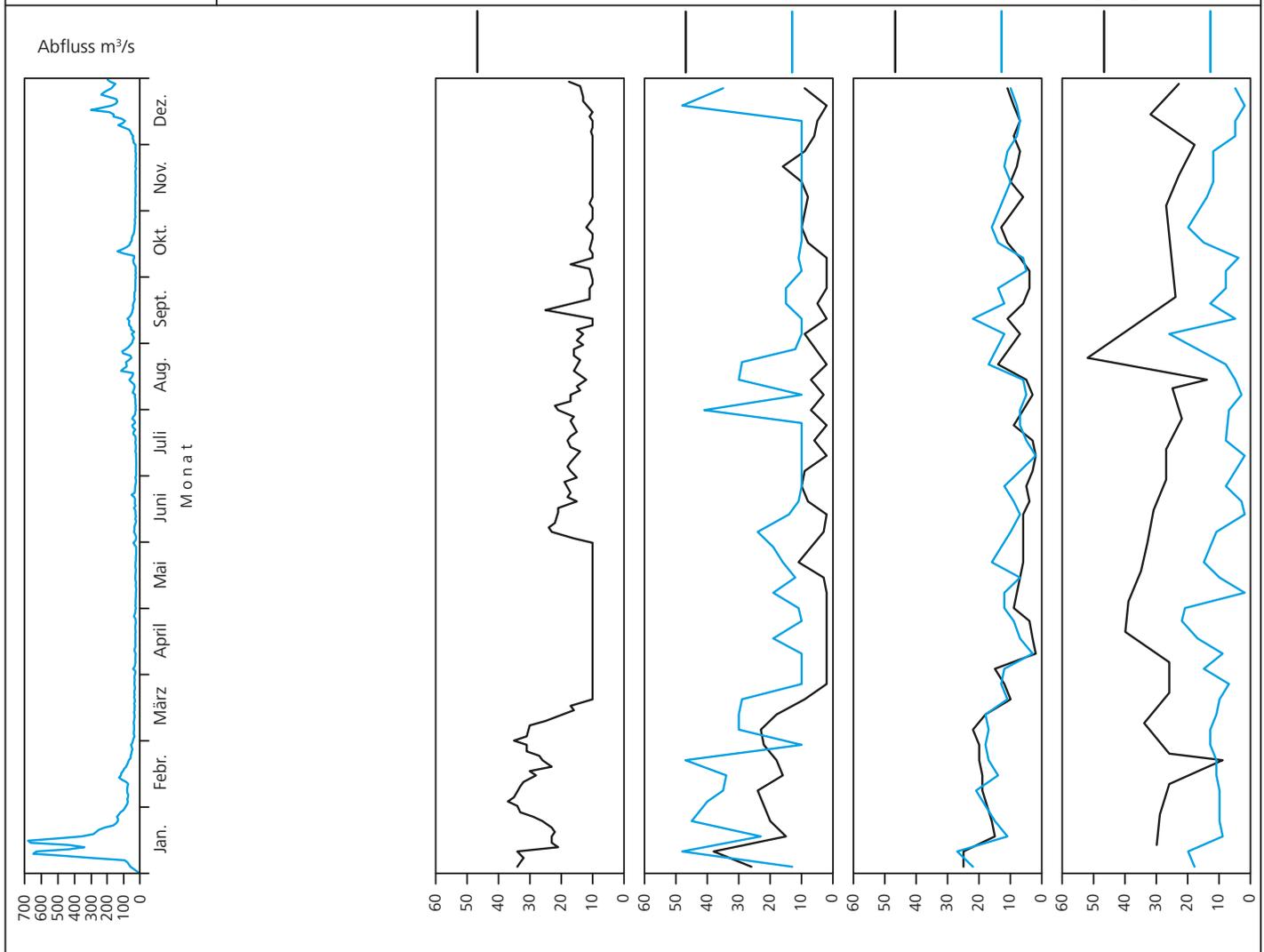


Bild 22.25: Analysenstatistik verschiedener Kenngrößen im Ruhrwasser
 Fig. 22.25: Statistics on the analysis of selected parameters in Ruhr water

Kenngroße: Chlorid

Einheit: mg/l

Zielwert:

Probenahmestelle Ruhr-km	Styrum 11,35	Kettwig 23,47	Rellingh. 42,76	Stiepel 62,95	Witten 71,91	Hengstey 88,75	Westhof. 95,15	Hengsen 108,39	Warmen 121,17	Echthau. 128,31
Anzahl der Werte	50	49	134	2	48	51	48	48	65	48
Arith. Jahresmittel	62	62	57	74	42	41	42	36	29	29
Geom. Jahresmittel	58	58	54	74	41	40	41	35	29	28
Geom. Sommermittel	68	68	62	75	44	43	46	39	31	31
Geom. Wintermittel	50	49	47	74	37	37	36	32	27	26
Maximalwert	90	89	88	75	56	54	60	47	49	43
Datum des Max.	Mehrere	Mehrere	Mehrere	10.05	18.07	Mehrere	23.05	23.05	14.07	Mehrere
90-Perzentil	86	86	78	75	51	52	53	44	36	35
50-Perzentil	68	66	59	74	46	46	45	38	29	30
10-Perzentil	34	34	32	74	25	25	25	23	22	21
Minimalwert	23	22	22	74	19	18	18	17	15	15
Datum des Min.	27.12	27.12	28.12	22.11	27.12	27.12	27.12	27.12	29.12	27.12

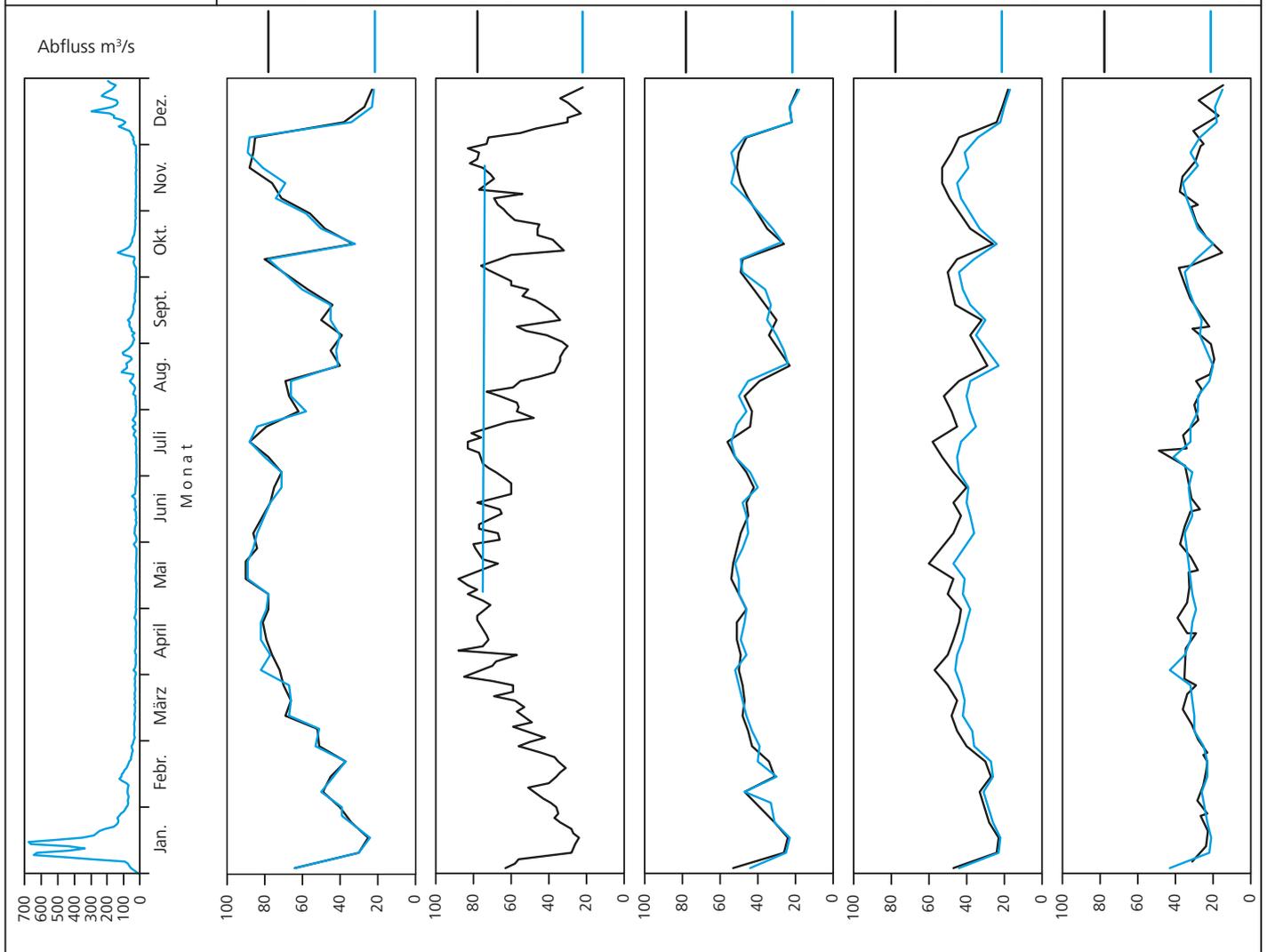


Bild 22.26: Analysenstatistik verschiedener Kenngrößen im Ruhrwasser
 Fig. 22.26: Statistics on the analysis of selected parameters in Ruhr water

