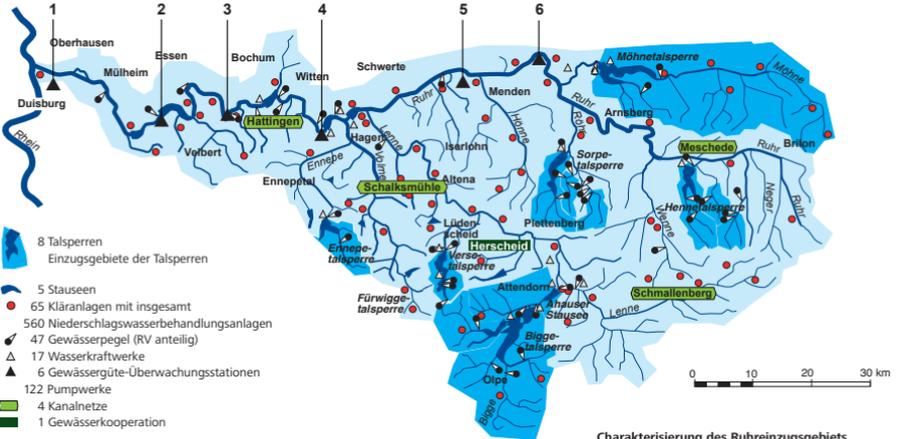




# Einzugsgebiet des Ruhrverbands

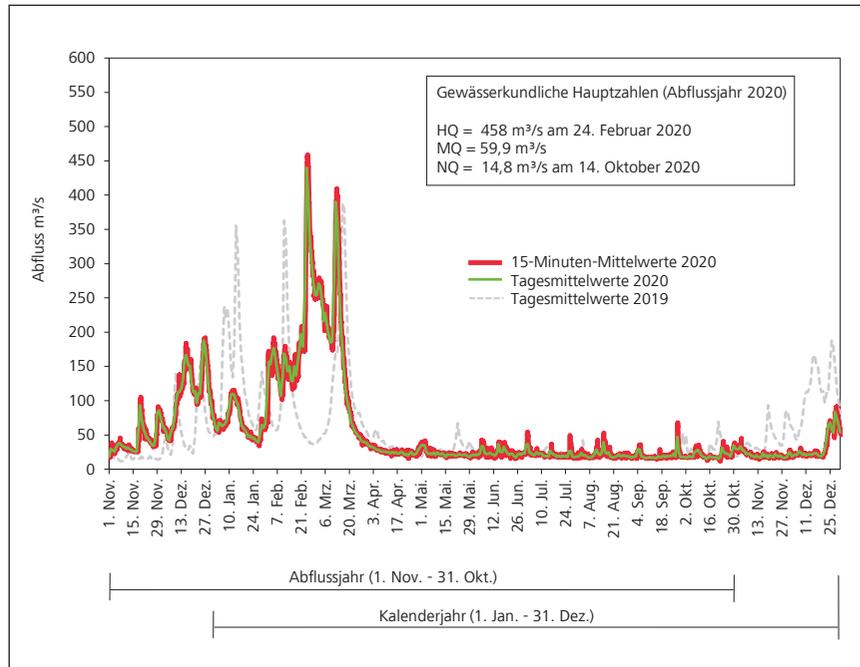


## Gewässergüte-Überwachungsstationen (kontinuierlich)

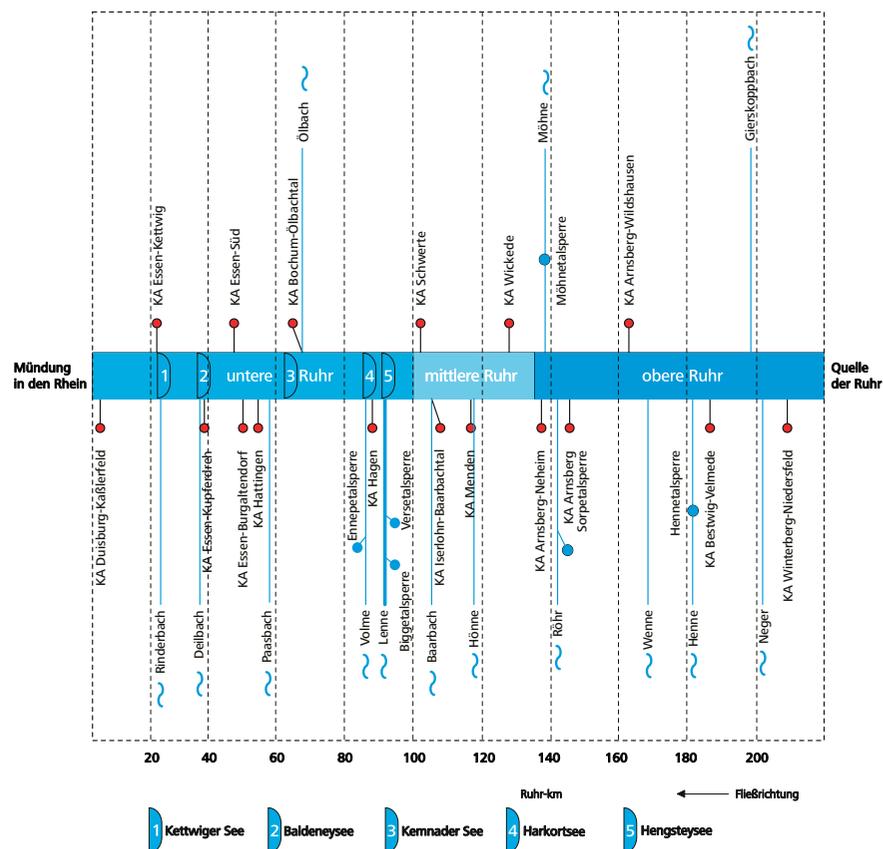
- ▲ 1. Duisburg (Ruhr-km 2,65)
- ▲ 2. Essen-Werden (Ruhr-km 31,18)
- ▲ 3. Hattingen (Ruhr-km 56,70)
- ▲ 4. Wetter (Ruhr-km 81,49)
- ▲ 5. Fröndenberg (Ruhr-km 113,78)
- ▲ 6. Echthausen (Ruhr-km 128,32)

## Charakterisierung des Ruhreinzugsgebiets nach EG-WRRL

Fläche:	4.478 km <sup>2</sup>
Höhenverhältnisse:	20 bis 800 m ü. NN
Anzahl der Planungseinheiten:	9
Gesamtlänge der Fließgewässer:	~7.000 km
Anzahl Gewässer im Einzugsgebiet > 10 km <sup>2</sup> :	122
Anzahl Grundwasserkörper:	30
178 natürliche und 65 als erheblich verändert ausgewiesene Wasserkörper	



15-Minuten-Mittelwerte und Tagesmittelwerte des Abflusses der Ruhr am Pegel Hattingen/Ruhr im Abfluss- und Kalenderjahr 2020  
Runoff means during 15 minutes and 24 hours at the gauging station Hattingen/Ruhr in the water year and calendar year 2020



#### Wir danken

Dr. Anna Bachmann-Machnik (Kapitel 10),  
Therese Dreier (Kapitel 5),  
Dr. Christine Erger (Kapitel 7),  
Danijela Frojn (Kapitel 2, 4, 6, 9),  
Uwe Frost (Kapitel 3,12),  
Swetlana Graf (Kapitel 13),  
Prof. Thomas Grünebaum (Kapitel 8),  
Dr. Christoph Härtel (Kapitel 2, 7, 8, 11),  
Christian Högel (Kapitel „In Kürze“, 9),  
Jens Kaulfuss (Kapitel 7),  
Dr. Christina Meinert-Berning (Kapitel 10),  
Ronja Nappe (Kapitel 4, 5),  
Annika Schönfeld (Kapitel 10),  
Axel Sommerfeld (Kapitel 13),  
Dr. Michael Weyand (Kapitel 8),  
Meike Wilbertz (Kapitel 8) und  
Georg zur Strassen (Kapitel 1)  
als Autorinnen und Autoren sowie allen Beschäftigten des Ruhrverbands,  
die am vorliegenden Ruhrgütebericht mitgewirkt haben.

#### Titelbild:

Um auch künftig in der Ruhr vorkommenden Spurenstoffen optimal entgegenzutreten zu können, ergänzen die Mitgliedsunternehmen der AWWR die Ruhrwasserwerke aus Gründen der Vorsorge um zusätzliche technische Verfahrensschritte. Dadurch werden die Vorgaben des Programms „Reine Ruhr“ des Landes NRW umgesetzt. Bereits mit einer Weitergehenden Aufbereitung ausgerüstet sind unter anderem (erste Reihe v.l.) das Wasserwerk der Stadtwerke Arnsberg, das Wasserwerk Echthausen von WWWW, das Wasserwerk Hengstey von Mark-E sowie (zweite Reihe v.l.) das Wasserwerk Essen von WGE, das Wasserwerk Westhofen von WWWW und das Verbundwasserwerk Witten.



<b>Bericht des Ruhrverbands</b>	4	<b>Die Arbeitsgemeinschaft der Wasserwerke an der Ruhr e. V. (AWWR) im Jahr 2020</b>	148
<hr/>		<hr/>	
<b>Vorwort</b>	6	<b>Bericht des Vorsitzenden der AWWR</b>	150
<hr/>		<hr/>	
<b>In Kürze</b>	8	15 AWWR-Ausschusstätigkeit	152
<hr/>		– Ausschuss Wassergüte	152
1 Wasserführung der Ruhr	16	– Ausschuss Wassergewinnung und -aufbereitung	155
<hr/>		– Ausschuss Öffentlichkeitsarbeit	156
2 Grundlagen der Bewertung von Gewässeranalysedaten im Ruhrgütebericht	17	<hr/>	
<hr/>		Beiträge aus Wasserwerken und Institutionen	158
3 Physikalisch-chemische Überwachungen der Ruhr	24	16 Monitoring organischer Spurenstoffe in der Ruhr	158
– Messstelle Ruhr bei Essen-Rellinghausen und Gewässerüberwachungsstationen	27	17 Herausforderungen in der Wasserversorgung: Verbundlösungen als Antwort auf den Klimawandel	170
– Ergebnisse der wöchentlichen Untersuchungen	31	18 Weitergehende Aufbereitung des Trinkwassers an der Ruhr	174
– Ruhrlängsuntersuchungen	31	– Das „Schwerter Verfahren“ im Wasserwerk Westhofen – Höchste Sicherheit für die Trinkwasserqualität bei Wasserwerke Westfalen	174
<hr/>		– Inbetriebnahme der Weitergehenden Aufbereitungsstufe (WAS) im Wasserwerk Hengstey	178
4 Monitoring gemäß EG-WRRL der Ruhr und ihrer Nebengewässer	41	19 Einsatz eines polymeren Flockungsmittels auf Basis nachwachsender Rohstoffe in der Wassergewinnung Essen-Burgaltendorf	182
– Physikalisch-chemische Untersuchungen gemäß EG-WRRL	41	20 Einsatz von Photovoltaikanlagen bei den Wasserversorgern an der Ruhr	188
– Hydrobiologische Untersuchungen gemäß EG-WRRL	52	21 Umweltgerechte Außenbeleuchtung im Wasserwerk Hagen-Hengstey	189
<hr/>		<hr/>	
5 Trophische Situation in der Ruhr	65	22 Organisation der Arbeitsgemeinschaft der Wasserwerke an der Ruhr e.V. (AWWR)	193
– Planktonuntersuchungen	65	– Mitglieder und ständige Gäste	193
– Makrophytenuntersuchungen	72	– Kontakte	193
<hr/>		– Ausschüsse und Arbeitskreise	194
6 Talsperrenuntersuchungen	79	<hr/>	
– mit besonderem Blick auf die Ennepetalsperre	79	23 Die AWWR in Zahlen	197
<hr/>		<hr/>	
7 Organische Spurenstoffe in der Ruhr	88	24 Analysenergebnisse des Ausschusses Wassergüte	198
<hr/>		– Einführung	198
Sonderthemen	103	– Kommentar zu den Untersuchungsergebnissen	202
8 Spurenstoffe und ökologischer Zustand von Fließgewässern	103	<hr/>	
9 Untersuchungen zur Emissions- und Immissions-situation im Einzugsgebiet der Unteren Lenne	109	<b>Auswahl von Veröffentlichungen</b>	243
10 Vier Jahre Baden an der Badestelle Seaside Beach	125	<hr/>	
– Rückblick und Ausblick	125		
11 Polare Substanzen in der Ruhr	133		
<hr/>			
12 Registrierte Gewässerverunreinigungen des Jahres 2020	140		
<hr/>			
13 Leistungen der Kläranlagen des Ruhrverbands	141		
<hr/>			
14 Der Ruhrverband in Zahlen	146		
<hr/>			

# Contents

<b>Report of the Ruhrverband</b>	4	<b>Association of Ruhr Waterworks (AWWR) in 2020</b>	148
<hr/>			
<b>Preface</b>	7	<b>Report of the AWWR Chairman</b>	150
<hr/>			
<b>In brief</b>	12	15 Activities of AWWR committees	152
1 Flow of the River Ruhr	16	– Water quality committee	152
<hr/>			
2 Basic parameters for the evaluation of analysis data for waters	17	– Water catchment and treatment committee	155
<hr/>			
3 Physico-chemical Ruhr water monitoring	24	– Public relations committee	156
– Measuring point Ruhr at Essen-Rellinghausen and water monitoring stations	27	<hr/>	
– Results of the weekly Ruhr examinations	31	Reports from waterworks and institutions	158
– Examinations along the Ruhr	31	16 Monitoring of organic trace substances in the Ruhr	158
<hr/>			
4 Examinations of the Ruhr and its tributaries in line with the European Water Framework Directive	41	17 Challenges in water supply: joint solutions to respond to climate change	170
– Physico-chemical examinations	41	18 Advanced treatment of drinking water along the Ruhr	174
– Hydrobiological examinations	52	– The “Schwerte model” at the waterworks Westhofen – highest safety for drinking water quality at Wasserwerke Westfalen	174
<hr/>			
5 Trophic situation in the Ruhr	65	– Operation of the advanced treatment level (WAS) at the waterworks Hengstey	178
– Plankton examination	65	19 Usage of a polymer flocculant based on renewable raw materials in the water sourcing process at Essen-Burgaltendorf	182
– Macrozoobenthos examination	72	20 Application of photovoltaic systems at the water suppliers along the Ruhr	180
<hr/>			
6 Reservoir examinations		21 Environmentally appropriate outdoor lighting at the waterworks Hagen-Hengstey	189
– with particular regard to the Ennepe Reservoir	79	<hr/>	
<hr/>			
7 Organic micropollutants in the Ruhr	88	22 Structure of the AWWR	193
<hr/>			
Special topics	103	– Members and permanent guests	193
8 Trace substances and ecological status of flowing waters	103	– Contacts	193
9 Examinations of the emission and immission situation in the catchment area of the lower Lenne	109	– Committees and working groups	194
10 Four years of bathing at the bathing spot Seaside Beach – review and outlook	125	<hr/>	
11 Polar compounds in the Ruhr	133	23 The AWWR – facts and figures	197
<hr/>			
12 Registered cases of water pollution in 2020	140	<hr/>	
<hr/>			
13 Performance of the Ruhrverband’s sewage treatment plants	141	24 Analytical findings of the water quality committee	198
<hr/>			
14 The Ruhrverband – facts and figures	146	– Origin and processing of data	198
<hr/>			
		– Explanation and annotation	202
		<hr/>	
		<b>Selection of publications</b>	243
		<hr/>	



*Die Ennepetalsperre stand im Jahr 2020 im Fokus der Talsperrenuntersuchungen des Ruhrverbands. Mehr dazu in Kapitel 6.*



Das Talsperrensystem des Ruhrverbands wird durch immer häufiger auftretende ausgeprägte Trockenphasen wie etwa in den Sommern 2018 bis 2020 stark beansprucht und weist zu Beginn eines jeden Herbstes unterdurchschnittliche Füllstände auf. In den Monaten April bis September des aktuellen Berichtsjahres 2020 fielen nur 58 % des langjährigen durchschnittlichen Niederschlags (Kapitel 1). Es ist damit das zwölfte Abflussjahr in Folge mit einem Niederschlagsdefizit. Die Wasserführung der Ruhr musste in Villigst an 196 Tagen und an der Mündung an 152 Tagen durch erhöhte Abgaben aus den Talsperren unterstützt werden. An der Mündung ist dies die höchste, am Pegel Villigst die zweitgrößte Anzahl zuschusspflichtiger Tage seit Novellierung des Ruhrverbandsgesetzes im Jahr 1990.

Die bereits heute feststellbaren Folgen und weitere zukünftig zu erwartenden Veränderungen der hydrologischen Verhältnisse durch den Klimawandel waren bei der Festlegung der Grenzwerte im Jahr 1990 nicht vorhersehbar. Der Ruhrverband und das Umweltministerium Nordrhein-Westfalen überprüfen daher unter Einbeziehung der Arbeitsgemeinschaft der Trinkwasserwerke an der Ruhr (AWWR) sowie externer GutachterInnen aktuell, ob und wie durch Änderungen der Grenzwerte im Ruhrverbandsgesetz die Klimaresilienz des Talsperrensystems verbessert werden kann. Im Fokus steht die Sicherung der Trinkwasserversorgung für 4,6 Millionen Menschen. Zusätzlich sollen auch Fragen der Wasserqualität, der Gewässerökologie sowie des Naturschutzes eingehend analysiert werden. Aufgrund der Trockenheit mussten die Grenzwerte der Mindestwasserführung in den letzten drei Jahren, jedes Mal mit einer entsprechenden Ausnahmegenehmigung des Umweltministeriums, mehrfach abgesenkt werden, um die Trinkwasserversorgung sicherstellen zu können. Die Absenckphasen wurden durch umfassende Monitoringprogramme seitens des Ruhrverbands begleitet. Hinweise auf negative Veränderungen der Gewässergüte infolge geringerer Grenzwerte waren nicht erkennbar.