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			132		25		26	26	14	25
Arith. Jahresmittel			8,6		< 10,0		< 10,0	< 10,0	< 10,0	< 10,0
Geom. Jahresmittel			7,2		< 10,0		< 10,0	< 10,0	< 10,0	< 10,0
Geom. Sommermittel			7,6		< 10,0		< 10,0	< 10,0	< 10,0	< 10,0
Geom. Wintermittel			6,8		< 10,0		< 10,0	< 10,0	< 10,0	< 10,0
Maximalwert			28,0		12,0		12,0	14,0	< 10,0	11,0
Datum des Max.			21.03		11.04		21.03	17.10	Mehrere	12.09
90-Perzentil			14,0		< 10,0		< 10,0	< 10,0	< 10,0	< 10,0
50-Perzentil			8,0		< 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

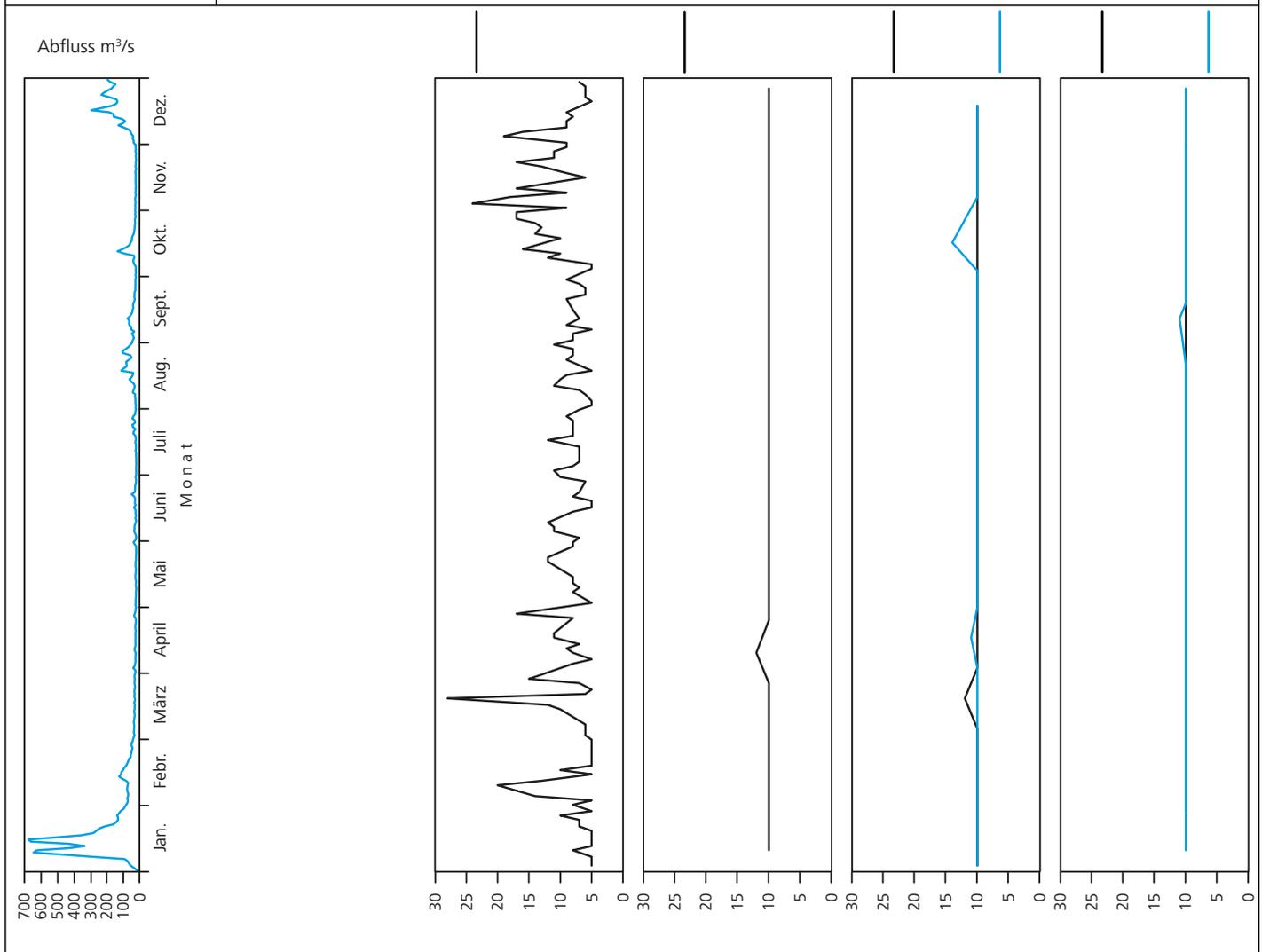


Bild 22.27: Analysenstatistik verschiedener Kenngrößen im Ruhrwasser
 Fig. 22.27: Statistics on the analysis of selected parameters in Ruhr water

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			34		29	50	26	26	13	25
Arith. Jahresmittel			0,02		< 0,10	< 0,10	< 0,10	0,11	< 0,10	< 0,10
Geom. Jahresmittel			0,02		< 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	0,11	< 0,10	< 0,10
Maximalwert			0,06		0,10	0,10	0,20	0,20	0,40	1,50
Datum des Max.			31.01		10.01	Mehrere	Mehrere	Mehrere	15.08	12.09
90-Perzentil			0,03		< 0,10	< 0,10	< 0,10	0,20	< 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.			Mehrere		Mehrere	Mehrere	Mehrere	Mehrere	Mehrere	Mehrere

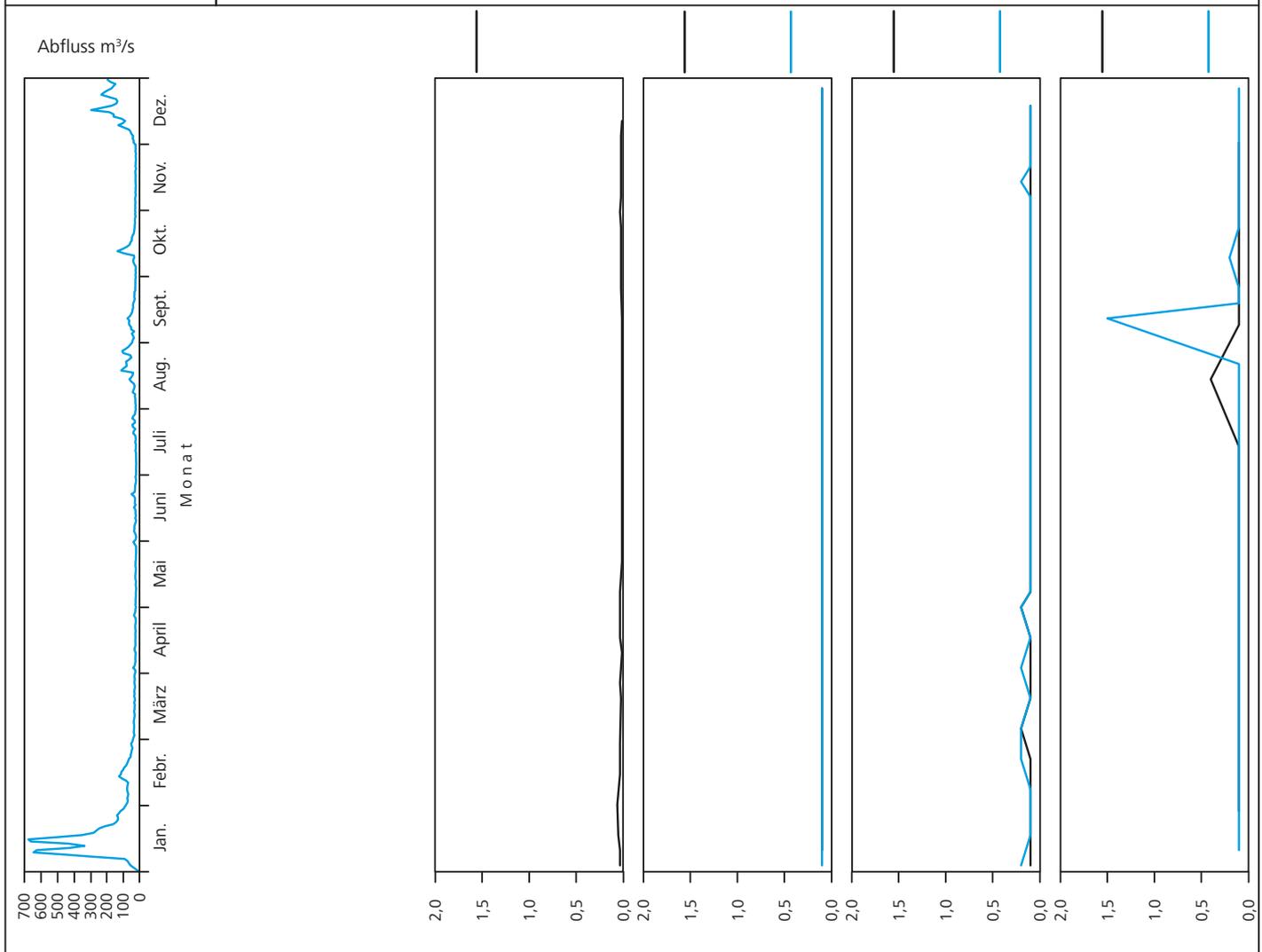


Bild 22.28: Analysenstatistik verschiedener Kenngrößen im Ruhrwasser
 Fig. 22.28: Statistics on the analysis of selected parameters in Ruhr water

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			34		29	50	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			0,05		< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	0,40	0,10
Datum des Max.			12.09		Mehrere	Mehrere	Mehrere	Mehrere	09.09	10.01
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

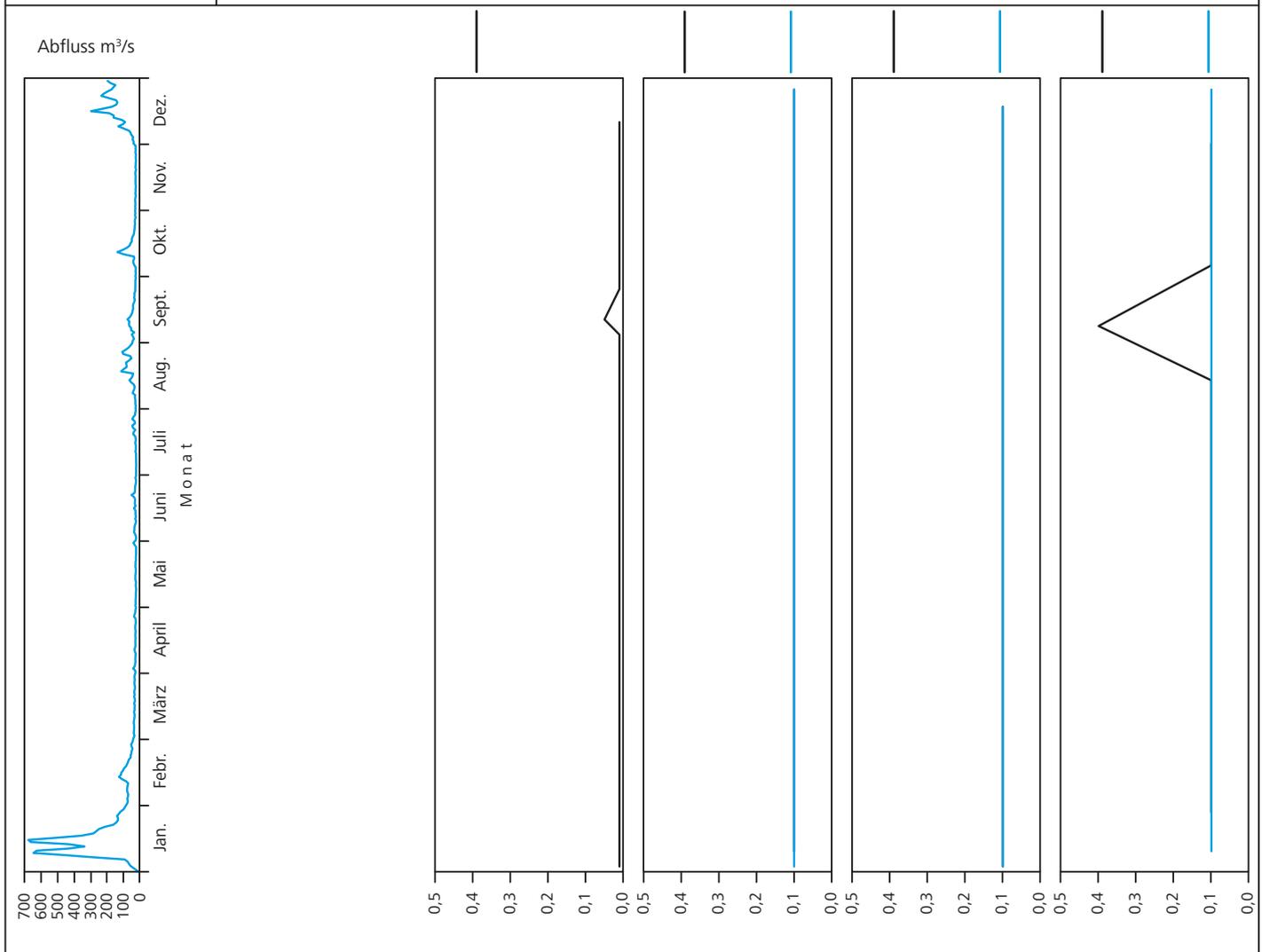


Bild 22.29: Analysenstatistik verschiedener Kenngrößen im Ruhrwasser
 Fig. 22.29: Statistics on the analysis of selected parameters in Ruhr water

Kenngröße: Diethyltrinitrilopentaessigsäure (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	2		111	23	24	12	24	24	2	24
Arith. Jahresmittel	10,4		9,7	12,0	14,2	37,3	< 2,0	< 2,0	< 2,0	< 2,0
Geom. Jahresmittel	10,0		7,4	8,2	9,1	28,0	< 2,0	< 2,0	< 2,0	< 2,0
Geom. Sommermittel	7,3		7,2	11,4	11,8	26,4	< 2,0	< 2,0	< 2,0	< 2,0
Geom. Wintermittel	13,6		7,5	5,8	7,0	29,7	< 2,0	< 2,0	< 2,0	< 2,0
Maximalwert	13,6		37,0	28,8	40,1	89,0	3,1	< 2,0	< 2,0	2,2
Datum des Max.	10.10		05.12	11.04	28.11	25.11	03.01	Mehrere	Mehrere	11.04
90-Perzentil	13,0		17,0	25,1	27,7	79,8	< 2,0	< 2,0	< 2,0	< 2,0
50-Perzentil	10,4		9,1	10,6	13,0	29,5	< 2,0	< 2,0	< 2,0	< 2,0
10-Perzentil	7,9		3,4	3,0	< 2,0	10,6	< 2,0	< 2,0	< 2,0	< 2,0
Minimalwert	7,3		< 2,0	< 2,0	< 2,0	6,1	< 2,0	< 2,0	< 2,0	< 2,0
Datum des Min.	04.04		Mehrere	Mehrere	Mehrere	28.12	Mehrere	Mehrere	Mehrere	Mehrere