Im Rahmen der gewässerökologischen Untersuchungen an der Ruhr und ihren Nebengewässern gemäß EG-WRRL konnten 74 von 76 untersuchten Stellen im Hinblick auf den saprobiellen Zustand mit „gut“ oder „sehr gut“ bewertet werden. In der Bewertung der Artenzusammensetzung und der Anzahl wirbelloser Tiere (Makrozoobenthos) einschließlich des Moduls Allgemeine Degradation wiesen 49 % der im Zeitraum 2015 bis 2020 untersuchten Probenahmestellen im Einzugsgebiet der Ruhr einen guten bzw. sehr guten Zustand auf. Im bundesweiten Vergleich ist dies zwar ein guter Wert, allerdings besteht nach wie vor Verbesserungspotenzial vor allem bei den Gewässerstrukturen (Kapitel 4). Im letzten Jahr hat der Ruhrverband mit der Inbetriebnahme des Fischliftsystems am Baldeneysee eine innovative Maßnahme zur Verbesserung der ökologischen Qualität der Ruhr verwirklicht. Die ersten Betriebserfahrungen zeigen, dass diese Fischaufstiegsanlage von Fischen und anderen aquatischen Lebewesen gut angenommen wird und damit einen wichtigen Beitrag zur Durchgängigkeit der Ruhr leistet.

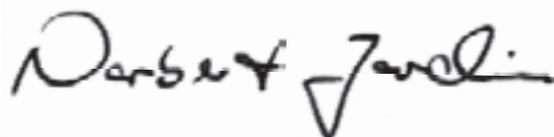
Bei der Untersuchung von organischen Mikroverunreinigungen zeigte sich, dass die nachgewiesenen Pharmaka, Diagnostika oder deren Metaboliten nur in wenigen Ausnahmefällen die für sie geltenden Grenz- bzw. Zielwerte überschritten haben. Die Orientierungswerte für den Komplexbildner EDTA wurden sicher eingehalten. Pflanzenschutzmittel und deren Metabolite konnten in der Ruhr nur in wenigen Fällen oberhalb ihrer jeweiligen Bestimmungsgrenzen nachgewiesen werden. Bei den untersuchten hormonell wirksamen Substanzen wurden die Grenzwerte, sofern vorhanden, eingehalten. Für die perfluorierten Tenside (PFT) wurden bis auf PFOS mit seiner sehr niedrigen Umweltqualitätsnorm (UQN) die Anforderungen sicher eingehalten (Kapitel 7).

Das Baden in der Ruhr ist seit dem Jahr 2017 an der Bade- stelle Seaside Beach am Nordufer des Baldeneysees wieder möglich. Ein Frühwarnsystem für die Badestelle prognostiziert hygienisch kritische Ereignisse auf der Grundlage von Niederschlagsdaten. In der ersten Badesaison 2017 durfte bereits an 47 Tagen gebadet werden. Durch Messkampagnen an Regenüberlaufbecken und Kläranlagenabläufen konnte ein Eintrags- und Bilanzmodell zur Optimierung des Frühwarnsystems erstellt werden. Nach erfolgter Optimierung lag die Zahl der Badetage in den beiden Folgejahren höher und betrug im Jahr 2020 69 Tage. Ende des Jahres 2020 wurde für die Badestelle Seaside Beach die Badewasserqualität nach Badegewässer- ordnung vom LANUV bewertet und erhielt mit dem Prädikat „gut“ die zweitbeste Bewertung (Kapitel 10).

Erfreulicherweise bewegt sich die Zahl der relevanten Gewässer- verunreinigungen seit Jahren auf einem sehr niedrigen Niveau; im aktuellen Berichtsjahr wurde nur ein einziger Vorfall registriert. Im Juni hat eine Firma Werkstücke gekühlt sowie Reinigungsarbeiten durchgeführt. Das durch Eisengraphit ver- unreinigte und vollständig schwarz gefärbte Wasser wurde über den Hofeinlauf direkt in die Ihne, ein Nebengewässer der Bigge, geleitet. Ein Fischsterben konnte nicht festgestellt werden (Kapitel 12).

Allen Akteurinnen und Akteuren der Wasserwirtschaft an der Ruhr danken wir für ihre stetigen Bemühungen zur Verbesse- rung der Ruhrwasserqualität. Den Leserinnen und Lesern des 48. Ruhrgüteberichts wünschen wir eine anregende Lektüre.

Essen, im Juli 2021



Prof. Dr.-Ing. Norbert Jardin,  
Vorstandsvorsitzender und  
Vorstand Technik des Ruhrverbands



*Prof. Dr.-Ing.  
Norbert Jardin*

The Ruhrverband's reservoir system is under pressure due to increasingly occurring periods of extremely dry weather like during the summers of 2018, 2019 and 2020. At the beginning of each autumn, the water levels are therefore below average. Between April and September of the reporting year 2020, only 58% of the long-term average precipitation were recorded (chapter 1). It is thus the 12th runoff year in a row with a precipitation deficit. The flow of the River Ruhr had to be supported with higher releases of water from the reservoirs on 196 days at Villigst and on 152 days at the river's mouth. This is the highest number of days on which the reservoirs had to support the flow at the mouth and the second highest number of days at the gauging station Villigst since the revision of the Ruhrverband Act 1990.

The consequences of climate change that we already see today and the future changes to the hydrological conditions that we have to expect were not foreseeable when the limits were defined in 1990. This is why the Ruhrverband and the North Rhine-Westphalian Ministry for Environment are currently investigating whether and how revisions of the limits laid down in the Ruhrverband Act could improve the climate resilience of the reservoir system. This is done in consultation with the Association of Ruhr Waterworks (AWWR) as well as external reviewers. The investigations focus on safeguarding drinking water supply for 4.6 million people.

In addition, questions regarding water quality, water ecology and nature protection are to be thoroughly analysed. Due to the dry conditions, the limits for the minimum runoff had to be lowered during the past three years, requiring an applicable exception permit from the Ministry for Environment in order to secure the supply with drinking water. These periods with lower limits were accompanied by comprehensive monitoring programs carried out by the Ruhrverband. No indications of adverse implications for the water quality in wake of the lower limits could be detected.

In the hydroecological examinations along the Ruhr and its tributaries, 74 out of 76 monitored sampling points achieved "good" or "high" results in terms of their saprobic condition based on the European Water Framework Directive. In the

evaluation of the composition of species and the number of invertebrates (macrozoobenthos), 49% of the sampling points in the Ruhr catchment area monitored from 2015 to 2020 achieved a "good" or "high" classification. This is a good result compared to the status throughout Germany, but there is still room for improvement regarding water structures (chapter 4). Last year, the Ruhrverband installed a fish migration facility at Lake Baldeney, implementing an innovative measure to improve the ecological quality of the Ruhr. First experiences from the operation show, that fish and other aquatic organisms are making frequent use of the migration facility, which is therefore an important contribution to the continuous passability of the Ruhr.

The examinations on organic micropollutants showed that the detected pharmaceuticals, diagnostic agents or their metabolites have only exceeded their respective limit or target values in few exceptions. The reference values for the complexing agents EDTA were safely met. Crop protection products and their metabolites were only found in very few cases in concentrations exceeding the respective limits of quantification in the Ruhr. The monitored endocrinologically effective substances met their limits wherever limits applied. For perfluorinated compounds (PFC), all requirements were safely met apart from the very low Environmental Quality Standard for PFOS (chapter 7).

Since 2017, bathing in the Ruhr has been possible at the bathing spot Seaside Beach on the northern bank of Lake Baldeney. The early-warning system for the bathing spot forecasts critical sanitary incidents based on precipitation data. During the first bathing season in 2017, bathing was allowed already on 47 days. Measuring campaigns at the rainwater overflow tanks and the sewage treatment plant outlets served as a basis for a discharge and substance balance model in order to improve the early-warning system. After its optimization, the number of bathing days rose during the following two years and amounted to 69 days in 2020. At the end of 2020, the quality of the bathing water at the bathing spot Seaside Beach was evaluated by the North Rhine-Westphalian Agency for Nature, Environment and Consumer Protection (LANUV) according to the Bathing Water Regulation and was rated "good", achieving the second best category.

In the past few years, the incidents of water pollution categorized as relevant have fortunately remained on a very low level; during the reporting year, only one incident was registered. A company cooled workpieces and carried out cleaning activities in June. The contaminated water, completely blackened due to graphite iron, was discharged directly into the Ihne, a tributary to the Bigge river, via the factory yard's inlet. No fish die-offs were registered (chapter 12).

We thank all water management stakeholders along the Ruhr for their constant commitment to improving and maintaining the Ruhr's water quality. We hope that the 48th Ruhr Water Quality Report will be an inspiration for its readers.

### Wasserführung der Ruhr

Die Wasserführung eines Gewässers prägt maßgebend die aquatische Flora und Fauna und beeinflusst die unterschiedlichen Nutzungsmöglichkeiten. Zur Abmilderung negativer Auswirkungen extrem hoher oder niedriger Abflüsse und zum Ausgleich von Entnahme und Entziehung betreibt der Ruhrverband ein Talsperrenverbundsystem. Im Winterhalbjahr des Abflussjahres 2020 kam es zu zwei Hochwasserereignissen mit Überschreitungen der Hochwassermeldegrenze an der unteren Ruhr. Die abflussreichen Zeiten konnten im Anschluss an das zu trockene vorangegangene Abflussjahr 2019 zum Wiedereinstau der Talsperren genutzt werden. Der höchste Abfluss wurde am Pegel Hattingen am 24. Februar 2020 mit  $HQ_{2020} = 458 \text{ m}^3/\text{s}$  gemessen. Zwischen April und September 2020 fielen nur 58 % des langjährigen durchschnittlichen Niederschlags. Dadurch verschärfte sich das in den Vorjahren entstandene erhebliche Niederschlagsdefizit. Die Folgen waren eine verminderte Bodenfeuchte mit großflächig außergewöhnlichen Dürreverhältnissen und dadurch bedingt eine reduzierte Abflussbildung. Eine Stützung der Ruhrwasserführung durch erhöhte Abgaben aus den Talsperren war in diesem Abflussjahr in Villigst an 196 Tagen und an der Mündung an 152 Tagen erforderlich. An der Mündung ist dies die höchste, am Pegel Villigst die zweitgrößte Anzahl zuschusspflichtiger Tage in einem Abflussjahr seit Novellierung der Vorgaben im Ruhrverbandsgesetz im Jahr 1990. Das Abflussjahr 2020 war bei einem  $MQ_{2020} = 59,9 \text{ m}^3/\text{s}$  am Pegel Hattingen das zwölfte Abflussjahr in Folge mit einem Niederschlagsdefizit.

### Grundlagen der Bewertung von Gewässeranalysedaten im Ruhrgütebericht

Die Ergebnisse der Gewässeruntersuchungen werden hinsichtlich der chemischen Qualitätskomponenten im Ruhrgütebericht in erster Linie anhand der Umweltqualitätsnormen (UQN) der Anlagen 6 (flussgebietsspezifische Schadstoffe) und 8 (prioritäre Stoffe) sowie der Werte der Anlage 7 (allgemeine physikalisch-chemische Qualitätskomponenten) der Oberflächengewässerverordnung (OGewV) bewertet, welche u. a. die Einstufung, Darstellung und Überwachung des ökologischen Zustands, des ökologischen Potenzials und des chemischen Zustands von Oberflächengewässern regelt. Ergänzend finden gesetzlich nicht verbindliche Orientierungswerte des Leitfadens „Monitoring Oberflächengewässer“ des Landes NRW, Anlage D4, Anwendung. In der Regel erfolgt die Bewertung anhand von Mittel- bzw. Jahresdurchschnittswerten (JD). Neben Grenzwerten für die Wasserphase sind in der OGewV auch Anforderungen für elf Stoffe bzw. Stoffgruppen in Biota formuliert. Maßgeblich für deren Ableitung sind die Toxizität gegenüber fischfressenden Tieren sowie die für den Menschen tolerierbare Belastung durch Fischverzehr.

Der ökologische Zustand eines Wasserkörpers oder an einer Untersuchungsstelle wird gemäß den Vorgaben der EG-WRRL und der OGewV anhand der biologischen Qualitätskomponenten „Makrozoobenthos“, „Makrophyten und Phytobenthos“,

„Fischfauna“, sowie „Phytoplankton“ bewertet. Im Ruhrgütebericht wird ausschließlich die bestuntersuchte biologische Qualitätskomponente „Makrozoobenthos“ dargestellt, welche über die entsprechenden Module Aussagen zur saprobiologischen Wasserqualität (Saprobie), zum strukturellen Zustand (Allgemeine Degradation) und zur Versauerung eines Fließgewässers ermöglicht. Neben der Bewertung des ökologischen Zustands für die „natürlichen Wasserkörper“ (NWB) ist mittlerweile auch die Bewertung des ökologischen Potenzials für „erheblich veränderte Wasserkörper“ (Heavily Modified Water Body (HMWB)) möglich. Die ab dem Jahr 2015 untersuchten Probenahmestellen in HMWB werden daher mit ihrem ökologischen Potenzial bewertet. Probenahmestellen in kleineren Gewässern, die hydromorphologisch als HMWB zu charakterisieren sind, werden dem Worst-Case-Prinzip folgend nach dem ökologischen Zustand bewertet.

### Physikalisch-chemische Überwachungen der Ruhr

Seit über 90 Jahren wird die Ruhr an der Probenahmestelle Essen-Rellinghausen dreimal wöchentlich auf eine Vielzahl von Parametern untersucht. Zudem werden Nährstoffkonzentrationen und organische Belastung an sechs Probenahmestellen der Ruhr wöchentlich bestimmt. Seit dem Jahr 2017 ist dieses Programm in das der Ruhrlängsuntersuchungen integriert. Diese vierwöchentlichen Untersuchungen an zwölf Messstellen von der Quelle bis zur Mündung ermöglichen repräsentative Aussagen über räumliche und zeitliche Aspekte der Wasserbeschaffenheit. Zusätzliche Erkenntnisse ergeben sich durch kontinuierlich anfallende Messergebnisse der Gewässerüberwachungsstationen.

Mit Ausnahme von Einzelmessungen an vier Probenahmestellen zwischen Juni und August wurde im Berichtsjahr die Mindestanforderung für die Sauerstoffkonzentration im gesamten Ruhrverlauf eingehalten. Der in der OGewV vorgeschriebene pH-Wert von 8,5 wurde nur an den Messstellen Brücke Oeventrop und unterhalb Arnsberg sowie zwischen den Überwachungsstationen Hattingen und Duisburg in den algenreichen Zeiten überschritten. Die Konzentrationen von  $BSB_5$  und TOC hielten ebenso wie die der Kenngrößen Chlorid, Sulfat, Nitrat-Stickstoff, Ammonium-Stickstoff, Gesamtphosphor und ortho-Phosphat-Phosphor durchgehend die jeweiligen Anforderungen ein. Für Ammonium-Stickstoff erfolgte die Bewertung an acht Messstellen sogar mit „sehr gut“. Die Gehalte der prioritären bzw. prioritär gefährlichen Schwermetalle Blei, Nickel, Quecksilber und – mit Ausnahme des Bereichs unterhalb der Valmemündung – Cadmium erfüllten die UQN für den guten chemischen Zustand. Für das gesetzlich nicht verbindlich geregelte Chrom sowie die flussgebietsspezifischen Schadstoffe Silber, Selen und Thallium erfolgte die Einstufung in den sehr guten bzw. guten Zustand, während sich mit vier Ausnahmen für Zink ab der Probenahmestelle unterhalb Valme und für Kupfer mit Ausnahme der ersten drei Messstellen in der Ruhr eine mäßige Bewertung ergab. In beiden Fällen ist eine Verschärfung des Qualitätskriteriums zu berücksichtigen.

## Monitoring gemäß EG-WRRL der Ruhr und ihrer Nebengewässer

Im Rahmen des operativen Monitorings wurden in Abstimmung mit dem Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz NRW (LANUV) nach EG-WRRL in neun Planungseinheiten insgesamt 54 Gewässer auf physikalisch-chemische Kenngrößen untersucht. Für die meisten Parameter und für einen Großteil der Probenahmestellen ergibt sich dabei eine gute oder sehr gute Bewertung. Die Qualitätsanforderung für den pH-Wert konnte an 11 % der Messstellen nicht eingehalten werden. Aufgrund der langandauernden Trockenwetterphasen wurden an 13 % der Probenahmestellen die Wassertemperatur und an 36 % der Stellen der Sauerstoffgehalt mit „mäßig“ bewertet. Auch hinsichtlich der Nährstoff- und der organischen Belastung lagen die mittleren Konzentrationen auf höherem Niveau als in den Vorjahren, so dass 14 % der Ammonium-Stickstoff- und 30 % der Phosphor-Konzentrationen zu Überschreitungen der Anforderungen führten. Der gute Zustand wurde für die Kupferkonzentration an 73 % und für die Zinkkonzentration an 43 % der Probenahmestellen verfehlt. Für die Metalle Eisen, Silber, Thallium, Nickel und Cadmium sowie das Halbmetall Selen lag der Anteil der Überschreitungen zwischen 1 % und 5 %.

Seit dem Jahr 2007 wird der Gewässerzustand im Einzugsgebiet der Ruhr auf Basis der kooperativen Mitwirkung des Ruhrverbands beim operativen Gewässermonitoring gemäß EG-WRRL in Form von ökologischen Gewässerzustandskarten dargestellt. Im Rahmen der gewässerökologischen Untersuchungen an der Ruhr und ihren Nebengewässern konnten im Jahr 2020 74 von 76 Stellen im Hinblick auf den saprobiellen Zustand mit „gut“ oder „sehr gut“ bewertet werden. Von den insgesamt im Zeitraum 2015 bis 2020 untersuchten 421 Probenahmestellen in der Ruhr und ihren Nebengewässern zeigten fast alle einen guten oder sehr guten saprobiellen Zustand. Mit Blick auf die Allgemeine Degradation wiesen 205 Probenahmestellen, entsprechend 49 % der im Zeitraum 2015 bis 2020 untersuchten Probenahmestellen im Einzugsgebiet der Ruhr, einen guten bzw. sehr guten Zustand bzw. ein gutes oder besseres Potenzial auf. Ursache für den defizitären Zustand an der Hälfte der Probenahmestellen waren vielfach die nutzungsbedingt veränderten Gewässerstrukturen.