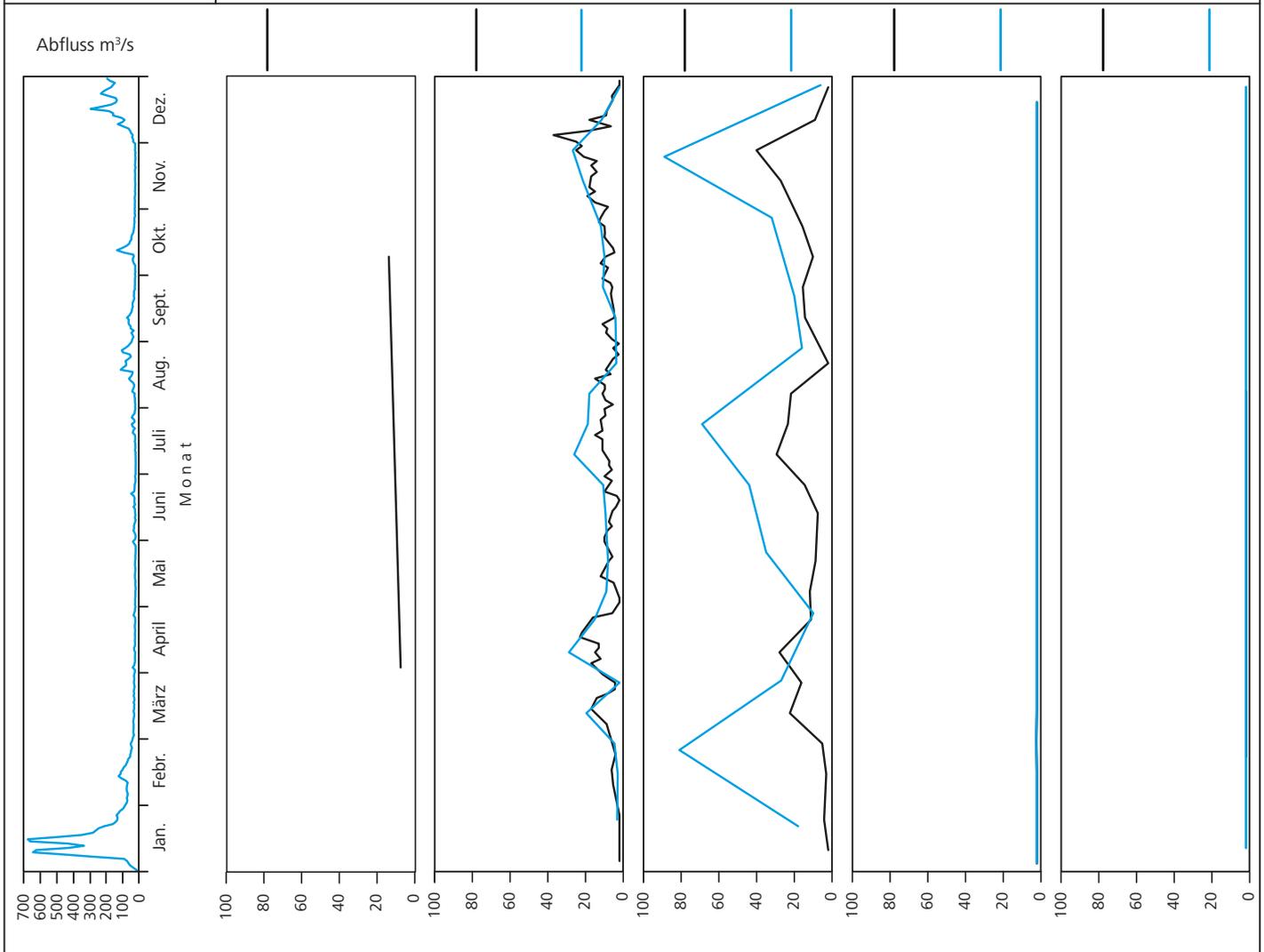


Bild 22.30: Analysenstatistik verschiedener Kenngrößen im Ruhrwasser
 Fig. 22.30: Statistics on the analysis of selected parameters in Ruhr water

Kenngröße: Ethylendinitrilotetraessigsäure (EDTA)

Einheit: µg/l

Zielwert: 10 µg/l

Probenahmestelle Ruhr-km	Styrum 11,35	Kettwig 23,47	Rellingh. 42,76	Stiepel 62,95	Witten 71,91	Hengstey 88,75	Westhof. 95,15	Hengsen 108,39	Warmen 121,17	Echthau. 128,31
Anzahl der Werte	2		111	23	24	12	24	24	2	24
Arith. Jahresmittel	7,8		5,0	6,0	6,8	10,2	3,0	2,7	2,4	2,3
Geom. Jahresmittel	7,7		4,1	5,0	5,3	8,5	2,7	2,6	2,4	2,0
Geom. Sommermittel	7,8		4,9	6,2	7,3	10,1	2,8	2,9	2,5	2,5
Geom. Wintermittel	7,7		3,4	4,0	3,8	7,1	2,5	2,3	2,4	1,6
Maximalwert	7,8		14,0	14,2	17,5	24,0	5,0	4,0	2,5	4,1
Datum des Max.	04.04		29.07	09.05	09.05	25.07	04.04	21.03	15.08	28.11
90-Perzentil	7,8		8,4	11,6	13,1	17,9	4,2	3,7	2,5	3,1
50-Perzentil	7,8		4,4	5,2	5,7	8,2	3,1	2,8	2,4	2,4
10-Perzentil	7,7		2,3	2,4	2,2	4,4	1,4	1,5	2,4	1,1
Minimalwert	7,7		< 2,0	1,6	< 1,0	2,7	< 1,0	1,1	2,4	< 1,0
Datum des Min.	10.10		Mehrere	27.12	Mehrere	28.12	17.01	17.01	21.02	Mehrere

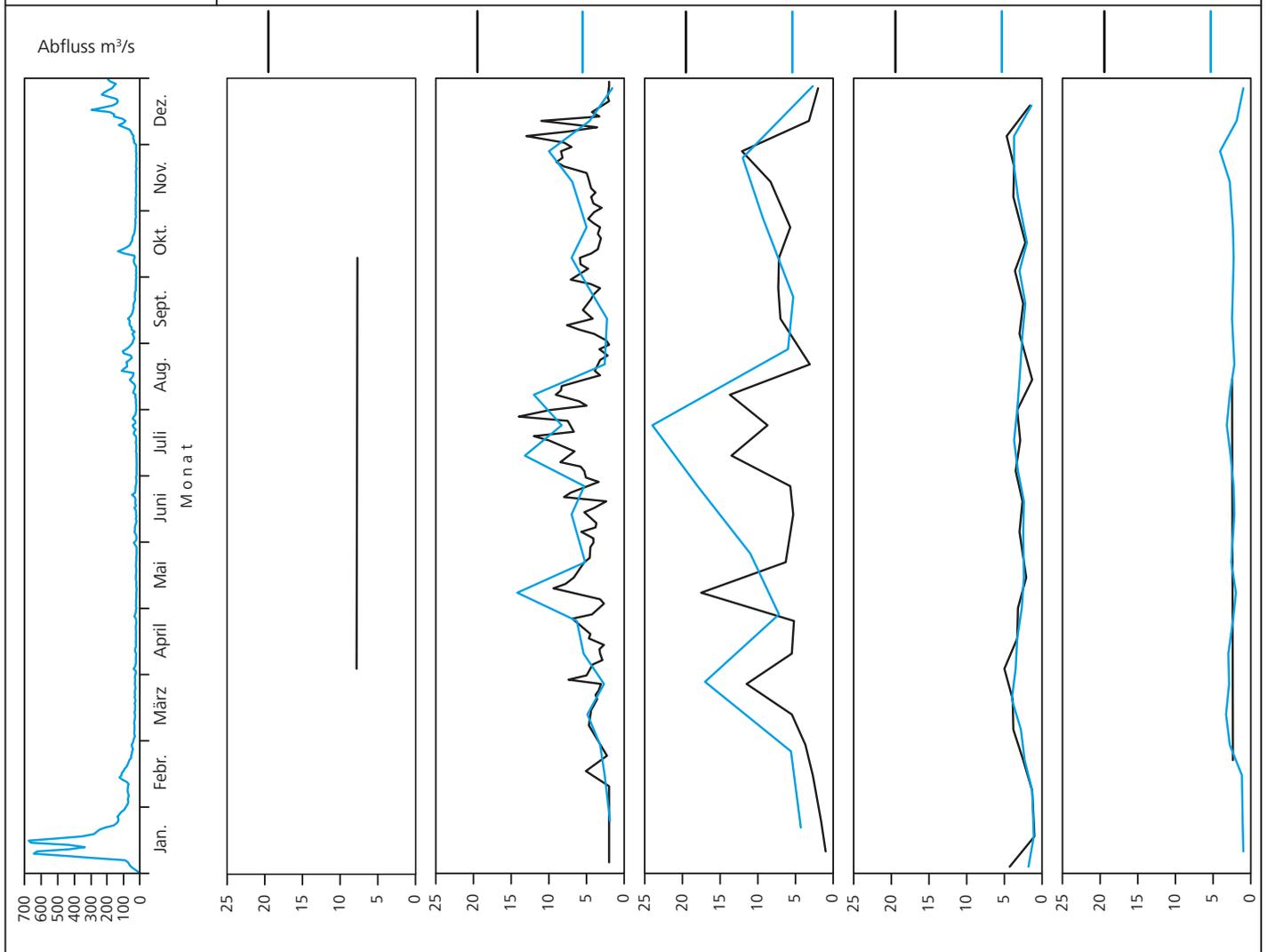


Bild 22.31: Analysenstatistik verschiedener Kenngrößen im Ruhrwasser
 Fig. 22.31: Statistics on the analysis of selected parameters in Ruhr water

Kenngröße: Nitritriessigsäure (NTA)

Einheit: µg/l

Zielwert: 10 µg/l

Probenahmestelle Ruhr-km	Styrum 11,35	Kettwig 23,47	Rellingh. 42,76	Stiepel 62,95	Witten 71,91	Hengstey 88,75	Westhof. 95,15	Hengsen 108,39	Warmen 121,17	Echthau. 128,31
Anzahl der Werte	2		111	23	24	12	24	24	2	24
Arith. Jahresmittel	0,5		< 2,0	< 1,0	< 1,0	< 2,0	< 1,0	< 1,0	< 2,0	< 1,0
Geom. Jahresmittel	0,5		< 2,0	< 1,0	< 1,0	< 2,0	< 1,0	< 1,0	< 2,0	< 1,0
Geom. Sommermittel	0,6		< 2,0	< 1,0	< 1,0	< 2,0	< 1,0	< 1,0	< 2,0	< 1,0
Geom. Wintermittel	0,4		< 2,0	< 1,0	< 1,0	< 2,0	< 1,0	< 1,0	< 2,0	< 1,0
Maximalwert	0,6		16,0	1,7	1,9	< 2,0	2,5	1,5	< 2,0	9,8
Datum des Max.	04.04		05.01	25.07	25.07	Mehrere	03.01	21.02	Mehrere	24.10
90-Perzentil	0,6		< 2,0	1,3	1,3	< 2,0	1,2	1,2	< 2,0	1,1
50-Perzentil	0,5		< 2,0	1,0	< 1,0	< 2,0	< 1,0	< 1,0	< 2,0	< 1,0
10-Perzentil	0,4		< 2,0	< 1,0	< 1,0	< 2,0	< 1,0	< 1,0	< 2,0	< 1,0
Minimalwert	0,4		< 2,0	< 1,0	< 1,0	< 2,0	< 1,0	< 1,0	< 2,0	< 1,0
Datum des Min.	10.10		Mehrere	Mehrere	Mehrere	Mehrere	Mehrere	Mehrere	Mehrere	Mehrere