## Trophische Situation in der Ruhr

Das Jahr 2020 zeichnete sich durch im Vergleich zum Vorjahr leicht erhöhte Algenkonzentrationen in der unteren Ruhr aus. Erstmals seit etwa 20 Jahren kam es im August zu einer zweiten Planktonblüte, jedoch auf einem sehr viel geringeren Niveau als in der Zeit vor dem Jahr 2003. Das Sommerphytoplankton wurde vom Zooplankton reduziert. Das Jahr 2020 war das dritte in Folge mit überdurchschnittlich hohen Temperaturen und geringem Niederschlag. Dies beeinflusste die Zusammensetzung des Phyto- und Zooplanktons des Baldeneysee. In beiden Populationen konnten wärmeliebende Arten nachgewiesen werden. Als Ursachen für die geringe Dichte

von Phyto- und Zooplankton werden das in den oberen Ruhrstauseen verstärkte Auftreten von Makrophyten mit ihrem konkurrierenden Nährstoff- und Lichtbedarf bzw. der zunehmende Einfluss von algenfressenden Corbicula-Muscheln über die gesamte Fließstrecke angesehen.

Seit nunmehr zwölf Jahren werden die oberen Ruhrstauseen Harkortsee und Kemnader See in ihrer Trophie durch Makrophyten dominiert. Anders als im Vorjahr ist im Hengsteysee im Jahr 2020 wieder eine Zunahme der Makrophytenflächen zu verzeichnen. Der Baldeneysee wies im aktuellen Berichtsjahr ebenfalls wieder lokal dichte Massenbestände von Makrophyten auf. Die Bestände liegen bei drei Stauseen mit einer Bedeckung zwischen ca. 30 % bis 40 % nah beieinander, nur der Baldeneysee liegt mit etwa 10 % außerhalb dieses Bereichs. Im Rahmen des Forschungsprojektes Elodea II wurden im Jahr 2020 im Baldeneysee auf Testfeldern erneut Armleuchteralgen als Raumkonkurrenten von *Elodea nuttallii* angepflanzt. Die weitere Entwicklung der Armleuchteralgen wurde kontrolliert. Es erfolgte eine geringe Ausbreitung der Anpflanzungen aus dem Jahr 2018.

## Talsperrenuntersuchungen mit besonderem Blick auf die Ennepetalsperre

Die acht Ruhrverbandstalsperren dienen vor allem der Niedrigwasseraufhöhung und dem Hochwasserschutz. Durch das in Folge des Klimawandels bedingte Auftreten langer Trockenperioden hat der Wasserzuschuss aus den Talsperren zur Abflusssteuerung der Ruhr in den letzten Jahren an Bedeutung gewonnen. Zur Beurteilung ihres chemischen und ökologischen Zustands erfolgen limnologische Untersuchungen der Wasserkörper. Das aussagekräftigste Kriterium hierbei ist der Trophiegrad, bestehend aus dem Gesamtindex und den Einzelindizes für den Chlorophyll-a-Gehalt, die Phosphorkonzentration und die Sichttiefe. Die Möhne-, Bigge- und Hennetalsperre befinden sich seit vielen Jahren stabil in einem mesotrophen Zustand. In der Ennepetalsperre herrschten in den letzten sechs Jahren mittlere mesotrophe Verhältnisse, während sich die Listertalsperre im Grenzbereich zwischen Meso- und Oligotrophie bewegt. Die Sorpetalsperre konnte in den letzten Jahren als oligotroph bewertet werden. Während in der Versetalsperre weiterhin sicher oligotrophe Verhältnisse herrschen, ist in der Fürwiggetalsperre nach dem Wiedereinstau im Jahr 2007 ein Anstieg der Trophie in den oligotroph-mesotrophen Grenzbereich zu erkennen. Wegen Sanierungsarbeiten an der Hennetalsperre und ihrer damit einhergehenden geringeren Leistungsfähigkeit für die Niedrigwasseraufhöhung wurde im Jahr 2020 die Möhnetalsperre zur Aufrechterhaltung des Mindestabflusses in der Ruhr hydrologisch stark beansprucht. Durch den niedrigen Füllstand zusammen mit der langen Vegetationsperiode musste in der Möhnetalsperre noch im Spätsommer eine Tiefenwasserbegasung mit Sauerstoff erfolgen.

Die im Jahr 2020 näher betrachtete Ennepetalsperre wird neben den wasserwirtschaftlichen Aufgaben Niedrigwasseraufhöhung und Hochwasserschutz zur Stromerzeugung und

Trinkwasserversorgung genutzt. Der auf die klimabedingte Abnahme der Niederschläge im Einzugsgebiet zurückzuführende geringere Gesamtzufluss führte zu geringeren Frachten von Phosphor und Stickstoff, die in die Talsperre gelangten. An der Probenahmestelle Ennepetalsperre vor Mauer lagen die mittleren Konzentrationen an TP, TN und Chlorophyll-a jeweils auf dem gleichen niedrigen Niveau wie in den letzten fünf Jahren. Kieselalgen stellten zusammen mit Flagellaten die artenstärksten Algengruppen dar. Die aktuelle Zusammensetzung des Phytoplanktons mit einem artenreichen, an oligo- bis mesotrophe Verhältnisse angepassten Algenspektrum ist positiv zu bewerten. Das Zooplankton der Ennepetalsperre weist seit vielen Jahren eine ähnliche Artenzusammensetzung auf und besteht, wie auch an anderen oligo- bis mesotrophen Talsperren, hinsichtlich des Biovolumens zu 99 % aus Kleinkrebsen.

### **Organische Spurenstoffe in der Ruhr**

Im Jahr 2020 wurden in der Ruhr mehr als 440 zu den organischen Spurenstoffen zählende Substanzen - wie Flamm- schutzmittel, Komplexbildner, Weichmacher, Industriechemika- lien, Pestizide, Diagnostika und Medikamente sowie teilweise deren Abbauprodukte - routinemäßig untersucht. Soweit nicht anders erwähnt beziehen sich die Ergebnisse auf die Probe- nahmestelle in Essen-Rellinghausen. Nur in wenigen Ausnah- mefällen überschritten die nachgewiesenen Pharmaka, Diagnostika oder deren Metaboliten die für sie geltenden Grenz- bzw. Zielwerte. Die untersuchten Süßstoffe und die Komplexbildner EDTA und MGDA wurden wie in den Vorjah- ren regelmäßig in der Ruhr nachgewiesen, wobei der Orientie- rungswert (OW) für EDTA sicher eingehalten wurde. Erneut wurde nur ein geringer Anteil der untersuchten Pflanzen- schutzmittel und -metabolite oberhalb ihrer jeweiligen Bestim- mungsgrenzen detektiert. PAK waren in niedrigen Konzentra- tionen, die vereinzelt die UQN überschreiten, über den gesamten Verlauf der Ruhr nachweisbar. Ebenso wurde das Korrosionsschutzmittel 1H-Benzotriazol nachgewiesen, dessen Gesundheitlicher Orientierungswert (GOW) an allen Probenah- mestellen sicher unterschritten wurde. Zu den untersuchten, hormonell wirksamen Substanzen gehörten u. a. die Bispheno- le A und F, die Nonyl- und Octylphenole sowie die Steroidhor- mone und Phthalate, deren Grenzwerte, sofern vorhanden, eingehalten wurden. Dies trifft auch auf die analysierten Flamm- schutzmittel und Weichmacher, die Polybromierten Diphenylether, Hexabromcyclododecan, die Kurzkettigen Chloralkane und die Organophosphate mit Ausnahme der Polychlorierten Biphenyle, zu. Für die PFT wurden bis auf die sehr niedrige UQN von PFOS ebenfalls alle Anforderungen sicher eingehalten.

### **Spurenstoffe und ökologischer Zustand von Fließge- wässern**

Der ökologische Zustand wird von einer Vielzahl unterschied- licher Parameter beeinflusst. Neben Größen wie Temperatur und Globalstrahlung, deren Wirkung auf das Gewässer einfach zu bestimmen ist, ist bei anderen der Einfluss unklar oder un-

spezifisch. Hierzu zählt die Gruppe der Spurenstoffe, deren Einfluss nur anhand aufwendiger Untersuchungen sowie einem hohen Maß an Fachwissen bestimmt werden kann. Bestehende Konzepte, wie z. B. Mischungstoxizität und wir- kungsbezogene Analytik, greifen für die Bewertung der Spu- renstoffe auf Resultate von Laborexperimenten zurück und sind damit nur bedingt geeignet, die Effekte in der Natur zu beschreiben. In ihrer Gesamtheit deuten die Ergebnisse aus diversen Studien sowie aufwendiger Vergleiche vor und nach dem Bau von speziellen Verfahrensstufen zur Spurenstoffent- fernung auf Kläranlagen darauf hin, dass Spurenstoffe einen Einfluss auf Gewässerorganismen aufweisen. Die Ergebnisse zeigen jedoch auch, dass die Etablierung einer erweiterten Spurenstoffentfernung als singuläre Maßnahme nicht geeignet ist, den ökologischen Zustand als Ganzes zu verbessern. Durchgeführte abschätzende Simulationen zur Spurenstoffex- position an ausgewählten Gewässern im Ruhreinzugsgebiet zeigen zudem, dass die Unterschreitung von Grenzwerten für Spurenstoffe im Hinblick auf die biologische Qualitätskompo- nente Makrozoobenthos keine zwingende Voraussetzung für die Erreichung des guten ökologischen Zustands ist. Auch wenn dieser Beitrag nur einen Teil der vielfältigen ökolo- gischen Wechselwirkungen in Gewässern beschreiben kann, soll er dazu anregen, mit Blick auf die Festlegung von Maß- nahmen, die zur Erreichung eines guten ökologischen Ge- wässerzustands erforderlich erscheinen, stärker die Kausalzu- sammenhänge zu berücksichtigen, um zielgerichtet wirksame Maßnahmen ableiten und umsetzen zu können.

### **Untersuchungen zur Emissions- und Immissions- situation im Einzugsgebiet der Unteren Lenne**

Kombinierte Untersuchungen von Kläranlagenu- und -ablauf sowie im Gewässer oberhalb und unterhalb der jeweiligen Ein- leitung liefern detaillierte und gewässerabschnittsspezifische Informationen über die Emissions- und Immissionssituation und ermöglichen Aussagen über die Herkunft von Spuren- und Nährstoffen und deren Bedeutung für den chemischen Ge- wässerzustand sowie zu eventuellen Auswirkungen auf die ökologische Situation im Gewässer. Die Längsuntersuchung der Unteren Lenne fand in der Zeit von Januar bis November 2020 an 19 Stellen im Gewässer sowie im Zu- und Ablauf der neun Kläranlagen im Einzugsgebiet statt. Die Zulaufbelastung und die Ablaufwerte lagen bezüglich der organischen Sub- stanzen und der Nährstoffe im für die jeweiligen Kläranlagen üblichen Schwankungsbereich, wobei die vorgegebenen Über- wachungswerte mit großem Sicherheitsabstand eingehalten wurden. Die Zahlenwerte der mit der Bezirksregierung Arns- berg für sechs Kläranlagen vereinbarten Betriebsmittelwerte wurden für Ammonium-Stickstoff und Phosphor mehrheitlich unterschritten. Die Konzentrationsanstiege bei einigen Süß- stoffen, Röntgenkontrastmitteln und Arzneimittelrückständen, die in der Lenne und den untersuchten Nebengewässern an den Probenahmestellen unterhalb der Kläranlagen festgestellt wurden, sind vor allem auf Einleitungen der gereinigten Ab- wässer dieser Kläranlagen zurückzuführen. Überwiegend war hiermit aber keine Änderung der Bewertung verbunden. Bei

den Schwermetallen Kupfer und Zink ist die jeweilige Hintergrundbelastung und bei den PAK sind vor allem diffuse Einträge zu berücksichtigen. Bei Ammonium-Stickstoff und Gesamtphosphor führten konzentrationserhöhende Effekte im Gewässer unterhalb von drei bzw. vier Kläranlagen zu Überschreitungen des jeweiligen Orientierungswertes. Nach verfahrenstechnischen Optimierungen auf den Kläranlagen ist perspektivisch von einer Verringerung der Ablaufkonzentrationen und damit der Gehalte im Gewässer auszugehen.

### **Vier Jahre Baden an der Badestelle Seaside Beach – Rückblick und Ausblick**

Das Baden in der Ruhr ist seit dem Jahr 2017 an der Badestelle Seaside Beach am Nordufer des Baldeneysees wieder möglich. Kurzzeitige Mischwasserentlastungen aus dem Kanalnetz können die hygienische Badegewässerqualität an der Badestelle negativ beeinflussen. Im Rahmen des Forschungsprojekts „Sichere Ruhr“ wurde ein Frühwarnsystem für die Badestelle erarbeitet, das hygienisch kritische Ereignisse auf der Grundlage von Niederschlagsdaten prognostiziert. Im Forschungsprojekt „Flusshygiene“ dienten Messkampagnen an Regenüberlaufbecken und Kläranlagenabläufen im Einzugsgebiet der Badestelle und am Seaside Beach als Grundlage für ein Eintrags- und Bilanzmodell der Gewässerqualität der Ruhr. In der ersten Badesaison 2017 durfte an 47 Tagen gebadet werden. Nach Optimierung des Frühwarnsystems, das ein hygienisch sicheres Baden an der Badestelle Seaside Beach ermöglicht, lag die Zahl der Badetage in den beiden Folgejahren höher und betrug im Jahr 2020 dann 69 Tage. Ende des Jahres 2020 wurde für die Badestelle Seaside Beach die Badewasserqualität nach Badegewässerverordnung vom LANUV bewertet und diese Flussbadestelle als „gut“ eingestuft.

Zur Klärung, ob an der Flussbadestelle Seaside Beach antibiotikaresistente Bakterien (ARB) im Badegewässer und in badegewässerassoziierten Biofilmen vorkommen, sowie zur Charakterisierung ausgewählter Gruppen von ARB-Isolaten wurde im Jahr 2020 eine Masterarbeit an der Universität Duisburg-Essen angefertigt, deren Untersuchungen in Kooperation mit dem LANUV durchgeführt wurden. Im Ergebnis wurden ARB in der Badesaison 2020 sowohl in der Wasserphase als auch in den oberflächengebundenen Biofilmen und Sedimenten nur in Einzelfällen nachgewiesen. Aufgrund dieser Ergebnisse und auch anderer Studien kann davon ausgegangen werden, dass für Badende ohne erhöhte Vulnerabilität, bei intakter Haut und ohne akute Antibiotika-Verwendung sowie unter Beachtung der allgemeinen Hygieneregeln keine erhöhte Gesundheitsgefährdung durch die in dieser Untersuchung berücksichtigten ARB besteht.

### **Polare Substanzen in der Ruhr**

Durch die Neu- und Weiterentwicklung von analytischen Methoden können heutzutage neben unpolaren und polaren auch sehr polare und mobile Spurenstoffe, die häufig trinkwasserrelevant sind, untersucht werden. Aufgrund von ande-

ren methodischen Anforderungen ist zumeist eine Einzelanalytik erforderlich, was mit zeit- sowie gerätetechnischem Mehraufwand verbunden ist. Die Proben der Ruhr werden derzeit neben dem bekanntesten polaren Spurenstoff Glyphosat auf weitere potenziell problematische polare Substanzen wie Trifluoressigsäure und Amidosulfonsäure untersucht. Für alle untersuchten Substanzen gilt, dass verglichen mit anderen Oberflächengewässern in NRW und Deutschland keine Auffälligkeiten zu erkennen sind und bestehende gesetzliche Anforderungen sicher eingehalten werden.

### **Registrierte Gewässerverunreinigungen**

Im Kalenderjahr 2020 ist dem Ruhrverband und den an der Ruhr ansässigen Wasserwerken nur eine als relevant einzustufende Gewässerverunreinigung gemeldet worden. Im Juni 2020 hat eine Firma Werkstücke gekühlt sowie Reinigungsarbeiten durchgeführt. Das verunreinigte Wasser, welches durch Eisengraphit vollständig schwarz gefärbt war, wurde über den Hofeinfahrt direkt in die Ihne, ein Nebengewässer der Bigge, geleitet. Ein Fischsterben konnte nicht festgestellt werden.

### **Leistungen der Kläranlagen des Ruhrverbands**

Bei einem Anschlussgrad von 99 % der Einwohner im Ruhreinzugsgebiet wurden auf den Verbandskläranlagen im Jahr 2020 rund 333 Mio. m<sup>3</sup> Abwasser gereinigt, wovon 70 % auf die Jahresschmutzwassermenge und 30 % auf das mitbehandelte Niederschlagswasser entfielen. Den Kläranlagen wurde eine Gesamtzulauffracht von 96 Mio. kg CSB zugeführt, woraus sich als mittlere Belastung 2,21 Mio. Einwohnerwerte errechnen. Die Ablaufqualität des gereinigten Abwassers ist bei einem seit Jahren gleichbleibend hohen Niveau der Reinigungsleistung ausgezeichnet. Die Ablaufkonzentrationen unterschreiten die in den behördlichen Bescheiden geforderten Konzentrationen teilweise deutlich. Die in Genehmigungsbescheiden festgelegten Betriebsmittelwerte wurden im Jahr 2020 auf den meisten Kläranlagen erreicht. Durch die Abwasserreinigung entstehen Reststoffe wie Rechengut, Sandfanggut und Klärschlamm. Im Berichtsjahr mussten 38.032 t Schlamm-trockenmasse in Verbrennungsanlagen entsorgt werden. Im Jahr 2020 wurden im Wesentlichen wegen der Corona-Pandemie keine Küchen- und Speiseabfälle angeliefert. Um den Energiebezug zu senken, werden auf 30 Kläranlagen insgesamt 52 Blockheizkraftwerke betrieben. Eine weitere Energiequelle wurde durch die Aufstellung von bisher zwölf Photovoltaikanlagen erschlossen. Durch diese Maßnahmen konnte der Strombezug von Energieversorgungsunternehmen auf Kläranlagen seit dem Jahr 2006 um mehr als die Hälfte reduziert werden. Der Gesamtstromverbrauch der Kläranlagen lag bei 82,5 Mio. kWh/a.