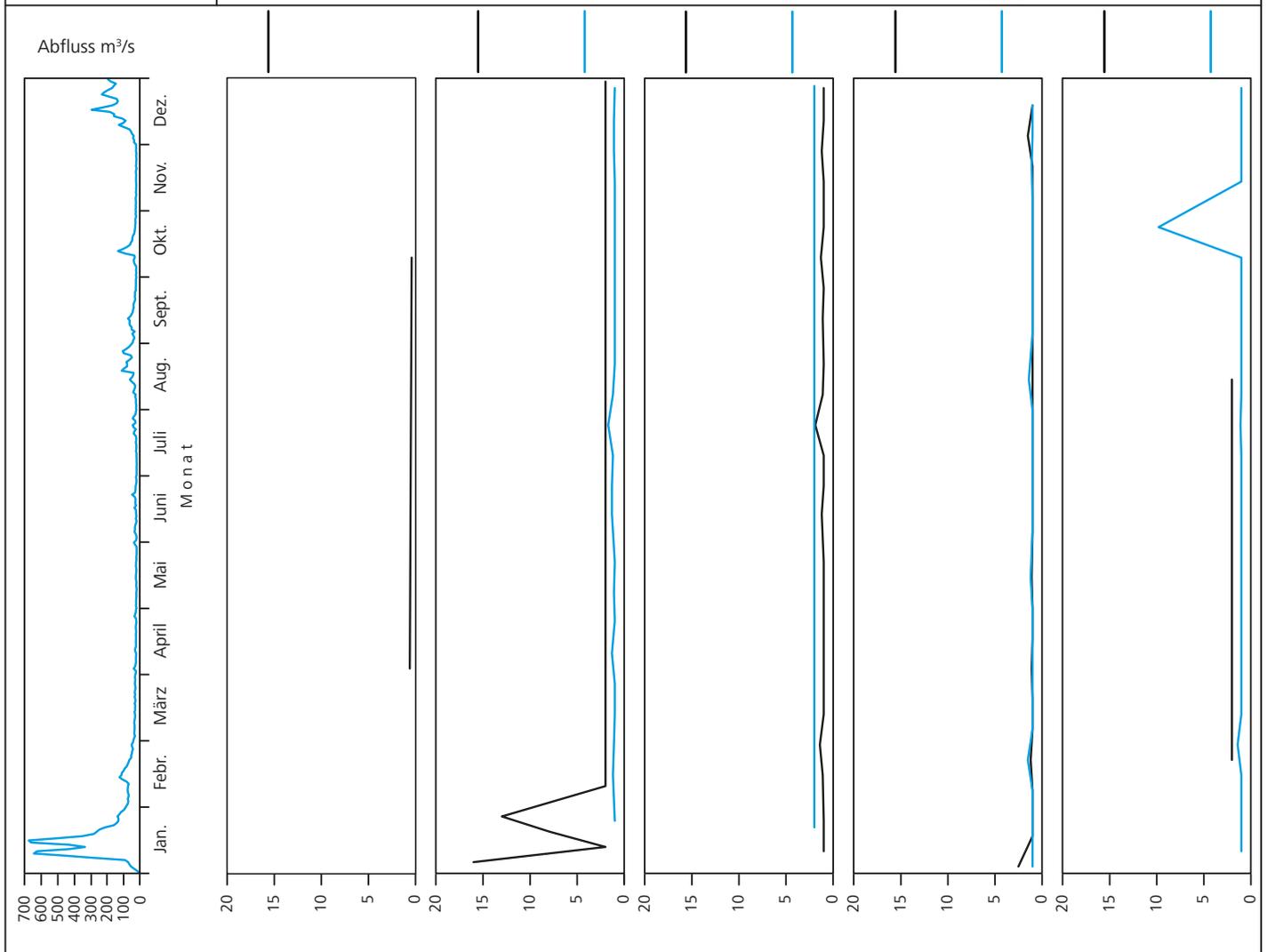


Bild 22.32: Analysenstatistik verschiedener Kenngrößen im Ruhrwasser
 Fig. 22.32: Statistics on the analysis of selected parameters in Ruhr water

Tabelle 22.5: Im Ruhrwasser bestimmte PSM und Überschreitungen der Trinkwassergrenzwerte von 100 ng/l bzw. der Zielwerte von 50 ng/l
 Table 22.5: 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

KenngroÙe	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	211	0	0,0	0	0,0	0	0,0	–	< 50
Bentazon	77	0	0,0	0	0,0	0	0,0	–	< 50
Bifenox	185	0	0,0	0	0,0	0	0,0	–	< 50
Bromacil	112	0	0,0	0	0,0	0	0,0	–	< 25
Bromoxynil	77	0	0,0	0	0,0	0	0,0	–	< 50
Carbetamid	112	0	0,0	0	0,0	0	0,0	–	< 25
Carfentraton-ethyl	185	0	0,0	0	0,0	0	0,0	–	< 50
Chloridazon	185	0	0,0	0	0,0	0	0,0	–	< 50
Chlorthalonil	25	0	0,0	0	0,0	0	0,0	–	< 50
Chlortoluron	211	0	0,0	0	0,0	0	0,0	–	< 50
Clodinafop	99	0	0,0	0	0,0	0	0,0	–	< 50
Clopyralid	77	1	1,3	0	0,0	1	1,3	–	81
2,4-D	77	0	0,0	0	0,0	0	0,0	–	< 50
Desethylatrazin	211	0	0,0	0	0,0	0	0,0	–	< 50
Desethylterbutylazin	211	1	0,5	0	0,0	0	0,0	–	15
Desisopropylatrazin	116	0	0,0	0	0,0	0	0,0	–	< 20
Desmedipham	25	0	0,0	0	0,0	0	0,0	–	< 50
Dichlorprop	103	0	0,0	0	0,0	0	0,0	–	< 50
Diflufenikan	207	0	0,0	0	0,0	0	0,0	–	< 50
Dimefuron	113	0	0,0	0	0,0	0	0,0	–	< 40
Diuron	211	4	1,9	0	0,0	1	0,5	–	87
Epoxiconazol	25	0	0,0	0	0,0	0	0,0	–	< 50
Ethofumesat	185	0	0,0	0	0,0	0	0,0	–	< 100
Fenoxaprop	2	0	0,0	0	0,0	0	0,0	–	< 10
Fenpropimorph	25	0	0,0	0	0,0	0	0,0	–	< 50
Flufenacet	207	4	1,9	1	0,5	2	1,0	–	170
Fluroxypyr	77	0	0,0	0	0,0	0	0,0	–	< 50
Flurtamone	112	0	0,0	0	0,0	0	0,0	–	< 25
Hexazinon	185	0	0,0	0	0,0	0	0,0	–	< 50
Ioxynil	77	0	0,0	0	0,0	0	0,0	–	< 50
Isoproturon	211	6	2,8	0	0,0	1	0,5	–	60
MCPA	77	2	2,6	0	0,0	0	0,0	–	38
Mecoprop	103	0	0,0	0	0,0	0	0,0	–	< 50
Metamitron	211	0	0,0	0	0,0	0	0,0	–	< 50
Metazachlor	211	2	0,9	0	0,0	2	0,9	–	60
Methabenzthiazuron	113	0	0,0	0	0,0	0	0,0	–	< 40
Metolachlor	211	0	0,0	0	0,0	0	0,0	–	< 50
Metribuzin	185	0	0,0	0	0,0	0	0,0	–	< 50
Pendimethalin	207	0	0,0	0	0,0	0	0,0	–	< 50
Phenmedipham	185	0	0,0	0	0,0	0	0,0	–	< 100
Propiconazol	25	0	0,0	0	0,0	0	0,0	–	< 50
Prosulfocarb	112	3	2,7	0	0,0	1	0,9	–	51
Quinmerac	77	1	1,3	0	0,0	1	1,3	–	60
Simazin	211	0	0,0	0	0,0	0	0,0	–	< 50
Tebuconazol	25	0	0,0	0	0,0	0	0,0	–	< 50
Terbutylazin	211	6	2,8	0	0,0	0	0,0	–	39

Messwerte, Tabellen und Diagramme

Tabelle 22.6: Dokumentierte Messgrößen in alphabetischer Reihenfolge
Table 22.6: Documented measured variables in alphabetical order