### Flow of the River Ruhr

The flow of a body of water significantly influences the aquatic flora and fauna as well as the different potential uses. In order to mitigate the negative impact of extremely high or extremely low runoffs and to balance abstraction and withdrawal, the Ruhrverband operates a reservoir system. Two incidents of high water exceeding the reporting threshold for high water were recorded at the lower Ruhr during the winter season of the runoff year 2020. The periods of high runoff could be used to raise the water levels of the reservoirs after the extremely dry runoff year 2019. The highest runoff at the Hattingen gauging station was recorded on February 24, 2020, at  $HQ_{2020} = 458 \text{ m}^3/\text{s}$ . Only 58% of the long-term average precipitation occurred between April and September 2020, exacerbating the precipitation deficit that had developed during the previous years. Reduced soil moisture and extreme, widespread droughts causing reduced runoff were the consequences. The reservoirs had to support the Ruhr's flow by releasing higher amounts of water on 196 days at Villigst and 152 days at the mouth during the runoff year. This is the highest number of days on which the reservoirs had to support the flow at the mouth and the second highest number of days at the gauging station Villigst since the requirements were revised as part of the Ruhrverband Act in 1990. With an  $MQ_{2020} = 59.9 \text{ m}^3/\text{s}$  at the Hattingen gauging station, the runoff year 2020 became the 12th runoff year in a row with a precipitation deficit.

### Basic parameters for the evaluation of analysis data for waters

In the Ruhr Water Quality Report, the results of the water monitoring programs are being evaluated regarding the chemical quality components primarily based on the Environmental Quality Standards (EQS) laid down in appendices 6 (river basin-specific pollutants) and 8 (priority substances) as well as the values in appendix 7 (general physico-chemical quality components) of the Surface Water Regulation (OGewV), which provides guidance on the classification, documentation and monitoring of the ecological condition, the ecological potential and the chemical condition of surface waters. In addition, the legally non-binding reference values in the "Guidelines on monitoring surface waters" issued by the State of North Rhine-Westphalia, appendices D4, are being applied. Evaluations are usually based on the mean or average annual values (JD). Apart from the limits for the aqueous phase, the OGewV also stipulates requirements for 11 substances or groups of substances in biota. These requirements have been based on the toxicity for animals that feed on fish as well as the tolerable load in fish for human consumption.

The ecological status of a body of water or at a sampling point is being evaluated in line with the Water Framework Directive and the Water Surface Regulation on the basis of the biological quality components "macrozoobenthos", "macrophytes and phytobenthos", "fish fauna" and "phytoplankton".

The Ruhr Water Quality Report only documents the most thoroughly investigated biological quality component "macrozoobenthos", which provides insight via the respective modules into the saprobiological water quality (saprobic index), the structural condition (general degradation) and the acidification of a flowing water. Apart from the evaluation of the ecological condition for natural water bodies (NWB), an evaluation of the ecological potential for heavily modified water bodies (HMWB) is meanwhile possible as well. From 2015 onwards, the monitored sampling points in HMWB have therefore been assessed in terms of their ecological potential. Sampling points in smaller waters, to which the hydromorphological classification as HMWB applies, are being evaluated based on their ecological condition following the worst-case principle.

### Physico-chemical Ruhr water monitoring

For over 90 years, samples of the Ruhr water have been taken at the Essen-Rellinghausen sampling point three times a week in order to monitor a large number of parameters. In addition, nutrient concentrations and organic loads are being determined weekly at six sampling points in the Ruhr. From 2017 onwards, this program has been integrated into the set of examinations along the Ruhr. These examinations are carried out every four weeks at 12 sampling points from the Ruhr's spring to its mouth, providing representative results on the water condition at different sites and different times. Additional insight is provided by continuous measuring results from the water monitoring stations.

With the exception of individual values at four sampling points between June and August, the required minimum oxygen concentration could be achieved along the entire course of the Ruhr during the reporting year. The pH-value of 8.5 laid down in the OGewV was only exceeded at the sampling points at the Oeventrop bridge and below Arnsberg as well as between the monitoring stations Hattingen and Duisburg during the periods characterized by high algae development. The concentrations of  $BOD_5$  and TOC met their respective criteria, and so did the parameters chloride, sulphate, nitrate nitrogen, ammonium nitrogen, total phosphorus and orthophosphate-phosphorus in all instances. Ammonium nitrogen even reached a "high" classification at eight measuring points. The priority and priority hazardous heavy metals lead, nickel, mercury and – with one exception in the section downstream of the Valme mouth – cadmium met the UQN defining a good chemical condition. Chrome, for which no legally binding requirements apply, and the river basin-specific contaminants silver, selenium and thallium reached a "high" or "good" status, while zinc – apart from four exceptions starting at the sampling point downstream of the Valme – and copper – with the exception of the first three samplings points in the Ruhr – were classified as "moderate". In both cases, it has to be taken into account that the quality criteria have been tightened.

## Examinations of the Ruhr and its tributaries in line with the European Water Framework Directive

As part of the operative monitoring in alignment with the North Rhine-Westphalian Agency for Nature, Environment and Consumer Protection (LANUV) according to the European Water Framework Directive, a total of 54 waters in nine planning units have been investigated in terms of their physico-chemical parameters. For most parameters and at the majority of sampling points, a "good" or even "high" status could be achieved. The quality requirement for the pH-value could not be met at 11% of the measuring points. Due to the long periods of dry weather conditions, the water temperature and the oxygen concentration were classified as "moderate" at 13 % and 36 % of the sampling points respectively. Regarding the nutrient concentration and organic loads, the mean concentrations were also at a higher level compared to the previous years, leading to a situation where 14% of the ammonium nitrogen concentrations and 30% of the phosphorus concentrations exceeded the required limits. The copper concentrations failed to reach a "good" status at 73% of the sampling points. This applied to 43% of the zinc concentrations. For iron, silver, thallium, nickel and cadmium as well as the metalloid selenium, the share of exceeded limits came in between 1% and 5%.

Since 2007, the water condition in the Ruhr catchment area has been determined through the operative water monitoring required by the European Water Framework Directive – with the cooperation of the Ruhrverband – and visualized through maps of the ecological water condition. In the hydroecological examinations along the Ruhr and its tributaries, 74 out of 76 sampling points achieved "good" or "high" results in terms of their saprobic condition in 2020. Out of the 421 sampling points examined between 2015 and 2020 in the Ruhr and its tributaries, almost all showed a "good" or "high" saprobic condition. Regarding general degradation, 205 of all sampling points monitored in the Ruhr catchment area between 2015 and 2020, representing a share of 49%, reached a "good" or "high" status or a good or even better ecological potential. The documented deficits at half of the sampling points were mostly accounted for by modified water structures due to specific uses.

### Trophic situation in the Ruhr

In comparison to the previous year, 2020 was characterized by slightly higher algae concentrations in the lower Ruhr. For the first time in about 20 years, a second plankton bloom occurred in August, albeit on a much lower level than before 2003. Zooplankton reduced the summer plankton. 2020 was the third year in a row with above-average temperatures and little precipitation. This influenced the composition of phyto- and zooplankton in Lake Baldeney. Thermophilic species were found in both populations. The increased occurrence of macrophytes competing for nutrients and light in the upstream

impounding lakes of the Ruhr as well as the growing impact of algivorous *Corbicula* clams along the entire course of the river are being considered as causes for the low density of phytoplankton and zooplankton. For 12 years now, the trophic situation of the Ruhr's upstream impounding lakes Harkort and Kemnade was dominated by macrophytes in 2019. In contrast to the year before, 2020 saw an increase of macrophyte surfaces in Lake Hengstey. Lake Baldeney also showed locally dense mass populations of macrophytes during the reporting year. The population in three impounding lakes are comparable, covering between 30 % and 40 %. Only Lake Kemnade lies out of this range with a coverage of 10%. As part of the research project Elodea II, stonewort was once again planted in test sections of Lake Baldeney in 2020 to compete for space with *Elodea nuttallii*. The further development of stonewort was being monitored. There was only limited spread of the algae planted in 2018.

### Reservoir examinations focusing on the Ennepe reservoir

The eight Ruhrverband's reservoirs mainly serve the purpose of helping to raise low water levels and offering flood protection. As climate change causes long periods of dry weather, the water supplied by the reservoirs in order to regulate the Ruhr's flow has increased in importance during the past few years. Limnological examinations of the bodies of water are carried out to determine their chemical and ecological conditions. The most significant indicator here is the trophic level, composed of the complete index and the subindices for chlorophyll a concentrations, phosphorus concentrations and visibility depth. The Möhne, Bigge and Henne reservoirs have been showing stable mesotrophic conditions for many years now. The Ennepe reservoir has been characterized by medium mesotrophic conditions during the past six years, while the Lister reservoir lies in the area between oligotrophic and mesotrophic. The Sorpe reservoir could be classified as oligotrophic during the past few years. While oligotrophic conditions continued in the Verse reservoir, the Fürwigge reservoir saw a rise in the trophic level into the area between oligotrophic and mesotrophic after being filled up again in 2007. As renovation work limited the ability of the Henne reservoir to support water levels, there was high hydrological pressure on the Möhne reservoir in 2020 to ensure minimum runoff. Due to the low water level combined with the long vegetation period, the Möhne reservoir's deep water had to be enriched with oxygen in late summer.

In 2020, the examinations focused on the Ennepe reservoir, which is being used to generate electricity and supply drinking water apart from its water management tasks such as raising the water level and flood protection. The overall lower inflow, which can be attributed to climate-related lower precipitation in the catchment area, led to lower loads of phosphorus and nitrogen in the reservoir. At the sampling point Ennepe reservoir before the dam, the mean concentrations of total phos-

phorus, total nitrogen and chlorophyll a matched the respective levels of the past five years. Together with flagellates, diatoms accounted for the largest group of algae species. The current composition of phytoplankton with a high biodiversity of algae species adapted to oligotrophic and mesotrophic conditions is a positive sign. For many years, the zooplankton in the Ennepe reservoir has been showing a similar composition, consisting of 99% small crustaceans regarding its biovolume, just like it is the case in other oligotrophic to mesotrophic reservoirs.

### **Organic trace substances in the Ruhr**

In 2020, more than 440 substances classified as organic trace substances underwent routine screenings in the Ruhr – among them flame retardants, complexing agents, plasticisers, industrial chemicals, pesticides, diagnostic agents and pharmaceuticals as well as some metabolites of these products. The results refer to the sampling point Essen-Rellinghausen unless otherwise stated. The documented pharmaceuticals, diagnostic agents or their metabolites exceeded the applicable limits or target values only in a few exceptions. Like in the previous years, the monitored sweeteners and complexing agents EDTA and MGDA were regularly recorded in the Ruhr, while the reference value for EDTA was safely met. Once again, only a small part of the crop protection products and metabolites were detected in amounts above the respective limits of quantification. PAH have been documented along the entire course of the Ruhr in low concentrations, in some cases exceeding the EQS. The anticorrosive 1H-benzotriazole was also found in the water, in concentrations safely below its health reference value at all of the sampling points. Bisphenol A and F, nonylphenol and octylphenol as well as steroid hormones and phthalates were among the substances affecting the endocrine system, for which the limits were met as far as they exist. This also applies to the investigated flame retardants, plasticisers, polybrominated diphenylethers, hexabromocyclododecane, short-chain chlorinated paraffins and organophosphates with the exception of polychlorinated biphenyls. For PFC, all requirements were safely met as well, apart from the very low EQS for PFOS.

### **Trace substances and ecological status of flowing waters**

The ecological status is being influenced by many different parameters. Apart from factors such as temperature and global radiation, the impacts of which are easy to determine, there are other parameters with unclear or unspecific effects on the water. This includes the group of trace substances, for which the impact can only be determined via sophisticated examinations and with a high degree of expert knowledge. Existing concepts such as mixture toxicity and effect-based analytics make use of results from lab experiments for the as-

essment of trace substances, providing only limited suitability for describing effects in nature. Taken together, the results from various studies and detailed comparisons of the situation before and after the installation of special treatment levels to eliminate trace substances at sewage treatment plants suggest that trace substances do have an impact on organisms in the water. The results also show, however, that the establishment of an advanced elimination of trace substances as a single measure does not suffice to improve the overall ecological status. Simulations of the exposition to trace substances in certain waters in the Ruhr catchment area, which have been carried out to generate estimations, also suggest that a situation where trace substances stay below their limits regarding the biological quality component macrozoobenthos is not a necessary prerequisite for reaching a good ecological status. Even if this contribution can only describe part of the multiple ecological interactions in waters, it can nevertheless lead to a situation where the causal relations are taken into account more strongly whenever measures are being determined that seem necessary for the achievement of a good ecological status of waters in order to deduct and implement effective solutions in a targeted manner.

### **Examinations on the emission and immission situation in the catchment area of the lower Lenne**

Combined examinations of the inlet and outlet of sewage treatment plants as well as of the water upstream and downstream of the respective sewage treatment plant's inflow into the river provide detailed and water section specific information on the emission and immission situation and thus insight into the origin of trace substances and nutrients and their role for the chemical water condition as well as potential effects on the ecological situation of the water. The examinations along the lower Lenne took place between January and November 2020 at 19 locations in the water and at the inlets and outlets of the nine sewage treatment plants in the catchment area. Regarding organic substances and nutrients, the inlet and outlet loads matched the regular spectrum expected for the respective sewage treatment plants. The stipulated monitoring values were safely met. The values for ammonium nitrogen and phosphorus were mostly below the mean operating values agreed upon with the district government Arnsberg for six sewage treatment plants. The increased concentrations for some sweeteners, radiology contrast agents and pharmaceutical residues detected in the Lenne and the investigated tributaries at the sampling points downstream of the

sewage treatment plants, are mainly due to the discharge of treated wastewater from these sewage treatment plants. In most cases, however, this did not change the classification. The respective background load has to be taken into account for the heavy metals copper and zinc; regarding PAH, diffuse sources of input have to be considered. Effects increasing the concentrations in the water downstream of three and four sewage treatment plants respectively lead to values exceeding the applicable reference values for ammonium nitrogen and total phosphorus. After process optimizations at the sewage treatment plants will have been carried out, it can be expected that the concentrations in the outlets and thus the loads in the water will decline.

#### **Four years of bathing at the bathing spot Seaside Beach – review and outlook**

Since 2017, bathing in the Ruhr has been possible at the bathing spot Seaside Beach on the northern bank of Lake Balde-ney. Short-term discharges of mixed water from the sewage network, however, may negatively affect the sanitary quality of the water at the bathing spot. As part of the research project "Safe Ruhr", an early-warning system has been developed for the bathing spot, which forecasts critical events regarding safety on the basis of precipitation data. Measuring campaigns at the rainwater overflow tanks and the sewage treatment plant outlets in the catchment area of the bathing spot and at Seaside Beach itself were part of the research project "river sanitation", serving as a basis for a discharge and substance balance model of the Ruhr's water quality. During the first bathing season in 2017, bathing was allowed on 47 days. After the optimization of the early-warning system, which allows for hygienically safe bathing at the bathing spot Seaside Beach, the number of bathing days rose during the following two years and amounted to 69 days in 2020. At the end of 2020, the quality of the bathing water at the bathing spot Seaside Beach was evaluated by the North Rhine-Westphalian Agency for Nature, Environment and Consumer Protection (LANUV) according to the Bathing Water Regulation and classified as "good".

To clarify whether antibiotic resistant bacteria (ARB) occur in the bathing water and associated biofilms at the river bathing spot Seaside Beach and to characterize selected groups of ARB isolates, a master thesis was prepared at the University Duisburg-Essen in 2020, for which the investigations were carried out in cooperation with LANUV. The results revealed that ARB occurred in the aqueous phase as well as in the biofilms forming on the surface and in the sediments only in individual cases. Because of these results and those from other studies, it can be assumed that the ARB taken into consideration in this investigation do not pose an increased threat to the health of persons without heightened vulnerability, with intact skin and no current administration of antibiotics when the overall hygiene regulations are adhered to.

#### **Polar compounds in the Ruhr**

Through the development and improvement of analytical methods, not only nonpolar and polar compounds but also highly polar and mobile trace compounds, which are often of relevance for drinking water, can be investigated. Due to differing methodological requirements, individual analyses are often necessary, causing additional efforts in terms of time and technical equipment. Apart from the most well-known polar trace compound glyphosate, the samples from the Ruhr are currently being screened for other potentially problematic polar compounds such as trifluoroacetic acid and amido-sulfonic acid. It applies to all investigated substances that no peculiarities were found compared to other surface waters in North Rhine-Westphalia and Germany and that all legal requirements were safely met.

#### **Registered cases of water pollution**

In 2020, only one incident of water pollution categorized as relevant was reported to the Ruhrverband and the local waterworks. A company cooled workpieces and carried out cleaning activities in June 2020. The contaminated water, completely blackened due to graphite iron, was discharged directly into the Ihne, a tributary to the Bigge river, via the factory yard's inlet. No fish die-offs were registered.

#### **Performance of the Ruhrverband's sewage treatment plants**

With a network for around 99% of all residents in the Ruhr catchment area, the associated sewage treatment plants treated around 333 million m<sup>3</sup> of wastewater in 2020, with 70 % accounted for by wastewater and 30% by stormwater, which is also being treated in the plants' facilities. The Ruhrverband's sewage treatment plants received around 96 million kg of COD, equivalent to a mean load of 2.21 million PTs. The water quality in the outlet is excellent due to the high level of treatment over several years. In part, the outlet concentrations significantly undercut the concentrations called for by official notifications. The operational mean values defined in the permits were met at most of the sewage treatment plants in 2020. Sewage treatment generates residues such as screenings, grit chamber trappings and sewage sludge. In the reporting year, 38,032 t of dry mass of sludge had to be disposed of in incinerators. No significant kitchen and food waste was delivered in 2020 due to the corona pandemic. In order to reduce energy consumption, a total of 52 combined heat and power units are being operated at 30 sewage treatment plants. Another energy source could be tapped through the 12 photovoltaic systems installed so far. Through these measures, the electricity purchased at sewage treatment plants from utility providers could be reduced by more than half since 2016. Total energy consumption of the plants amounted to 82.5 million kWh/a.