Qualitätsmerkmal	Tabelle/Seite	Diagramm/Seite	Längsprofil/Seite
Adsorbierbare organisch gebundene Halogene (AOX)	185	205	184
Ammonium (NH ₄)	174, 185	197	180
Atrazin	211		
Barium (Ba)	185		183
Bentazon	211		
Bifenox	211		
Biochemischer Sauerstoffbedarf in 5 Tagen (BSB ₅)	185		179
Blei (Pb)	185		181
Borat-Bor (B)	185		180, 186
Bromacil	211		
Bromoxynil	211		
Cadmium (Cd)	174, 185	200	181
Calcium (Ca)	185		182
Carbetamid	211		
Carfentraton-ethyl	211		
Chemischer Sauerstoffbedarf (CSB)	185		179
Chlorid (Cl)	185	204	183
Chloridazon	211		
Chlorophyll-a	185	191	178
Chlorthalonil	211		
Chlortoluron	211		
Chrom (Cr)	185	201	181
Clodinafop	211		
Clopyralid	211		
Coliforme Bakterien	174, 185	192	178, 186
2,4-D	211		
Desethylatrazin	211		
Desethylterbutylazin	211		
Desisopropylatrazin	211		
Desmedipham	211		
Dichlorprop	211		
Diethylentrinitriropentaessigsäure (DTPA)	174, 185	208	184
Diflufenikan	211		
Dimefuron	211		
Diuron	211		
Eisen (Fe)	185		182
Elektrische Leitfähigkeit	185	188	178, 186
Epoxiconazol	211		
Ethofumesat	211		
Ethylendinitrirotetraessigsäure (EDTA)	174, 185	209	184, 186
Fenoxaprop	211		
Fenpropimorph	211		
Flufenacet	211		
Fluorid (F)	185		183

Qualitätsmerkmal	Tabelle/Seite	Diagramm/Seite	Längsprofil/Seite
Fluroxypyr	211		
Flurtamone	211		
Gelöster organisch gebundener Kohlenstoff (DOC)	174, 185	194	179
Gelöster Sauerstoff (O ₂)	185	193	179
Gelöstes Eisen (Fe)	185		182
Gelöstes Mangan (Mn)	185	203	182
Gesamtes gelöstes Phosphat (PO ₄)	174, 185	199	180
Hexazinon	211		
Ioxynil	211		
Isoproturon	211		
Kalium (K)	185		183
Kupfer (Cu)	185		181
Magnesium (Mg)	185		182
Mangan (Mn)	185		182
MCPA	211		
Mecoprop	211		
Metamitron	211		
Metazachlor	211		
Methabenzthiazuron	211		
Metolachlor	211		
Metribuzin	211		
Natrium (Na)	185		183
Nickel (Ni)	174, 185	202	181, 186
Nitrat (NO ₃)	174, 185	198	180
Nitrilotriessigsäure (NTA)	174, 185	210	184
Nitrit (NO ₂)	185		180
Organisch gebundener Stickstoff	185		180
Pendimethalin	211		
Phenmedipham	211		
pH-Wert	185	189	178
Polycyclische aromatische Kohlenwasserstoffe	185		184
Propiconazol	211		
Prosulfocarb	211		
Quinmerac	211		
Säurekapazität			
Simazin	211		
Spektraler Absorptionskoeffizient bei 254 nm	185	195	179
Spektraler Absorptionskoeffizient bei 436 nm	185	196	179
Sulfat (SO ₄)	185		183, 186
Tebuconazol	211		
Terbuthylazin	211		
Tetrachlorethen	174	206	
Trichlorethen	174	207	
Trübung	185	190	178
Wassertemperatur	185	187	178
Zink (Zn)	185		181

Bettzieche, V., et al.:

„Optimal Monitoring of Gravity Dams by Multifield Considerations“
„Optimale Bauwerksüberwachung von Staumauern anhand von Mehrfeldbetrachtungen“
(Internationales Symposium on „Dams and Reservoirs under Changing Challenges“, 79th Annual Meeting of ICOLD, Luzern/Schweiz im Juni 2011)

Bettzieche, V., et al.:

„Numerical Analysis of Water Reservoir Dams – Prediction of Long Term Performance of the Versetal Dam“
„Numerische Analyse von Staudämmen – Vorhersage des Langzeitverhaltens des Versetstaudamms“
(Internationales Symposium on „Dams and Reservoirs under Changing Challenges“, 79th Annual Meeting of ICOLD, Luzern/Schweiz im Juni 2011)

Bettzieche, V., et al.:

„Neues DWA-Merkblatt für kleine Talsperren und Hochwasserrückhaltebecken“
„A new DWA-Guideline for small Dams and Flood Control Reservoirs“
(Vortrag anlässlich des 35. Dresdner Wasserbaukolloquiums 212 im März 2012 in Dresden)

Bode, H.:

„Quo vadis, Wasserwirtschaft?“
„Quo vadis, Water Management?“
(Verlagsbeilage der Frankfurter Allgemeinen Tageszeitung (FAZ) zum Thema „Energie im Wandel“ vom Juni 2011, Heft Nr. 148, S. B15)

Bode, H.:

„Redlichkeit und Zukunft der Abwasserabgabe“
„Honesty and Future of the Wastewater Levy“
(Gastkommentar, veröffentlicht in „Streitfragen!“. Die Energie- und Wasserwirtschaft im Dialog. Das Magazin, Heft Nr.01/2011, herausgegeben vom BDEW Bundesverband der Energie- und Wasserwirtschaft e.V. in Berlin)

Bode, H.:

„The state of the German Water Management – is after the game before the game?“
„Der Stand der deutschen Wasserwirtschaft – ist nach dem Spiel gleich vor dem Spiel?“
(Editorial, veröffentlicht in „gwf international“, Sonderheft S1/2011, Volume 152, ISSN 0016-3651; B 5399, Oldenburg Industrieverlag in München)

Bode, H.:

„Wasserverbrauch“
„Water Consumption“
(Beitrag zum Memorandum im Vorfeld zur Bewerbung der Metropole Ruhr zur „Grünen Hauptstadt Europas 2015“, „Grüne Hauptstadt Europas 2015“, Stadt Bochum/Stadt Essen/Stadt Dortmund/Regionalverband Ruhr, ISBN: 978-3-8093-0282-7)

Bode, H.:

„Abwasseraufbereitung“
„Wastewater Treatment“
(Beitrag zum Memorandum im Vorfeld zur Bewerbung der Metropole Ruhr zur „Grünen Hauptstadt Europas 2015“, „Grüne Hauptstadt Europas 2015“, Stadt Bochum/Stadt Essen/Stadt Dortmund/Regionalverband Ruhr, ISBN: 978-3-8093-0282-7)

Böddeker, M.; Skark, C.; Nowaczyk, D.; Remmler, F.:

„Sickerwasseruntersuchungen auf Nitrat im Zustrombereich der Förderbrunnen der Wassergewinnung Hohe Mark“
„Nitrate investigation in the seepage water of the catchment area of waterwork Hohe Mark“
(Landwirtschaftskammer Nordrhein-Westfalen Kreisstelle Coesfeld/Recklinghausen (Hrsg.): Kooperation Landwirtschaft und Wasserwirtschaft im Einzugsgebiet der Stevertalsperre, 2011, Coesfeld, S. 60-63)

Brinkmann, T.; Syhre, B.; Spang, C.:

„Sicherung der Felsböschung am Randweg des Hengsteysees zur Gewährleistung der Verkehrssicherheit“
„Stabilization the rock slope at the edge of lake Hengstey to ensure safety to traffic“
(Vortrag veröffentlicht im Felsbaumagazin 2011, Heft 5, S. 298-307)

Evers, 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“
(Vortrag anlässlich der LESAM 2011 „Strategic Asset Management“ vom 27. bis 30. September 2011 in Mülheim)

Frost, U.:

„Talsperren zwischen Fluss und See“
„River dams between river and lake“
(Vortrag anlässlich der Tagung „Welche Seen braucht das Land“ des Landesamtes für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz Nordrhein-Westfalen (LANUV) am 22. März 2011 in Haltern, <http://www.nua.nrw.de/nua/content/de/veranstaltungsberichte/034-11/bericht.html>)

Frost, U.:

„Der Wiedereinstau der Fürwiggetalsperre – Limnologie und Trophie“
„Refilling of the Fürwigge Storage Reservoir – Limnology and Trophic Level“
(veröffentlicht in: KW Korrespondenz Wasserwirtschaft, 5. Jahrgang, Heft 1/2012, S. 17-21)

Frost, U.:

„Talsperren – Bewirtschaftung und Monitoring“
„River dams – Management and Monitoring“
(Vortrag anlässlich der Fachtagung zum zehnjährigen Jubiläum der Station „öko-sorpe“ am 29. Februar 2012 in Sundern, http://www.bezreg-arnsberg.nrw.de/presse/2012/03/044_12/index.php)

Grünebaum, T.:

„Das Trittsteinkonzept“
„The concept of stepping stone“
(Vortrag anlässlich des IHK-Forums Wasser 2011 „Die Wasserrahmenrichtlinie (WRRL) – kostengünstige Umsetzung in Unternehmen“, Krefeld, Tagungsunterlagen (Präsentationsfolien))