# 1 Wasserführung der Ruhr

Die Wasserführung eines Gewässers prägt maßgebend die aquatische Flora und Fauna und beeinflusst die unterschiedlichen Nutzungsmöglichkeiten – nicht zuletzt durch den Einfluss auf die Wasserbeschaffenheit. 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 wird die Wasserführung im Ruhreinzugsgebiet maßgeblich durch den Betrieb der im Einzugsgebiet befindlichen Kläranlagen und Wasserkraftanlagen sowie insbesondere durch die Talsperren und durch 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 2020 (1. November 2019 bis 31. Oktober 2020) dargestellt. Ergänzend sind die gewässerkundlichen Hauptzahlen und zum Vergleich die Tagesmittelwerte des vorangegangenen Abflussjahres aufgeführt. Im Winterhalbjahr des Abflussjahres 2020 kam es in den Zeiten mit erhöhter Wasserführung von Mitte November bis Mitte März zu zwei Hochwasserereignissen, bei denen die Hochwassermeldegrenze an der unteren Ruhr (Bezugspegel Wetter/Ruhr: Meldegrenze 410 cm, entspricht 300 m<sup>3</sup>/s) überschritten worden ist. Diese abflussreichen Zeiten konnten im Anschluss an das erneut zu trockene vorangegangene Abfluss-

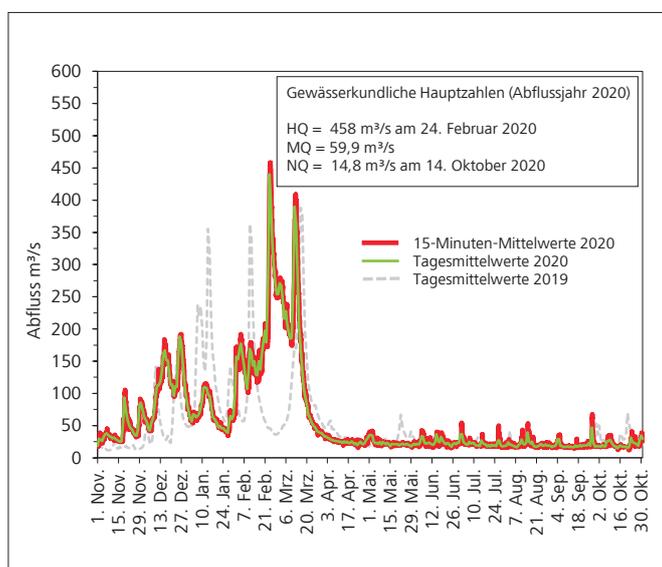


Bild 1.1: 15-Minuten-Mittelwerte und Tagesmittelwerte am Pegel Hattingen/Ruhr im Abflussjahr 2020

Fig. 1.1: Runoff means during 15 minutes and 24 hours at the gauging station Hattingen/Ruhr in the water year 2020

jahr 2019 zum Wiedereinstau der Talsperren im Ruhreinzugsgebiet genutzt werden. Eine langanhaltende Niedrigwasserphase, nur jeweils kurzzeitig unterbrochen von kleineren Abflusserhöhungen, gab es von Anfang April bis Ende Oktober. Insgesamt gesehen war das Winterhalbjahr abflussreicher als im Vorjahr, das Abflussvolumen im Sommerhalbjahr lag geringfügig unter dem Vorjahresniveau.

Ende Februar und Mitte März 2020 gab es im Abstand von nur 17 Tagen zwei Hochwasserereignisse. Beim ersten Ereignis wurde am Pegel Hattingen am 24. Februar 2020 mit  $HQ_{2020} = 458 \text{ m}^3/\text{s}$  (Tagesmittelwert  $440 \text{ m}^3/\text{s}$ ) der höchste Abfluss im Abflussjahr 2020 registriert.

Das Abflussjahr 2020 war im Vergleich zum langjährigen Mittel das zwölfte Abflussjahr in Folge mit einem Niederschlagsdefizit. Nur vier Monate wiesen einen Niederschlagsüberschuss auf, die anderen acht hingegen ein Niederschlagsdefizit. In den sechs Monaten von April bis September 2020 fiel nur 58 % des langjährigen durchschnittlichen Niederschlags. Weniger Niederschlag wurde für diesen sechsmonatigen Zeitraum seit dem Abflussjahr 1927 nur im extremen Trockenjahr 1959 registriert. Dadurch verschärfte sich das in den Vorjahren entstandene erhebliche Niederschlagsdefizit. Die Folgen waren erneut eine verminderte Bodenfeuchte mit großflächig außergewöhnlichen Dürreverhältnissen und dadurch bedingt eine reduzierte Abflussbildung. Eine Stützung der Ruhrwasserführung durch erhöhte Abgaben aus den Talsperren war im Abflussjahr 2020 – von einer geringen Tagesanzahl im November 2019 am Pegel Villigst abgesehen – in Villigst ab Anfang und an der Mündung ab Ende April erforderlich. Insgesamt musste in Villigst nach vorläufigen Berechnungen an 196 Tagen, an der Mündung an 152 Tagen Zuschuss aus den Talsperren geleistet werden. Dies sind in Villigst 77 % und an der Mündung sogar 145 % mehr als im Durchschnitt der Jahre 1991/2019. An der Mündung ist dies mit Abstand die höchste, am Pegel Villigst mit nur zwei Tagen Unterschied zum Höchstwert die zweitgrößte Anzahl (nach dem Abflussjahr 1991) zuschusspflichtiger Tage in einem Abflussjahr seit Novellierung der Vorgaben im Ruhrverbandsgesetz im Jahr 1990. Der niedrigste Tagesmittelwert des Abflusses im Abflussjahr 2020 wurde am Pegel Hattingen am 14. Oktober 2020 mit  $NQ_{2020} = 14,8 \text{ m}^3/\text{s}$  registriert.

Der mittlere Abfluss am Pegel Hattingen im Abflussjahr 2020 berechnet sich zu  $MQ_{2020} = 59,9 \text{ m}^3/\text{s}$ . Er liegt damit um 13 % unter dem langjährigen mittleren Abfluss von  $MQ_{1968-2019} = 68,8 \text{ m}^3/\text{s}$ , jedoch um  $8,9 \text{ m}^3/\text{s}$  über dem Vorjahreswert. Das Sommerhalbjahr 2020 weist mit  $21,7 \text{ m}^3/\text{s}$  den niedrigsten mittleren Abfluss seit dem Jahr 1968 auf, nur im Abflussjahr 1976 gab es mit  $21,8 \text{ m}^3/\text{s}$  einen Wert in ähnlicher Größenordnung. Der Abfluss ist im Durchschnitt der langjährigen Betrachtung zu 69 % auf das Winterhalbjahr und 31 % auf das Sommerhalbjahr verteilt. Im Abflussjahr 2020 ergab sich aufgrund des erneut trockenen Sommerhalbjahres eine deutliche Verschiebung zum Winterhalbjahr hin (82 % zu 18 %).

Eine ausführliche Beschreibung der Wassermengenwirtschaftlichen Gegebenheiten des jeweiligen Abflussjahres findet sich in dem jährlich erscheinenden Bericht Ruhrwassermenge [1.1].

## 2 Grundlagen der Bewertung von Gewässeranalysedaten im Ruhrgütebericht

[1.1] Ruhrverband: <http://www.ruhrverband.de/presse/publikationen/wissen/>

Die Verabschiedung der Richtlinie 2000/60/EG (EG-Wasserrahmenrichtlinie; im Folgenden EG-WRRL [2.1]) hat die Sicht auf die Gewässer in Europa auf eine neue Basis gestellt. Seitdem ist der Gewässerzustand vorrangig nach biologischen Quali-

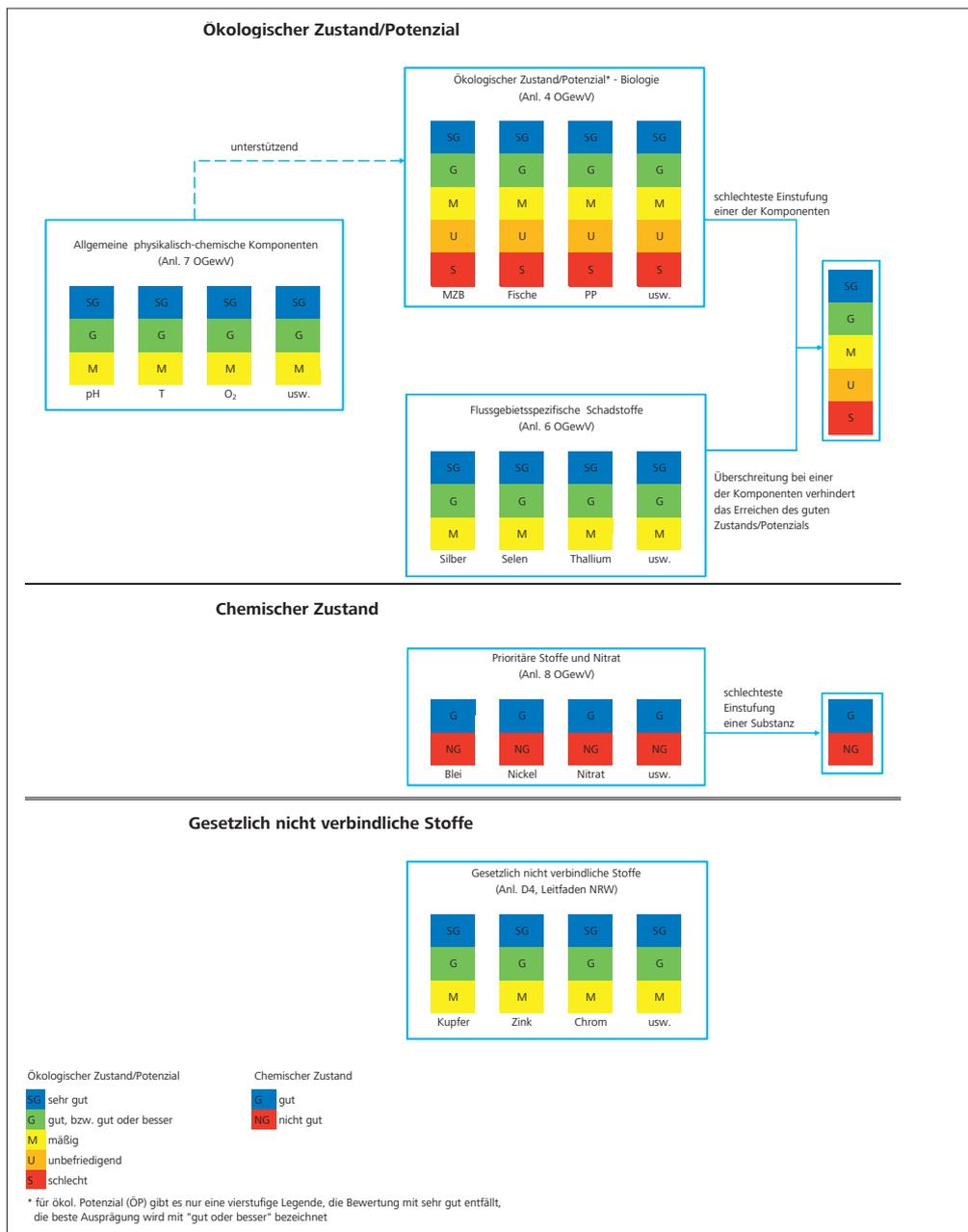


Bild 2.1: Gesamtbeurteilung des ökologischen und chemischen Zustands/Potenzials überarbeitet nach [2.9]  
Fig. 2.1: Overall evaluation of the ecological and chemical status/potential, revised according to [2.9]

tätskomponenten und verschiedenen, in der Richtlinie 2013/39/EU (sog. Richtlinie prioritäre Stoffe, [2.2]) festgelegten chemischen Parametern zu bewerten. Ergänzend dazu fließen aber auch allgemeine physikalisch-chemische Parameter und eine Vielzahl sogenannter flussgebietspezifischer Schadstoffe in diesen Bewertungsprozess ein. Zur Überfüh-

Tabelle 2.1: Auszug aus Anlage 8 der OGeWV, UQN zur Beurteilung des chemischen Zustands (prioritäre Stoffe und Nitrat) [2.3]  
 Table 2.1: Abstract from appendix 8 of the Surface Water Regulation (OGeWV), EQS for the evaluation of the chemical condition (priority substances and nitrate) [2.3]

UQN für Stoffe zur Beurteilung des chemischen Zustands (prioritäre Stoffe und Nitrat)			
Stoffname	JD-UQN in der Wasserphase µg/l	ZHK-UQN in der Wasserphase µg/l	Biota-UQN in µg/kg Nassgewicht
4-tert-Octylphenol	0,1	–	–
Benzo[a]pyren	0,00017 <sup>3</sup>	0,27 <sup>3</sup>	5 <sup>5</sup>
Benzo[b]fluoranthen	–	0,017 <sup>3</sup>	6 <sup>5</sup>
Benzo[ghi]perylen	–	0,0082 <sup>3</sup>	6 <sup>5</sup>
Benzo[k]fluoranthen	–	0,017 <sup>3</sup>	6 <sup>5</sup>
Benzol	10	50	–
Bis(2-ethylhexyl)phthalat	1,3	–	–
Blei	1,2 <sup>1,3</sup>	14 <sup>3</sup>	–
Bromierte Diphenylether	–	0,14 <sup>3</sup>	0,0085 <sup>5</sup>
C10-13 Chloralkane	0,4	1,4	–
Cadmium <sup>2</sup> gelöst	≤ 0,08 (Klasse 1) 0,08 (Klasse 2) 0,09 (Klasse 3) 0,15 (Klasse 4) 0,25 (Klasse 5)	≤ 0,45 (Klasse 1) 0,45 (Klasse 2) 0,6 (Klasse 3) 0,9 (Klasse 4) 1,5 (Klasse 5)	–
Dioxine und dioxinähnliche Verbindungen	–	nicht anwendbar	0,0065 <sup>5</sup> TEQ <sup>7</sup>
Fluoranthen	0,0063 <sup>3</sup>	0,12 <sup>3</sup>	30 <sup>5</sup>
Naphthalin	2 <sup>3</sup>	130 <sup>3</sup>	–
Nickel	4 <sup>1,3</sup>	34 <sup>3</sup>	–
Nitrat	50000	–	–
Nonylphenol	0,3	2	–
PFOS	0,00065 <sup>4</sup>	36 <sup>4</sup>	9,1 <sup>5</sup>
Quecksilber	–	0,07	20 <sup>6</sup>
Trichlorethen	10	–	–
Trichlormethan	2,5	–	–

gut nicht gut

<sup>1</sup> Die UQN bezieht sich auf bioverfügbare Konzentrationen

<sup>2</sup> Abhängig von der Wasserhärteklasse

<sup>3</sup> der gute chemische Zustand ist bis zum 22. Dezember 2021 zu erreichen

<sup>4</sup> der gute chemische Zustand ist bis zum 22. Dezember 2027 zu erreichen

<sup>5</sup> primäres Schutzziel: menschliche Gesundheit

<sup>6</sup> primäres Schutzziel: fischfressende Tiere

<sup>7</sup> Toxizitätsäquivalente nach den Toxizitätsäquivalenzfaktoren der WHO von 2005

zung dieser Vorgaben in nationales Recht hat Deutschland die Oberflächengewässerverordnung (OGeWV, [2.3]) in Kraft gesetzt, welche die Einstufung, Darstellung und Überwachung des ökologischen Zustands, des ökologischen Potenzials und des chemischen Zustands von Oberflächengewässern sowie die wirtschaftliche Analyse der Wassernutzung regelt. Im Folgenden werden die darin enthaltenen Bestimmungen sowie weitere relevante Vorgaben für die Beurteilung der biologischen und chemischen Komponenten zusammenfassend dargelegt.

### Chemische Qualitätskomponenten

Die Befunde im Gewässer werden im Ruhrgütebericht in erster Linie anhand der Umweltqualitätsnormen (UQN) der Anlagen 6 (flussgebietspezifische Schadstoffe) und 8 (Beurteilung des chemischen Zustands) sowie der Werte der Anlage 7 (allgemeine physikalisch-chemische Qualitätskomponenten) der OGeWV bewertet. Ergänzend dazu erfolgt ein Vergleich mit den gesetzlich nicht verbindlichen Beurteilungswerten des Leitfadens „Monitoring Oberflächengewässer“ des Landes NRW, die in der darin enthaltenen Anlage D4 [2.4, 2.5] aufgeführt sind sowie den gesundheitlichen Orientierungswerten (GOW) des Umweltbundesamts (UBA) [2.6]. Berücksichtigt sind in der Anlage D4 Orientierungswerte (OW), die auf Basis ökotoxikologischer Studien abgeleitet wurden und Parameter aus der Trinkwasserverordnung –TrinkwV [2.7]. Es ist hervorzuheben, dass es sich hierbei teilweise um Vorgaben handelt, die den direkten Gebrauch des Wassers als Trinkwasser betreffen und nicht die Beschaffenheit des Gewässers. Gleichwohl dienen diese Werte im Sinne des Vorsorgegrundsatzes als Orientierungshilfe.

In der Regel erfolgt die Bewertung von Wasserproben anhand von Mittel- bzw. Jahresdurchschnittswerten (JD). Ausnahmen bilden die Parameter Wassertemperatur, Sauerstoff, pH-Wert sowie Quecksilber, Chrom, Kupfer, Zink und die polycyclischen aromatischen Kohlenwasserstoffe (PAK), Anthracen, Benzo[a]pyren, Benzo[b]fluoranthen, Benzo[ghi]perylen und Benzo[k]fluoranthen. Bei diesen Werten der Anlagen 7 und 8 der OGeWV werden für Wassertemperatur, Quecksilber und die o. g. PAK die Jahresmaxima/zulässigen Höchstkonzentrationen (ZHK) bzw. für Sauerstoff die Jahresminima und für pH-Wert die Jahresminima und -maxima betrachtet. Für die Bewertung von Chrom, Kupfer und Zink wird entsprechend des Leitfadens NRW, Anlage D4, das jeweilige 50-Perzentil herangezogen.

Neben Grenzwerten für die Wasserphase sind in der OGeWV auch Anforderungen für elf Stoffe bzw. Stoffgruppen in Biota formuliert. Maßgeblich für deren Ableitung ist das „secondary poisoning“, d. h. die Toxizität gegenüber fischfressenden Tieren, sowie die für den Menschen tolerierbare Belastung durch Fischverzehr [2.8].

Bild 2.1 zeigt eine Übersicht über die Gesamtbeurteilung des ökologischen und chemischen Zustands bzw. Potenzials [2.9].

### Stoffe zur Beurteilung des chemischen Zustands (Prioritäre Stoffe und Nitrat)

In Tabelle 2.1 sind für ausgewählte, im Ruhreinzugsgebiet relevante prioritäre Stoffe (Anlage 8 OGeWV) und für Nitrat die UQN zur Beurteilung des chemischen Zustands dargestellt. Der gute chemische Zustand wird blau gekennzeichnet. Ist die Konzentration eines Stoffs höher als der angegebene Wert, erfolgt eine rote Markierung. Die prioritären organischen Stoffe werden, falls nicht methodische Einschränkungen dagegensprechen, in der Gesamtwasserprobe untersucht. Die UQN von Cadmium und Quecksilber beziehen sich auf die Konzentrationen in der gelösten Phase einer Wasserprobe. Die Probenvorbehandlung erfolgt durch Filtration (Porengröße: 0,45 µm). Die UQN für Blei und Nickel beziehen sich auf die bioverfügbaren Konzentrationen. Abweichend dazu werden hier die Messwerte in der filtrierten Probe denen des bioverfügbaren Anteils gleichgestellt, was einer Bewertung nach dem „worst-case“ Prinzip entspricht, da die bioverfügbare Konzentration zumeist niedriger als die Konzentration in der filtrierten Probe ist. Bei Cadmium ist die Toxizität und somit die UQN von der Wasserhärte abhängig. Zur Einstufung in eine der Wasserhärteklassen wird das 50-Perzentil der molaren Calciumkarbonat-Konzentration herangezogen. In der Gruppe der PAK kann Benzo[a]pyren als Repräsentant für die anderen in der Oberflächengewässerverordnung aufgeführten PAK-Kenngrößen betrachtet werden.

### Flussgebietspezifische Schadstoffe zur Beurteilung des ökologischen Zustands

In Tabelle 2.2 sind die Umweltqualitätsnormen für die im Ruhreinzugsgebiet relevanten flussgebietspezifischen Schad-

Tabelle 2.2: Auszug aus Anlage 6 der OGeWV, UQN zur Beurteilung von im Ruhreinzugsgebiet relevanten flussgebietspezifischen Schadstoffen [2.3]

Table 2.2: Abstract from appendix 6 of the Surface Water Regulation (OGeWV), EQS for the evaluation of the river basin-specific pollutants relevant in the Ruhr catchment area [2.3]

UQN für flussgebietspezifische Schadstoffe	
Stoffname	JD-UQN in der Wasserphase µg/l
Chlortoluron	0,4
MCPA	2
Metazachlor	0,4
PCB 28, 52, 101, 118, 138, 153, 180	0,0005 <sup>2</sup>
Phenanthren	0,5
Selen <sup>1</sup>	3
Silber <sup>1</sup>	0,02
Thallium <sup>1</sup>	0,2

sehr gut      gut      mäßig

<sup>1</sup> Die UQN bezieht sich auf die gelöste Phase einer Wasserprobe

<sup>2</sup> Nur soweit die Erhebung von Schwebstoff- oder Sedimentdaten nicht möglich ist.

stoffe zusammengefasst. Für die Einstufung in den sehr guten Zustand (blaue Kennzeichnung) muss die Konzentration bei synthetischen Schadstoffen unterhalb der Nachweisgrenze bzw. bei nicht synthetischen Schadstoffen im Bereich der Hintergrundkonzentration liegen. Der gute Zustand (grüne Kennzeichnung) ist erreicht, wenn der sehr gute Zustand verfehlt, aber die jeweilige UQN nicht überschritten ist. Bei einer Überschreitung der UQN kann der ökologische Zustand bzw. das ökologische Potenzial höchstens als „mäßig“ eingestuft werden (gelbe Kennzeichnung). Die UQN für Selen, Silber und Thallium beziehen sich auf den gelösten Anteil, der nach Filtration (Porengröße: 0,45 µm) der Wasserprobe gemessen wird.

### Allgemeine physikalisch-chemische Qualitätskomponenten

Die allgemeinen physikalisch-chemischen Parameter (ACP) sind in der OGeWV, Anlage 7, für den sehr guten und guten ökologischen Zustand festgelegt. Sie dienen zur Unterstützung der Bewertung der biologischen Qualitätskomponenten und sind gewässertypspezifisch definiert. In Tabelle 2.5 sind sie gemeinsam mit den biologischen Qualitätsklassen für das Modul Saprobie des Makrozoobenthos für den guten Zustand dargestellt.

### Gesetzlich nicht verbindliche Vorgaben

Der Leitfaden „Monitoring Oberflächengewässer“ des Landes NRW dient derzeit in NRW als Bewertungsgrundlage für die vom LANUV NRW untersuchten Parameter, die gesetzlich nicht

- [2.1] Richtlinie 2000/60/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 23. Oktober 2000 zur Schaffung eines Ordnungsrahmens für Maßnahmen der Gemeinschaft im Bereich der Wasserpolitik. In: Amtsblatt der Europäischen Union, 2000, L 327, S. 1 - 72
- [2.2] Richtlinie 2013/39/EU des Europäischen Parlaments und des Rates vom 12. August 2013 zur Änderung der Richtlinie 2000/60/EG und 2008/105/EG in Bezug auf prioritäre Stoffe im Bereich der Wasserpolitik. In: Amtsblatt der Europäischen Union, 2013, L 226, S. 1 - 17
- [2.3] Verordnung zum Schutz der Oberflächengewässer (OGeWV). In: Bundesgesetzblatt, 2016, Teil I, Nr. 28, S. 1373 - 1443
- [2.4] Ministerium für Umwelt, Landwirtschaft, Natur- und Verbraucherschutz des Landes NRW (Hrsg.): Leitfaden Monitoring Oberflächengewässer, <https://www.flussgebiete.nrw.de/node/7423>, Zugriff 10. Mai 2021
- [2.5] <https://www.flussgebiete.nrw.de/monitoringleitfaden-oberflaechengewaeser-anhang-d4-7724>, Zugriff 19. April 2021
- [2.6] Umweltbundesamt: Liste der nach GOW bewerteten Stoffe von März 2019, [https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/374/dokumente/liste\\_der\\_nach\\_gow\\_bewerteten\\_stoffe\\_201903-1.pdf](https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/374/dokumente/liste_der_nach_gow_bewerteten_stoffe_201903-1.pdf), Zugriff 03. Mai 2021
- [2.7] Verordnung zur Neuordnung trinkwasserrechtlicher Vorschriften (TrinkwV). In: Bundesgesetzblatt, 2018, Teil I, Nr. 2, S. 99 - 114
- [2.8] Common implementation strategy for the water framework directive (2000/60/EC), Guidance Document No.32 on Biota monitoring (the implementation of EQS<sub>biota</sub>) under the water framework directive. Technical Report-2014-083. Office for Official Publications in the European Communities, Luxembourg.
- [2.9] MKULNV: Bewirtschaftungsplan 2016-2021 für die nordrhein-westfälischen Anteile von Rhein, Weser, Ems und Maas – Ministerium für Klimaschutz, Umwelt, Landwirtschaft, Natur- und Verbraucherschutz des Landes Nordrhein-Westfalen, Düsseldorf, Dezember 2015, [https://www.flussgebiete.nrw.de/system/files/atoms/files/bwp-nrw\\_2016-2021\\_final.pdf](https://www.flussgebiete.nrw.de/system/files/atoms/files/bwp-nrw_2016-2021_final.pdf), Zugriff: 07. April 2021

Tabelle 2.3: Aktuelle sowie vorherige Grenzwerte von ausgewählten Stoffen der Anlage D4, Leitfaden „Monitoring Oberflächengewässer“ des Landes NRW [2.4]

Table 2.3: Latest and previous limit values of selected substances from the appendix D4, "Guidelines on monitoring surface waters" of the State of North Rhine-Westphalia [2.4]

Gesetzlich nicht verbindliche Orientierungswerte		
Stoffname	Orientierungswert (Stand Mai 2019) µg/l	Orientierungswert (Stand August 2019) µg/l
Arsen	1	1,3
Barium	60	60
Beryllium	0,1	0,1
Bor	100	100
Chrom*	10	3,4
Kobalt	0,9	0,9
Kupfer*	4	1,1
Molybdän	7	7
Mangan	-	35
Uran	2	0,44
Vanadium	2,4	2,4
Zink*	14	10,9
Pyren	0,0023	0,0023
Ibuprofen	0,01	0,01
Diclofenac	0,05	0,05
Erythromycin	0,2	0,2
Clarithromycin	0,1	0,1
Azithromycin	-	0,019
Sotalol	0,1	0,1
Iopamidol	0,1	0,1
Iopromid	0,1	0,1
Amidotrizoesäure	0,1	0,1
Metoprolol	7,3	8,6
EDTA	240	2200
Bisphenol A	0,1	0,1



\*zur Bewertung wird das 50 Perzentil herangezogen

verbindlich geregelt sind. Entsprechend dem Vorgehen des LANUV erfolgt im Ruhrgütebericht die Kennzeichnung für den sehr guten Zustand ( $\leq$  halber Orientierungswert) mit blau, während grün eine gute Bewertung ( $\leq$  Orientierungswert) bedeutet. Die Überschreitung des Orientierungswerts und der daraus folgende bestenfalls mäßige ökologische Zustand wird gelb gekennzeichnet. Bei Metallen beziehen sich die aufgeführten Anforderungen auf die filtrierte Wasserprobe. Davon abweichend wird im Ruhrgütebericht für Kupfer, Zink und Mangan die unfiltrierte Wasserprobe zur Bewertung herangezogen. Dies entspricht einem „worst-case“ Ansatz, da die Konzentration in der filtrierten Wasserprobe zumeist niedriger als in der unfiltrierten Probe ist. Mitte des Jahres 2019 hat das LANUV die Anlage D4 überarbeitet. Dabei wurden 80 Substanzen neu aufgenommen sowie bestehende Vorgaben für 14 Substanzen ent- und für 29 verschärft. Diese Änderungen führen dazu, dass aktuelle Auswertungen teilweise nicht mehr

Tabelle 2.4: Auszug aus der Tabelle der nach GOW bewerteten Stoffe [2.6]

Table 2.4: Abstract from the table of substances evaluated according to health-oriented values (HOW) [2.6]

Nach GOW bewertete Stoffe	
Stoffname	GOW µg/l
10,11-Dihydro-10,11-dihydroxycarbamazepin	0,3
Amidotrizoesäure	1,0
Azithromycin	0,3
Benzotriazol	3,0
Carbamazepin	0,3
Gabapentin	1,0
1H,1H,2H,2H-Perfluorooctansulfonsäure (H4PFOS)	0,1
Iopamidol	1,0
Metazachlor ESA	3,0
Metformin	1,0
Metolachlor ESA	3,0
Valsartansäure	0,3

ohne weiteres mit zurückliegenden verglichen werden können, da unterschiedliche Bewertungskriterien verwendet wurden. Tabelle 2.3 listet die aktuellen sowie die vorher gültigen Grenzwerte für eine Auswahl der im Ruhreinzugsgebiet relevanten gesetzlich nicht geregelten Parameter der Anlage D4 auf. Die aufgeführten Parameter werden anhand der Jahresmittelwerte beurteilt. Zur Einstufung der Metalle Chrom, Kupfer und Zink werden die jeweiligen 50-Perzentile herangezogen.

#### Gesundheitliche Orientierungswerte (GOW) des Umweltbundesamts

Stoffe ohne vollständige humantoxikologische Bewertung werden auf Basis vorhandener Daten unter Ableitung eines gesundheitlichen Orientierungswerts (GOW) betrachtet. Die Unterschreitung dieser stoffspezifischen Vorsorgewerte zeigt einen unbedenklichen, lebenslangen Trinkwassergenuss für Menschen an. Abhängig vom Wirkmechanismus wird der Wert in einem Bereich von 0,01 bis 3,0 µg/l festgelegt. Der GOW wird so niedrig angesetzt, dass kein Anlass zur gesundheitlichen Besorgnis besteht [2.6]. In Tabelle 2.4 sind ausgewählte Substanzen mit ihren jeweiligen GOW dargestellt.

#### Biologische Qualitätskomponenten

Der ökologische Zustand eines Wasserkörpers bzw. an einer Probenahmestelle in einem Fließgewässer wird gemäß den Vorgaben der EG-WRRL und der OGewV maßgeblich anhand der biologischen Qualitätskomponenten „Makrozoobenthos“ (Wirbellosenfauna der Gewässersohle), „Makrophyten und

Tabelle 2.5: Qualitätsklassen des Moduls Saprobie nach PERLODES für die im Ruhreinzugsgebiet vorkommenden Gewässertypen mit den zugehörigen allgemeinen physikalisch-chemischen Qualitätskomponenten der OGewV, Anlage 7, Anforderungen an den guten ökologischen Zustand bzw. das gute ökologische Potenzial

Table 2.5: Quality classes of the module saprobic index according to the evaluation system PERLODES and respective general physico-chemical quality elements from the German Surface Water Regulation (OGwEV), appendix 7, requirements on the good ecological status and the good ecological potential respectively, for all types of waters found in the Ruhr catchment area

Qualitätsklassen "Saprobie" [2.9]						Werte für allgemeine physikalisch-chemische Komponenten (ACP) für den guten ökologischen Zustand bzw. das gute ökologische Potenzial [2.3]													
LAWA-Gewässertyp	sehr gut	gut	mäßig	unbefriedigend	schlecht	Sommer-Temp* (°C)	Winter-Temp** (°C)	O <sub>2</sub> (mg/l) MIN/a	Cl <sup>-</sup> (mg/l) Mittelwert	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> (mg/l) Mittelwert	pH-Wert MIN/a - MAX/a	Fe (mg/l) Mittelwert	P <sub>ges</sub> (mg/l) Mittelwert	o-PO <sub>4</sub> -P (mg/l) Mittelwert	NH <sub>4</sub> -N (mg/l) Mittelwert	NH <sub>3</sub> -N (µg/l) Mittelwert	NO <sub>2</sub> -N (µg/l) Mittelwert	TOC (mg/l) Mittelwert	BSB <sub>5</sub> *** (mg/l) Mittelwert
<b>Typ 5</b> Grobmaterialreiche, silikatische Mittelgebirgsbäche	≤ 1,45	>1,45 -2,00	>2,00 -2,65	>2,65 -3,35	>3,35	≤ 20 - ≤ 25	≤ 8 - ≤ 10	> 8	≤ 200	≤ 75	6,5 - 8,5	≤ 0,7	≤ 0,10	≤ 0,07	≤ 0,1	≤ 1	≤ 30	< 7	< 3
<b>Typ 5.1</b> Feinmaterialreiche, silikatische Mittelgebirgsbäche	≤ 1,60	>1,60 -2,10	>2,10 -2,75	>2,75 -3,35	>3,35	≤ 20 - ≤ 25	≤ 8 - ≤ 10	> 8	≤ 200	≤ 75	6,5 - 8,5	≤ 0,7	≤ 0,10	≤ 0,07	≤ 0,1	≤ 1	≤ 30	< 7	< 3
<b>Typ 6</b> Feinmaterialreiche, karbonatische Mittelgebirgsbäche	≤ 1,70	>1,70 -2,20	>2,20 -2,80	>2,80 -3,40	>3,40	≤ 20 - ≤ 28	≤ 8 - ≤ 10	> 7	≤ 200	≤ 220	7,0 - 8,5	≤ 0,7	≤ 0,10	≤ 0,07	≤ 0,1	≤ 2	≤ 50	< 7	< 3
<b>Typ 7</b> Grobmaterialreiche, karbonatische Mittelgebirgsbäche	≤ 1,60	>1,60 -2,10	>2,10 -2,75	>2,75 -3,35	>3,35	≤ 20 - ≤ 25	≤ 8 - ≤ 10	> 7	≤ 200	≤ 220	7,0 - 8,5	≤ 0,7	≤ 0,10	≤ 0,07	≤ 0,1	≤ 2	≤ 50	< 7	< 3
<b>Typ 9</b> Silikatische, fein-bis grobmaterialreiche Mittelgebirgsflüsse	≤ 1,60	>1,60 -2,10	>2,10 -2,75	>2,75 -3,35	>3,35	≤ 20 - ≤ 25	≤ 8 - ≤ 10	> 7	≤ 200	≤ 75	7,0 - 8,5	≤ 0,7	≤ 0,10	≤ 0,07	≤ 0,1	≤ 1	≤ 30	< 7	< 3
<b>Typ 9.1</b> Karbonatische, fein-bis grobmaterialreiche Mittelgebirgsflüsse	≤ 1,70	>1,70 -2,20	>2,20 -2,80	>2,80 -3,40	>3,40	≤ 20 - ≤ 28	≤ 8 - ≤ 10	> 7	≤ 200	≤ 220	7,0 - 8,5	≤ 0,7	≤ 0,10	≤ 0,07	≤ 0,1	≤ 2	≤ 50	< 7	< 3
<b>Typ 9.2</b> Große Flüsse des Mittelgebirges	≤ 1,80	>1,80 -2,25	>2,25 -2,85	>2,85 -3,40	>3,40	≤ 21,5 - ≤ 28	≤ 10	> 7	≤ 200	≤ 220	7,0 - 8,5	≤ 0,7	≤ 0,10	≤ 0,07	≤ 0,1	≤ 2	≤ 50	< 7	< 3
<b>Typ 19</b> Kleine Niederungsfließgewässer in Fluss- und Strömtälern im Mittelgebirge	≤ 1,90	>1,90 -2,35	>2,35 -2,90	>2,90 -3,45	>3,45	≤ 20 - ≤ 25	≤ 10	> 7	≤ 200	≤ 220	7,0 - 8,5	≤ 0,7	≤ 0,15	≤ 0,10	≤ 0,1	≤ 2	≤ 50	< 7	< 3

\* = Temperatur abhängig von der Ausprägung der Fischgemeinschaft, T<sub>max</sub> Sommer (April bis November)

\*\* = Temperatur abhängig von der Ausprägung der Fischgemeinschaft, T<sub>max</sub> Winter (Dezember bis März)

\*\*\* = ohne Nitrifikationshemmung

Phytobenthos“ (Wasserpflanzen und Algen der Gewässersohle) und „Fischfauna“ sowie bei großen planktonführenden Strömen auch über die Qualitätskomponente „Phytoplankton“ bewertet. Die Bewertung erfolgt dabei jeweils im Vergleich zu der natürlichen, vom Menschen nicht oder nur sehr geringfügig beeinflussten Referenzsituation des jeweiligen Gewässertyps. Dieser Bewertungsansatz geht deutlich über die bis zum Jahr 2000 gebräuchliche Bewertung der saprobiellen Gewässergüte und der Strukturgüte hinaus. Zur differenzierten Bewertung der Gewässer aufgrund ihrer naturräumlichen und morphologischen Unterschiede wurde für die Umsetzung der EG-WRRL eine Gewässertypologie mit Verbreitungskarte erstellt, in der z. B. die Unterschiede zwischen Gewässern im Mittelgebirge und im Tiefland berücksichtigt sind. Ebenso wur-

den für die biologischen Qualitätskomponenten spezielle Bewertungsverfahren entwickelt. Im Ruhrgütebericht wird ausschließlich die Qualitätskomponente „Makrozoobenthos (MZB)“ dargestellt. Dies einerseits, weil MZB die bestuntersuchte Qualitätskomponente ist, andererseits aber auch, weil darüber die meisten Stressoren des ökologischen Zustands identifiziert und zugeordnet werden können. Für eine Bewertung anhand der anderen biologischen Qualitätskomponenten wird auf das ELWAS-WEB NRW verwiesen [2.10].