Grünebaum, T.:

„Leben braucht Wasser – Effiziente Wasserwirtschaft für die Region – der Ruhrverband sorgt dafür“
„Life needs water ...Ruhrverband takes care“
(Vortrag anlässlich einer Veranstaltung des Lions Club Phönix am 21. Juli 2011 in Dortmund, Tagungsunterlagen (Präsentationsfolien))

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 NRW Symposiums „Vom Fahrplan zur Umsetzung“ vom 19. bis 20. April 2012 in Oberhausen)

Grünebaum, T.; Thöle, D.; Enxing, K.; Lorenz, G.:

„Betriebserfahrungen mit der weitergehenden Elimination von Mikroverunreinigungen aus kommunalem Abwasser auf der Kläranlage Schwerte“
„Operational experiences from with advanced elimination of micropollutants from urban wastewater at the wastewater treatment plant Schwerte“
(Vortrag anlässlich des 23. Hamburger Kolloquiums zur Abwasserwirtschaft der Fachhochschule Hamburg-Harburg vom 31. August bis 1. September 2011 in Hamburg-Harburg, Tagungsunterlagen (Manuskript))

Grünebaum, T.; Jagemann, P.:

„Mikroverunreinigungen im Wasserkreislauf – Problemrelevanz und Perspektiven für Essen aus Sicht der Abwasserentsorgung“
“Micropollutants in water circle – relevance and perspectives for the city of Essen from point of view of wastewater disposal”
(Vortrag anlässlich der 17. Sitzung des Ausschusses für Umwelt, Verbraucherschutz, Grün und Gruga der Stadt Essen am 13. September 2011 in Essen, Tagungsunterlagen (Präsentationsfolien))

Grünebaum, T.:

„Strategien zur Gewässer- und Auenentwicklung im Kontext der Wasser-rahmenrichtlinie“
“Strategies of development of waterbodies and floodplains in the context for EU-Water Framework Directive”
(Vortrag anlässlich des DWA-WasserWirtschaftskurses N/7 „Fließgewässer“ vom 07. bis 09. März 2012 in Kassel, Tagungsunterlagen (Manuskript))

Grünebaum, T.; Thöle, D.; Keyzers, Chr.; Pinnekamp, J.:

„Weitergehende Spurenstoffelimination mittels dynamischer Rezirkulation auf der Kläranlage Schwerte des Ruhrverbands“
“Advanced removal of micropollutants by dynamic recirculation at the wastewater treatment plant Schwerte of Ruhrverband”
(Vortrag anlässlich der 45. Essener Tagung 2012 vom 14. bis 16. März 2012 in Essen, GWA-Schriftenreihe Nr. 230, ISBN: 978-3-938996-36-2, S. 57-1- 57/13, Manuskript)

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-Wasser-rahmenrichtlinie in NRW vom 19. bis 20. April 2012 in Oberhausen, Tagungsunterlagen (Manuskript))

Hoffman, A.; Schmidt, M.; Kühlmann, M.:

„Fisch- und Gewässerschutz an Wasserkraftanlagen in NRW – Projekte und Perspektiven“
“Fish protection and water pollution control at hydro power plants in NRW – projects and perspectives”
(Vortrag vor dem Energieausschuss des Landtags Nordrhein-Westfalen am 19. Oktober 2011 in Düsseldorf)

Hoffmann, A.; Schmidt, M.; Lehmhaus, B.; Langkau, M.; Kühlmann, M.; Jesse, M.; Klinger, H.; Belting, K.; Weimer, P.:

„Fischschutzmöglichkeiten an Wasserkraftanlagen - Schutzmaßnahmen für Jung- und Kleinfische im Turbinenzulaufkanal hinter dem Rechen“
“Protection of fish at hydropower plants - individual measures for young fishes in the turbine channel behind the screen”
(veröffentlicht in: Natur in NRW, Heft Nr. 4/2010, S. 21-25, des Landesamtes für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz (LANUV) in Recklinghausen)

Jardin, N.:

„Energieautarkie durch die Deammonifikation von Schlammwasser aus der Entwässerung?“
“Self-sufficiency of wastewater treatment plants by deammonification?”
(veröffentlicht in: Gewässerschutz-Wasser-Abwasser, Schriftenreihe des Instituts für Siedlungswasserwirtschaft der Rheinisch-Westfälischen Technischen Hochschule (RWTH) in Aachen, Band 230, H. 10/1–10/16)

Jardin, N.:

„Auswirkungen des Klimawandels und der demografischen Veränderungen auf die Siedlungsentwässerung beim Ruhrverband“
“Impacts of climate and demographic changes on urban drainage at Ruhrverband”
(Tagungsunterlagen zu den 12. Göttinger Abwassertagen am 28. Februar 2012 in Göttingen)

Jardin, N.:

„Phosphorrückgewinnung aus Klärschlamm und Klärschlammasche – Stand der Entwicklungen“
“Phosphorus recovery from sewage sludge and sludge ash – actual status”
(Tagungsunterlagen Euroforum-Konferenz: „Verwertung und Entsorgung von Klärschlamm“ am 29. Februar 2012 in Bergisch-Gladbach)

Jardin, N.:

“Challenges for German Water Utilities: Improving the Energy Efficiency for Wastewater Treatment”
„Herausforderungen für deutsche Wasserunternehmen: Verbesserung der Energieeffizienz bei der Abwasserreinigung“
(Tagungsunterlagen des IWA Cities of the Future Workshop am 2. April 2012 in Istanbul)

Jardin, N.; Podraza, P.; Schweder, H.; Weyand, M.:

„Auswirkungen von Niederschlagswassereinleitungen auf die Gewässergüte – Eine Zwischenbilanz nach fünf Jahren umfassender gewässerökologischer Untersuchungen“
“Impacts of stormwater discharges on water quality – An interim report after five years of extensive ecological investigations of receiving waters”
(veröffentlicht in: Gewässerschutz-Wasser-Abwasser, Schriftenreihe des Instituts für Siedlungswasserwirtschaft der Rheinisch-Westfälischen Technischen Hochschule (RWTH) in Aachen, Band 223, H. 60/1-60/15)

Jardin, N.:

“Full scale experience with the deammonification process to treat high strength sludge water – a case study”
„Großtechnische Erfahrungen mit der Deammonifikation bei der Behandlung stickstoffreicher Schlammwässer – eine Fallstudie“
(Tagungsunterlagen der IWA Specialist Conference: “Design, Operation and Economics of Large Wastewater Treatment Plants” vom 3. bis 6. September 2011 in Budapest)

Jardin, N.:

“Large-Scale Treatment of Micropollutants at the Schwerte WWTP of Ruhrverband”
„Entfernung von Mikroverunreinigungen auf der Kläranlage Schwerte des Ruhrverbands“
(Tagungsunterlagen der IWA Specialist Conference: “Design, Operation and Economics of Large Wastewater Treatment Plants” vom 3. bis 6. September 2011 in Budapest)

Jardin, N.:

“Drinking Water Demand Decrease and its Impacts on Services, Planning and Management”
„Verringerung des Trinkwasserbedarfs und die Auswirkungen auf Planung, Service und Betrieb“
(Tagungsunterlagen der ASTEE/IWA Conference: “Performance of Water Supply and Sanitation Utilities: Management and Local Governance” vom 5. bis 6. Oktober 2011 in Bordeaux)

Jardin, N.:

„Planerische und betriebliche Optimierung der Belüftung aus Sicht eines Betreibers“
“Planning and operational optimization of aeratin from the perspective of an operator”
(Tagungsunterlagen des IWAR Infotages Abwassertechnik: „Biologische Abwasserbehandlung im Spannungsfeld zwischen Belüftungseffizienz und Energieverbrauch“ am 24. November 2011 in Darmstadt)

Jardin, N.:

„Die Integrale Entwässerungsplanung beim Ruhrverband“
“Integrated urban drainage planning at Ruhrverband”
(Tagungsunterlagen des Gebietsforums Ruhr 2011 am 13. Dezember 2011 in Arnsberg)

Klopp, R.:

„Emission und Immission von Stickstoff und Phosphor im Ruhreinzugsgebiet“

“Emission and immission of nitrogen and phosphorus in the catchment area of the River Ruhr”

(Vortrag anlässlich des 39. Abwassertechnischen Seminars des Lehrstuhls für Siedlungswasserwirtschaft. Technische Universität München und Siedlungswasserwirtschaft und Abfalltechnik der Universität der Bundeswehr München am 14. Juli 2011, veröffentlicht in Berichte aus der Siedlungswasserwirtschaft, Technische Universität München, Heft Nr. 203/2011, S. 39-57)

Keysers, Chr.; Türk, J.; Gebhardt, W.; Klopp, R.; Pinnekamp, J.; Grünebaum, T.; Thöle, D.:

„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”

(Vortrag anlässlich der Jahrestagung „Wasser 2012“ der Wasserchemischen Gesellschaft vom 14. bis 16. Mai 2012 in Neu-Ulm, Tagungsunterlagen)