[2.10] <https://www.elwasweb.nrw.de/elwas-web/>, Zugriff: 11. Juni 2021

### Qualitätskomponente Makrozoobenthos

Das Makrozoobenthos (wirbellose Kleintiere der Gewässersohle), die im Gewässer und auf dem Gewässergrund lebenden Insektenlarven, Strudelwürmer, Krebstiere, Muscheln, Schnecken, usw., spielt im Ökosystem eines Fließgewässers eine große Rolle, da es organisches Material als Futter aufnimmt und selbst als Nahrungsgrundlage u. a. für Fische dient. Das Auftreten oder Fehlen bestimmter Arten ermöglicht Aussagen zur saprobiologischen Wasserqualität (Saprobie), zum strukturellen Zustand (Allgemeine Degradation) und zur Versauerung eines Fließgewässers. Die biologische Qualitätskomponente Makrozoobenthos spiegelt demnach nicht nur stoffliche Defizite wider, sondern auch Beeinträchtigungen der hydromorphologischen Bedingungen.

Für die Qualitätskomponente Makrozoobenthos wurde das multimetrische Verfahren PERLODES mit der Auswertungssoftware ASTERICS entwickelt [2.11]. Die Version 4 bzw. 4.0.4 ermöglicht neben der Bewertung des ökologischen Zustands für die „natürlichen Wasserkörper“ auch die Bewertung des ökologischen Potenzials für die „erheblich veränderten Wasserkörper“ (Heavily Modified Water Body = HMWB).

In den Ruhrgüteberichten erfolgt seit dem Jahr 2007 die Darstellung der Bewertung des ökologischen Zustands an den untersuchten Probenahmestellen auf der Grundlage des PERLODES-Verfahrens unter Berücksichtigung der jeweiligen Software-Updates. Um jedoch eine maximale Vergleichbarkeit der Untersuchungsergebnisse zu gewährleisten, wurden beim Ruhrverband die Ergebnisse bis zum Jahr 2011 (Ende des 2. Operativen Monitoringzyklus nach EG-WRRL) mit der ASTERICS-Version 3.1.1 berechnet. Für den 3. Monitoringzyklus der Jahre 2012 bis 2014 erfolgte die Berechnung auf Basis der Version 3.3.1 (vgl. [2.12]). Im 4. Monitoringzyklus (2015 - 2018) sowie in den Jahren 2019 und 2020 wurden die Auswertungen mit der ASTERICS-Version 4.0.4 durchgeführt.

Neben der Fortschreibung der Bewertungssoftware ASTERICS hatte das Land NRW im Jahr 2014 auch eine Überarbeitung der Karte der Gewässertypen umgesetzt [2.13]. Hierdurch änderten sich für einzelne Wasserkörper bzw. Probenahmestellen die Gewässertypzuordnung und damit der Referenzzustand als Vergleichsgröße zum gefundenen Ist-Zustand. Diese Umstellungen wurden bei der Auswertung ab dem Jahr 2015 ebenfalls berücksichtigt.

Mit den beiden Modulen Saprobie und Allgemeine Degradation und bei einigen Gewässertypen zusätzlich dem Modul Versauerung wird nach dem Worst Case Prinzip der ökologische Zustand bzw. das ökologische Potenzial bestimmt.

Im Modul Saprobie werden die Auswirkungen organischer Verschmutzungen auf das Makrozoobenthos als Saprobienindex nach DIN 38410 berechnet und in einem weiteren Schritt gewässertypbezogen bewertet [2.14]. Eine Übersicht über die Qualitätsklassen des Moduls Saprobie mit den zugehörigen

Werten für die allgemeinen physikalisch-chemischen Komponenten (ACP) der im Ruhreinzugsgebiet vorkommenden Gewässertypen ist in Tabelle 2.5 dargestellt. Die hier aufgeführten Werte dienen bei der Bewertung des ökologischen Zustands (ÖZ) bzw. des ökologischen Potenzials (ÖP) der Unterstützung der Zustandsermittlung zwischen den Klassengrenzen „gut“ und „mäßig“ [2.3].

Innerhalb des Moduls Allgemeine Degradation erfolgt die Berechnung mittels Core-Metrics, wie z. B. Artenzusammensetzung, Auftreten oder Fehlen bestimmter funktionaler Gruppen. Diese Core-Metrics unterscheiden sich sowohl nach vorliegendem Gewässertyp als auch danach, ob die Bewertung des ökologischen Zustands oder des ökologischen Potenzials durchgeführt wird. Eine Berücksichtigung der verminderten Anforderungen an das ökologische Potenzial findet im Modul Allgemeine Degradation innerhalb der Core-Metrics statt. Diese Einzelmetrics werden zu einem Gesamtwert – dem Multimetrischen Index – verrechnet, aus dem sich die Qualitätsklasse der Allgemeinen Degradation ergibt. Die zur Beurteilung dieses Moduls festgelegten Klassengrenzen des Multimetrischen Indexes sind in Tabelle 2.6 dargestellt. Sie gelten sowohl für den ökologischen Zustand als auch für das ökologische Potenzial.

Tabelle 2.6: Qualitätsklassen des Moduls Allgemeine Degradation nach PERLODES [2.9]

Table 2.6: Quality classes of the module general degradation according to the evaluation system PERLODES [2.9]

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

Im Modul Versauerung wird der Säurezustand entsprechend dem Vorkommen der säureempfindlichsten Taxa bestimmt. Dies ist im Ruhreinzugsgebiet nur für die versauerungsgefährdeten Gewässertypen 5 und 5.1 relevant.

Die EG-WRRL unterscheidet in ihrer Zieldefinition zwischen den natürlichen Wasserkörpern (NWB), die den „guten ökologischen Zustand“ erreichen sollen, sowie den künstlichen (AWB) und erheblich veränderten Wasserkörpern (HMWB), in denen die menschliche Nutzung das Erreichen eines guten Zustands ohne weitgehende, signifikante Einschränkungen unmöglich macht. Für diese Wasserkörper ist der Zielzustand das „gute ökologische Potenzial“, d. h. ein Zustand, der unter Beibehaltung der relevanten Nutzung erreicht werden kann. Um für diese Gewässer ein Bewertungsverfahren zu entwickeln, das zu vergleichbaren Bewertungsergebnissen führt, wurden so genannte HMWB-Fallgruppen entwickelt, denen die Ge-

wässer zuzuordnen sind. Aufbauend auf dem PERLODES-Verfahren wurde für jede HMWB-Fallgruppe ein Bewertungsmaßstab definiert, der als „höchstes ökologisches Potenzial“ das maximal Erreichbare bei der bestehenden Nutzung beschreibt. Im Vergleich zum ökologischen Zustand wurden in Abhängigkeit von der jeweiligen HMWB-Fallgruppe unterschiedlich stark abgesenkte Anforderungen entwickelt, die in der Software von ASTERICS in der Version 4 bzw. aktuell Version 4.0.4 implementiert sind.

Mit dieser Modifikation der Bewertungssoftware besteht nun die Möglichkeit, die Probenahmestellen in natürlichen Wasserkörpern nach ihrem ökologischen Zustand und solche in den HMWB nach ihrem ökologischen Potenzial zu bewerten. Die im Ruhreinzugsgebiet relevanten Fallgruppen sind in Tabelle 2.7 aufgeführt. Für die Bewertung der HMWB-Wasserkörper, die keiner HMWB-Fallgruppe zugeordnet werden können, sondern für die eine „Einzelfallbetrachtung“ (EFB) notwendig ist, hat das Land NRW ein Projekt initiiert, in dem die landesweite Vorgehensweise für alle HMWB-Einzelfallbetrachtungen festgelegt werden soll. Im Juni 2021 wurde der Abschlussbericht zu diesem Projekt veröffentlicht [2.15]. Die darin für das Ruhreinzugsgebiet beschriebene Vorgehensweise ist mit dem Ruhrverband abgestimmt und zum Teil bereits in der Datenbank ELWAS WEB umgesetzt worden.

Daher sind für den aktuellen Ruhrgütebericht die Monitoringstellen in HMWB mit Einzelfallbetrachtung in ihrem ökologischen Potenzial nach diesem neuen Verfahren bewertet. Somit können alle ab dem Jahr 2015 untersuchten Probenahmestellen in HMWB nach ihrem ökologischen Potenzial bewertet und kartographisch dargestellt werden. Für die Untersuchungen an Probenahmestellen in HMWB vor dem Jahr 2015 bleibt die Darstellung der Bewertungsklasse für den ökologischen Zustand zunächst erhalten. Sie wird aber zukünftig fortschreitend durch die Bewertungsklasse für das ökologische Potenzial ersetzt werden.

Im Rahmen des ruhrverbandsspezifischen Programms „Integrale Entwässerungsplanung“ (IEP) liegen Probenahmestellen auch in kleinen Gewässern (Einzugsgebiet < 10 km<sup>2</sup>, daher nach EG-WRRL nicht berichtspflichtig), die sich hydromorphologisch als HMWB darstellen. Für diese Gewässer findet keine Unterteilung in Wasserkörper und damit auch keine Einstufung als NWB, AW oder HMWB inkl. Fallgruppen statt. Diese Probenahmestellen werden nach dem Worst Case Prinzip weiterhin als NWB nach dem ökologischen Zustand bewertet und damit ggfs. mit schärferen Anforderungen belegt.

- [2.11] [www.fliessgewaesserbewertung.de](http://www.fliessgewaesserbewertung.de), Zugriff: 08. April 2021
- [2.12] Ruhrverband: Hydrobiologische Untersuchungen der Ruhr und ihrer Nebengewässer – Untersuchungen des Makrozoobenthos. In: Ruhrgütebericht, 2014, S. 44 - 57.
- [2.13] LANUV NRW (Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz Nordrhein-Westfalen): Fließgewässertypenkarten Nordrhein-Westfalens – LANUV-Arbeitsblatt Nr. 25, Recklinghausen, 2015: S. 1 - 102 + 2 Karten
- [2.14] DIN 38410: 2004: Bestimmung des Saprobienindex in Fließgewässern, Berlin: Beuth-Verlag GmbH
- [2.15] LANUV NRW (Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz Nordrhein-Westfalen): Ableitung des ökologischen Potentials für erheblich veränderte Fließgewässer (HMWB) mit der Fallgruppe „Einzelfallbetrachtung – Einzelfallbetrachtung in NRW“. <https://www.flussgebiete.nrw.de/ableitung-des-oekologischen-potenzials-fuer-erheblich-veraenderte-fluessgewaesser-hmwb-mit-der-9099>. Letzter Zugriff 06. August 2021

Tabelle 2.7: Liste der im Ruhreinzugsgebiet relevanten HMWB-Fallgruppen, verändert aus [2.9]

Table 2.7: List of HMWB categories relevant in the Ruhr catchment area, revised from [2.9]

HMWB-Fallgruppe	Nutzung	Mittelgebirgsbäche	Mittelgebirgsflüsse
BmV	Bebauung und Hochwasserschutz mit Vorland	X	X
BoV	Bebauung und Hochwasserschutz ohne Vorland	X	X
LuH	Landentwässerung und Hochwasserschutz	X	X
Tsp	Talsperren	X	X
Wkr	Wasserkraft	—	X
EFB	Einzelfallbetrachtung	X	X

### 3 Physikalisch-chemische Überwachungen der Ruhr

Zur Überprüfung der Qualität der Oberflächengewässer im Ruhreinzugsgebiet werden zahlreiche physikalisch-chemische und biologische Untersuchungen durchgeführt. Die Untersuchungsprogramme werden auf der Grundlage von geltenden internationalen Vorgaben, wie z. B. der EG-Wasserrahmenrichtlinie (EG-WRRL) [3.1], nationalen Gesetzen und Verordnungen (siehe Kapitel 2) sowie speziellen Güteanforderungen, z. B. der Arbeitsgemeinschaft der Wasserwerke an der Ruhr (AWWR), konzipiert. Zur Beantwortung aktueller Fragestellungen, wie z. B. der Relevanz von Spurenstoffen (siehe Kapitel 7 und 11), erfolgt regelmäßig eine entsprechende Anpassung der Messprogramme.

In diesem Kapitel werden die Ergebnisse der Untersuchungen der Ruhr an der Probenahmestelle in Essen-Rellinghausen („Zornige Ameise“), noch oberhalb des Baldeneysees, dargestellt, die seit über 90 Jahren dreimal wöchentlich auf eine Vielzahl von Parametern untersucht wird. Darüber hinaus werden die Nährstoffkonzentrationen und die organische Belastung an sechs Probenahmestellen der Ruhr erläutert. Dieses Untersuchungsprogramm mit wöchentlicher Probenahme existiert seit dem Jahr 1965, als der Einfluss der gereinigten kommunalen Abwässer auf die Belastung der Fließgewässer mit Nähr- und vor allem Zehrstoffen noch eine größere Rolle spielte. Ab dem Jahr 2017 wurde dieses Programm in das der Ruhrlängsuntersuchungen integriert. Diese monatlichen Untersuchungen an zwölf Messstellen von der Ruhrquelle bis zur Mündung in den Rhein und an einer Probenahmestelle an der Lennemündung geben die Möglichkeit, repräsentative Aussagen über räumliche und zeitliche Aspekte der Wasserbeschaffenheit zu treffen.