Klein, P.:

„Fallstudie: Maßnahmen eines Talsperrenbetreibers nach Fischsterben in einer Trinkwasserwassersperre“

“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; veröffentlicht im Tagungsband Nr. 230, Hrsg.: J. Pinnekamp in Aachen. Gesellschaft zur Förderung der Siedlungswasserwirtschaft an der Rheinisch-Westfälischen Technischen Hochschule (RWTH) in Aachen e.V., 2012)

Kuhlmann, B.; Skark, C.; Zullei-Seibert, N.; Klein, A.; Neumann, M.:

„Bewertung der Trinkwasserrelevanz von Chemikalien im Rahmen der REACH-Verordnung“

“Assessment of the drinking water relevance of chemicals in the framework of REACH”

(Wasserchemische Gesellschaft - Fachgruppe in der Gesellschaft Deutscher Chemiker (Hrsg.). „Wasser 2011“ Jahrestagung der Wasserchemischen Gesellschaft vom 30. Mai bis 1. Juni 2011 in Norderney, S. 88-90)

Kühlmann, M.:

„Experimentelle Untersuchungen zur Schädlichkeit einer Kleinwasserkraftanlage mit Kaplan turbine und geringer Fallhöhe für Jungfische und Neunaugen“

“Pilot investigations about the detrimental effects of small hydro power plants with caplan turbines and low head on young fish and lamprey” (Vortrag anlässlich der Informationsveranstaltung „Fischerei in NRW“ des Fischereiverbandes NRW und des Verbandes der Fischereigenossenschaften NRW e.V. am 17. Mai 2011 an der Haspertalsperre)

Kühlmann, M.:

„Fischbestanduntersuchungen der Ruhrstauseen – eine zusammenfassende Darstellung der Befischungsergebnisse im Zeitraum 2001-2010“

“Fish stock investigations at the impounded lakes of the river Ruhr – Representation of the results throughout 2001 to 2010”

(Vortrag anlässlich der Genossenschaftsversammlung der Ruhrfischereigenossenschaft am 11. November 2011 in Essen)

Lemmer, H.; Helmer-Madhok, C.; Kappeler, J.; Zander-Hauck, S.:

„Abwasserbiologische Untersuchungen – muss das sein?“

In der Kläranlagenpraxis lösen sie Probleme“

“Are biological wastewater tests really necessary? In the day-to-day operation of sewage treatment plants they can solve problems”

(veröffentlicht in: KA Korrespondenz Abwasser, Abfall, 59. Jahrgang, Heft 5/2012, S. 437-445, ISSN 1866-0029)

Lübken, M.; Gehring, T.; Grünebaum, T.; Janzen, M.; Wichern, M.:

„Simulative Evaluierung unterschiedlicher Steuerungsstrategien des Rezirkulationsbetriebes der Kläranlage Schwerte bei Pulveraktivkohledosierung zur Spurenstoffelimination“

“Evaluation of different control strategies by simulation of recirculation process at the WWTP Schwerte with dosage of powdered activated carbon”

(Vortrag anlässlich der DWA/VDI-Tagung „Mess- und Regeltechnik in abwassertechnischen Anlagen“ vom 25. bis 26. Oktober 2011 in Fulda, Tagungsunterlagen (Präsentationsfolien))

Podraza, P.; Köhlmann, M.:

„Ökologische Unterhaltung des Fischeaufstiegs Harkortsee“

“Ecological maintenance of the fish pass at lake Harkort (Ruhr)”

(Herausgeber: Deutsche Gesellschaft für Limnologie e.V. (DGL). Erweiterte Zusammenfassung der Jahrestagung 2010 in Bayreuth, S. 307-311)

Podraza, P.; Köhlmann, M.:

„Erfolgskontrolle der Fischeaufstiegsanlage Harkortsee“

“Performance review of the fish way to Lake Harkort”

(veröffentlicht in: Natur in NRW 1/2011, S. 30-32, Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz Nordrhein Westfalen (LANUV) in Recklinghausen 2012)

Podraza, P.:

„Wirken Maßnahmen im urbanen Raum?“

“Are measures efficient at rivers in urban areas?”

(veröffentlicht in: KW Korrespondenz Wasserwirtschaft, Heft 10, S. 553-557)

Podraza, P.; Köhlmann, M.:

„Erfolgskontrolle der Fischeaufstiegsanlage Harkortsee“

“Monitoring the efficiency of the fish pass at lake Harkort (Ruhr)”

(veröffentlicht in: Natur in NRW, Heft 1/2011, S. 30-32, Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz Nordrhein-Westfalen))

Podraza, P.:

„Gewässerentwicklung im urbanen Raum“

“River restoration in urban areas”

(Vortrag anlässlich des DWA Wasserwirtschaftskurs N/7 vom 7. bis 9. März 2012 in Kassel, 15 Seiten)

Preuß, C.; Nießner, M.; Borgmann, A.; Jurzik, L.; Stolpe, H.; Remmler, F.; Wilhelm, M.:

„Veränderung wasserassoziierter Krankheitserreger in den Trinkwasser-Ressourcen Nordrhein-Westfalens unter dem Einfluss des Klimawandels“

“The effect of climate change on water born pathogenes in Nordrhein-Westphalia”

(Wasser im Wandel? Die Folgen der globalen Erwärmung für die Wasserwirtschaft in Nordrhein-Westfalen. Veranstaltung am 27. Januar 2011 in Recklinghausen)

Roesler, F.; Anders, T.:

„Prozessintegration der Talsperrenüberwachung in eine GeODin-Datenbank“

“Integration of the dam monitoring process in a GeODin database”

(Vortrag anlässlich des 8. Mittweidaer Talsperrentages im April 2012 in Mittweida)

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 22. März 2012 in Rüsselsheim)

Schnatmann, C.:

„Sicherer Betrieb von Faulgasanlagen“

“Safety operation of digester gas plants”

(Vortrag anlässlich des 2-tägigen DWA-Seminars vom 22. bis 23. Mai 2012 in Siegburg)

Schnatmann, C.:

„Wirkungsgrad von BHKW – Kritische Anmerkungen aus Sicht eines Betreibers“
„Efficiency of combined heat and power plants – critical notes of view of an operator“
(Vortrag anlässlich der DWA-Energietage vom 14. bis 16. November 2011 in Kassel)

Schweder, H.:

„Integrale Entwässerungsplanung (IEP) beim Ruhrverband unter besonderer Berücksichtigung von Einleitungen der Siedlungsentwässerung“
„Integrated optimisation of urban waste water systems under special consideration of urban discharges“
(Deutsche Gesellschaft für Limnologie (DGL). Erweiterte Zusammenfassungen der Jahrestagung 2010 in Bayreuth, S. 257-260, Hardeggen 2011)

Schweder, H.; Rullich, L.; Weyand, M.:

„Renaturierungsmaßnahmen am Sprockhöveler Bach – Verbesserung des ökologischen Potentials im urbanen Bereich“
„Rehabilitation measures at the Sprockhoevel creek – improvement of the ecological potential in Urban areas“
(Vortrag anlässlich der Jahrestagung der Deutschen Gesellschaft für Limnologie (DGL) vom 12. bis 16. September 2011 in Freising)

Skark, C.; Schünke, H.; Peterwitz, U.; Zullei-Seibert, N.; Schlett, C.; Gatzemann, U.:

„Organische Spurenstoffe in der Ruhr – Ergebnisse des Monitorings der Arbeitsgemeinschaft der Wasserwerke an der Ruhr (AWWR)“
„Trace organics in the River Ruhr – monitoring results of waterwork association of the River Ruhr“
(VOM WASSER (Hrsg.): Vom Wasser 2011 – WILEY-VCH, 109. Jahrgang, Heft 2/2011, S. 46-48)

Skark, C.; Kuhlmann, B.; Krutz, H.:

„Ableitung ökotoxikologisch begründeter Schwellenwerte und Dossiers zu Geringfügigkeitsschwellenwerten für ausgewählte organische Parameter“
„Derivation of ecotoxicological threshold values and reports about insignificance threshold values for selected organic chemicals“
(DGMK-Forschungsbericht 735, Hamburg 2011, 60 S.)

Weyand, M.:

„Der Bewirtschaftungsplan im Spiegel der Realität; 11. Workshop Flussgebietsmanagement“
„The management plan in reflection of actual activities; 11th Workshop on river basin management“
(Vortrag anlässlich des 11. Workshops Flussgebietsmanagement als Gemeinschaftsveranstaltung von DWA, EWA, DVGW und BWK (NRW) in Kooperation mit dem IFWW vom 8. bis 9. Dezember 2010 in Essen, veröffentlicht in: KW Korrespondenz Wasserwirtschaft, 4. Jahrgang, Heft 7/2011, S. 370-376, ISSN 1865-9926)

Weyand, M.; Schmidt, A.:

„Ökologischer Umbau der Gewässer anhand aktueller Beispiele“
„Ecological rehabilitation of rivers – actual examples“
(Vortrag anlässlich des RV-Forums am 7. Juni 2011)