Tabelle 3.1: Monats-, Halbjahres- und Jahres-Mittelwerte verschiedener Kenngrößen der Ruhr bei Essen-Rellinghausen, Probenahmestelle "Zornige Ameise", Abflussjahr 2020

Table 3.1: Monthly, biannual and annual averages of several parameters for the Ruhr at Essen-Rellinghausen, sampling point "Zornige Ameise", water year 2020

	Abfluss am Pegel Hattingen  m³/s	Wasser- tempe- ratur  °C	pH- Wert (Me- dian)	Elektr. Leit- fähig- keit  µS/cm	Abfiltr. Stoffe  mg/l	Abfiltr. Stoffe Glüh- rück- stand  mg/l	Sauerstoff Gehalt Sätti- gungs- index  mg/l %		BSB <sub>5</sub>  gesamt mg/l	Chem. Sauer- stoff- bedarf CSB gesamt mg/l	TOC  mg/l	DOC  mg/l	Absorp- tions- koeffi- zient 254 nm  m <sup>-1</sup>	Ammo- nium- Stick- stoff  mg/l	Nitrat- Stick- stoff  mg/l	Gesamt- Phos- phor  mg/l	o-Phos- phat- Phos- phor  mg/l
November 2019	41,5	8,4	7,9	454	3,5	2,4	11,3	96	1,3	9,0	3,1	2,4	6,4	0,07	2,9	0,09	0,05
Dezember 2019	109	6,8	7,9	332	6,8	4,4	11,9	98	1,7	7,7	2,7	2,2	5,5	0,05	3,2	0,08	0,04
Januar 2020	67,2	6,1	7,8	376	4,0	2,7	12,3	99	1,4	5,6	2,0	1,5	4,1	0,04	3,1	0,07	0,03
Februar 2020	192	6,6	7,7	293	19,7	17,5	12,1	99	2,1	11,3	3,8	1,9	5,4	0,07	3,0	0,09	0,04
März 2020	157	7,9	7,9	339	12,3	10,2	11,7	99	1,9	7,6	3,2	1,8	4,7	0,05	2,9	0,08	0,03
April 2020	25,5	12,8	8,8	535	7,7	3,6	11,7	110	3,5	11,1	4,5	2,6	5,2	0,02	2,2	0,05	0,00
Mai 2020	22,7	16,4	8,0	538	2,9	1,4	8,5	87	1,1	10,8	4,2	3,8	6,6	0,04	2,1	0,07	0,04
Juni 2020	23,8	20,8	7,9	539	3,1	2,2	8,0	90	1,2	11,3	5,3	4,1	7,6	0,05	1,9	0,10	0,06
Juli 2020	21,9	20,6	8,0	535	1,8	1,0	8,2	91	1,0	10,7	4,1	3,3	7,5	0,05	1,7	0,09	0,06
August 2020	20,9	22,3	8,0	508	4,2	1,8	8,0	93	1,4	13,6	5,0	4,0	7,4	0,04	1,5	0,10	0,05
September 2020	20,0	17,6	8,0	549	2,2	1,0	8,4	88	0,8	11,2	4,2	3,5	6,9	0,04	1,7	0,07	0,04
Oktober 2020	20,8	13,0	7,9	568	2,0	1,2	9,7	92	0,8	10,9	3,6	3,2	7,0	0,04	2,1	0,08	0,05
Winterhalbjahr	98,4	8,0	7,9	387	8,7	6,7	11,8	100	1,9	8,7	3,2	2,0	5,2	0,05	2,9	0,08	0,03
Sommerhalbjahr	21,7	18,5	7,9	540	2,6	1,4	8,5	90	1,0	11,4	4,4	3,6	7,2	0,04	1,8	0,09	0,05
Abflussjahr 2020	59,9	13,5	7,9	467	5,5	3,9	10,1	95	1,5	9,8	3,8	2,8	6,2	0,05	2,3	0,08	0,04
Kalenderjahr 2020	51,8	13,4	7,9	482	5,0	3,4	10,0	94	1,4	10,4	4,0	3,0	6,3	0,04	2,3	0,08	0,04
Abflussjahr 2019	51,0	13,5	7,9	495	4,7	3,3	10,0	94	1,3	9,6	3,7	2,8	6,6	0,05	2,4	0,10	0,05

Tabelle 3.2: Monats- und Halbjahres-Mittelwerte verschiedener Kenngrößen der Ruhr bei Essen-Rellinghausen, Probenahmestelle "Zornige Ameise", Abflussjahr 2020  
 Table 3.2: Monthly and biannual averages of several parameters for the Ruhr at Essen-Rellinghausen, sampling point "Zornige Ameise", water year 2020

	Chlorid	Sulfat	Fluorid	Bromid	Blei gesamt	Cadmium gesamt	Nickel gesamt	Chrom gesamt	Kupfer gesamt	Zink gesamt	Eisen gesamt	Mangan gesamt	AOX	EDTA	Borat- Bor	Chloro- phyll-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	mg/l	µg/l
November 2019	55	38	0,10	< 0,05	1,1	0,06	2,3	0,6	2,8	18	0,24	47	9	3,0	0,06	< 1
Dezember 2019	35	30	0,08	< 0,05	1,4	0,05	2,0	0,9	2,6	18	0,35	47	< 5	2,0	0,04	
Januar 2020	35	32	0,07	< 0,05	0,94	0,04	1,8	0,7	2,1	21	0,21	38	< 5	1,6	0,04	
Februar 2020	25	26	0,06	< 0,05	3,7	0,13	3,1	2,0	4,9	42	0,84	79	7	1,2	0,03	
März 2020	27	32	0,07	< 0,05	2,2	0,09	3,0	1,4	3,9	31	0,73	58	8	1,2	0,03	4
April 2020	59	48	0,09	0,08	0,65	0,05	2,1	< 0,5	2,3	11	0,16	50	6	2,1	0,08	47
Mai 2020	61	44	0,10	0,07	0,61	0,05	2,5	< 0,5	3,2	12	0,11	38	9	2,6	0,08	5
Juni 2020	67	42	0,09	0,10	0,75	0,06	2,5	< 0,5	3,6	12	0,14	40	10	2,8	0,08	2
Juli 2020	67	40	0,10	0,10	0,44	0,05	2,2	< 0,5	3,2	9	0,06	29	8	2,3	0,08	2
August 2020	66	37	0,10	0,09	0,61	0,04	2,4	< 0,5	3,0	9	0,13	51	7	2,8	0,08	16
September 2020	74	38	0,10	0,11	0,55	0,04	2,1	< 0,5	2,7	8	0,12	39	7	2,4	0,09	3
Oktober 2020	76	39	0,10	0,12	0,47	0,04	2,2	< 0,5	2,6	10	0,10	31	9	3,3	0,09	2
Winterhalbjahr	39	34	0,08	< 0,05	1,6	0,07	2,4	1,0	3,1	24	0,42	52	7	1,8	0,05	22
Sommerhalbjahr	69	40	0,10	0,10	0,56	0,05	2,3	< 0,5	3,0	10	0,11	38	8	2,7	0,08	5
Abflussjahr 2020	55	37	0,09	0,07	1,1	0,06	2,3	0,6	3,1	16	0,26	45	7	2,3	0,06	9
Kalenderjahr 2020	56	28	0,09	0,08	1,1	0,06	2,3	0,6	2,9	16	23,0	41	7	2,4	0,07	9
Abflussjahr 2019	61	39	0,09	0,07	0,92	0,05	2,5	0,6	3,0	16	0,23	40	7	2,7	0,07	5

In die Erkenntnisse der routinemäßigen Probenahmeprogramme fließen die Ergebnisse der Gewässerüberwachungsstationen an der Ruhr ein. Diese wurden in letzten Jahren hinsichtlich Ausstattung und Datenübertragung an den aktuellen Stand der Technik angepasst. Die online verfügbaren Daten werden auch zur Beurteilung kurzfristiger Veränderungen bei den physikalisch-chemischen Verhältnissen, wie z. B. der Sauerstoffkonzentrationen, herangezogen. In der Vegetationsperiode können diese vor allem in und unterhalb von Stauhaltungen zum Teil erheblichen Schwankungen unterliegen, wenn sauerstoffproduzierende (Photosynthese) und -verbrauchende Vorgänge (Atmung, Biomasseabbau) die Sauerstoffkonzentration, den pH-Wert und sonstige Parameter beeinflussen.

Die Ergebnisse der oben genannten Untersuchungsprogramme beziehen sich auf das Abflussjahr 2020 (1. November 2019 bis 31. Oktober 2020) und werden in den ersten drei Abschnitten des Kapitels beschrieben. Die Bewertungen der einzelnen Parameter nach den Vorgaben der aktuellen Oberflächengewässerverordnung (OGewV) [3.2] sowie der Anlage D4 des „Leitfadens Monitoring Oberflächengewässer“ des Landes NRW [3.3, 3.4] und ggf. der Trinkwasserverordnung (TrinkwV) [3.5] erfolgen zusammenfassend am Ende dieses

Kapitels und beziehen sich gemäß den Vorgaben auf das Kalenderjahr 2020.

Die nach den Vereinbarungen mit der AWWR und in Zusammenarbeit mit dem Hygieneinstitut des Ruhrgebiets zusätzlichen quartalsweise durchgeführten „AWWR-Ruhr längsuntersuchungen“ berücksichtigen in erster Linie die Entnahmestellen von Rohwasser zur Trinkwassergewinnung. Die Ergebnisse werden im Berichtsteil der AWWR vorgestellt.

- [3.1] Richtlinie 2013/39/EU des Europäischen Parlaments und des Rates vom 12. August 2013 zur Änderung der Richtlinie 2000/60/EG und 2008/105/EG in Bezug auf prioritäre Stoffe im Bereich der Wasserpollitik. In: Amtsblatt der Europäischen Union, 2013, L 226, S. 1 - 17
- [3.2] Verordnung zum Schutz der Oberflächengewässer (OGewV). In: Bundesgesetzblatt, 2016, Teil I, Nr. 28, S. 1373 - 1443
- [3.3] Ministerium für Umwelt, Landwirtschaft, Natur- und Verbraucherschutz des Landes NRW (Hrsg.): Leitfaden Monitoring Oberflächengewässer, <https://www.flussgebiete.nrw.de/node/7423>, Zugriff 08. April 2020:
- [3.4] <https://www.flussgebiete.nrw.de/monitoringleitfaden-oberflaechengewaeser-anhang-d4-7724>, Zugriff 19. April 2021
- [3.5] Verordnung zur Änderung der Trinkwasserverordnung (Trinkwasserverordnung – TrinkwV 2011), Bundesgesetzblatt Jahrgang 2016 Teil I S. 1666 vom 18. Juli 2016

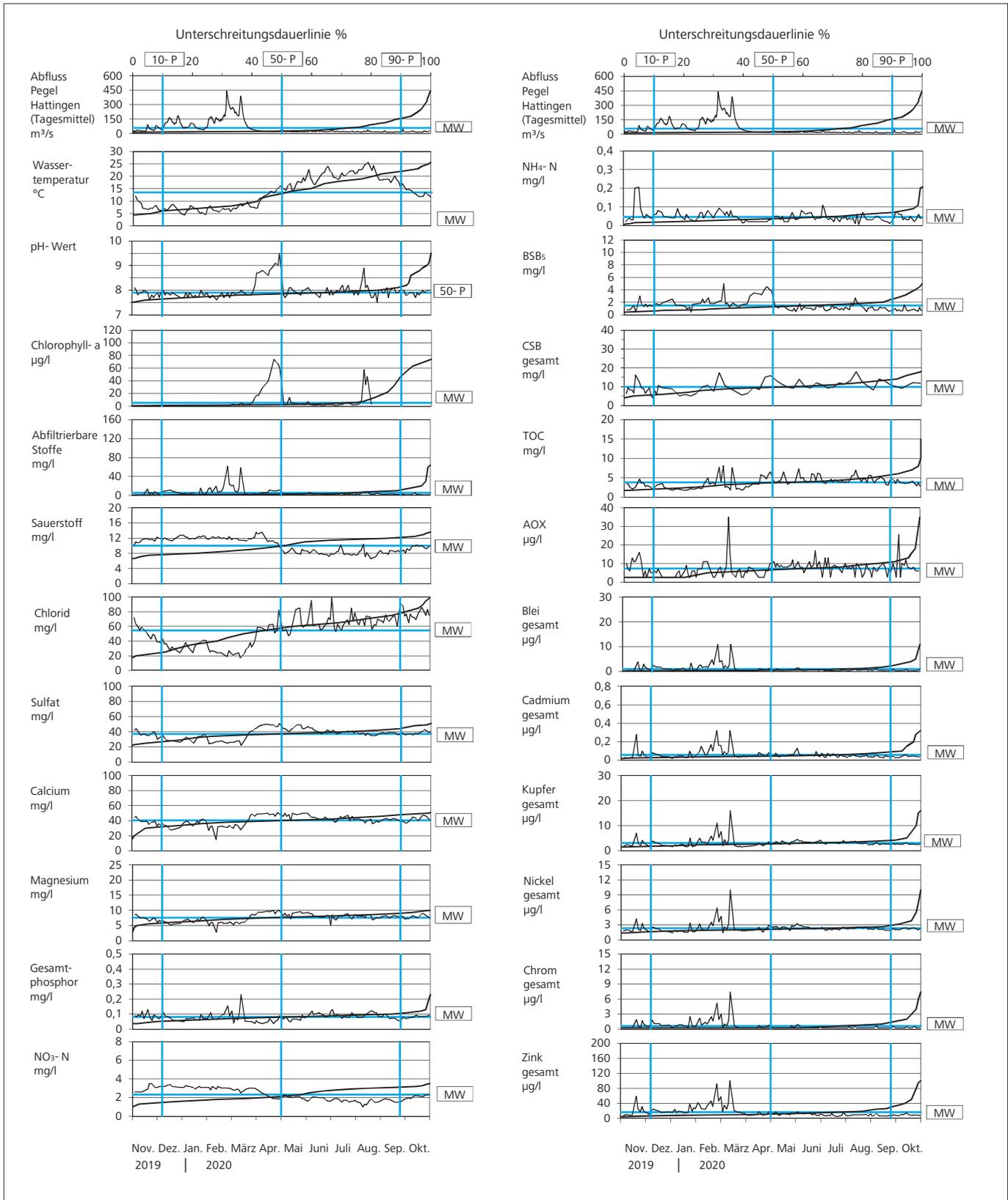


Bild 3.1: Ganglinien und Unterschreitungsdauerlinien verschiedener Kenngrößen, Ruhr bei Essen-Rellinghausen im Abflussjahr 2020  
 Fig. 3.1: Time-variation curves and curves showing the durations below limit for selected parameters, Ruhr at Essen-Rellinghausen in the water year 2020

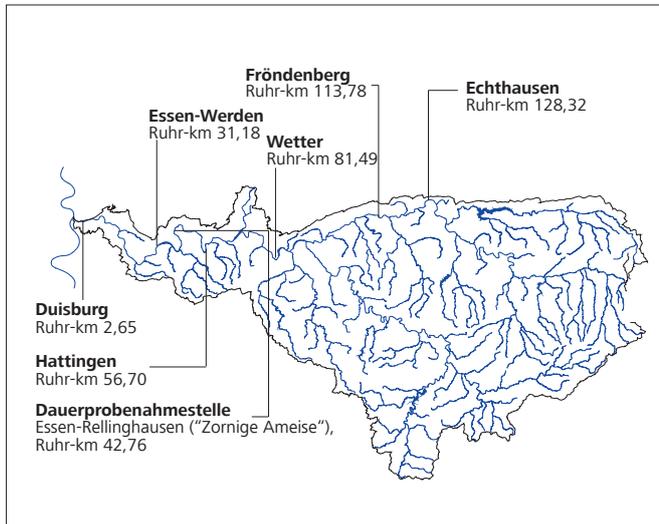


Bild 3.2: Lage der Gewässerüberwachungsstationen an der Ruhr  
Fig. 3.2: Location of water quality monitoring stations along the Ruhr

### Ergebnisse der Messstelle Ruhr bei Essen-Rellinghausen und der Gewässerüberwachungsstationen

Die relevanten statistischen Kenngrößen von den „klassischen“ Parametern an der intensiv untersuchten Probenahmestelle in Essen-Rellinghausen sind für das Abflussjahr 2020 in den Tabellen 3.1 und 3.2 zusammengefasst. Bild 3.1 zeigt für ausgewählte Parameter die Ganglinien und die Summenhäufigkeiten als Unterschreitungsdauerlinie. Durch den Schnittpunkt der senkrechten blauen Linien mit der Dauerlinie werden die 10-, 50- und 90-Perzentile markiert. Die waagerechte Linie repräsentiert das arithmetische Mittel (MW) des Abflussjahres für die entsprechenden Kenngrößen.

Neben den in Essen-Rellinghausen gemessenen Kenngrößen fließen in die Bewertung auch die Ergebnisse der Gewässergüte-Überwachungsstationen zwischen Echthausen und Duisburg ein. Die in Bild 3.2 dargestellten Gewässergüte-Überwachungsstationen werden vom Ruhrverband, vom Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz (LANUV), von der Bezirksregierung Arnsberg sowie von der Westfälischen Wasser- und Umweltanalytik GmbH (WWU) zum Teil gemeinsam betrieben. Weiterhin beteiligt sich die AWWR an den Betriebskosten der Gewässergüte-Überwachungsstation Hattingen. Die Gewässergüte-Überwachungsstationen mit den dazugehörigen Ausstattungen zeigt die Tabelle 3.3.

Im Berichtszeitraum betrug der mittlere Abfluss am Pegel Hattingen 659,9 m<sup>3</sup>/s. Das Abflussjahr 2020 zeichnete sich durch ein nasses Winterhalbjahr und ausgesprochen trockenes Sommerhalbjahr aus. Erwähnenswert ist vor allem die fast sieben Wochen andauernde Phase zwischen 1. Februar und 18. März 2020, in welcher der Abfluss nicht unter 100 m<sup>3</sup>/s sank. Durchschnittlich flossen am Pegel Hattingen in dieser Zeit 207 m<sup>3</sup>/s Wasser durch das Ruhrtal. Das Maximum wurde am 24. Februar

2020 mit 440 m<sup>3</sup>/s als Tagesmittelwert erreicht. Im Gegensatz dazu betrug der mittlere Abfluss über einen Zeitraum von sieben Monaten von April bis Oktober 2020 lediglich 22,3 m<sup>3</sup>/s, wobei in diesem Zeitraum 50 m<sup>3</sup>/s nicht überschritten wurden. Auch zu Beginn des sich daran anschließenden Abflussjahres 2021 hatten diese Verhältnisse Bestand. Das waren im Vergleich zu den vorangegangenen schon sehr trockenen Sommern nochmals niedrigere Abflusswerte.

Die mittlere **Wassertemperatur** des Winterhalbjahrs 2019/2020 betrug 8 °C, in den Monaten November 2019 bis Februar 2020 sogar nur 6,5 °C. Damit lagen die Wassertemperaturen unter dem Niveau der letzten 15 Jahre, auch wenn das Tagesminimum mit 4,4 °C nicht außergewöhnlich kalt war. Erwähnenswert ist der starke Temperaturanstieg von mittleren 7,9 °C im meist nassen März auf 12,8 °C im trockenen April

Tabelle 3.3: Einrichtungen der Gewässergüte-Überwachungsstationen an der Ruhr  
Table 3.3: Facilities at the water quality monitoring stations along the Ruhr

	Echthausen WWU	Fröndenberg LANUV / WWU	Wetter LANUV	Hattingen RV / LANUV	Essen-Werden, Baldeneysee Auslauf, RV	Duisburg RV
<b>Physikalisch- chemische Kenngrößen</b>						
Wassertemperatur	x	x	x	x	x	x
pH-Wert	x	x	x	x	x	x
Redox-Potenzial			x			
Sauerstoffgehalt	x	x	x	x	x	x
Elektrische Leitfähigkeit	x	x	x	x	x	x
Trübung	x	x	x	x	x	
<b>Sonstige</b>						
Chlorophyll-a (in vivo Fluoreszenz)			x	x	x	
Lufttemperatur			x			
Solarstrahlung			x		x	
<b>Biomonitore</b>						
Daphnientest		x				
<b>Probenahmeeinrichtungen</b>						
Sammelprobeaufnahme-Einrichtungen		x	x	x	x	x
Selbstentleerende Probenahme-Einrichtungen			x	x	x	
Schwebstoffgewinnung			x	x		
<b>Datenerfassung/- übertragung</b>						
Messwertspeicher		x	x	x	x	x
Datenfernübertragung		x	x	x	x	x

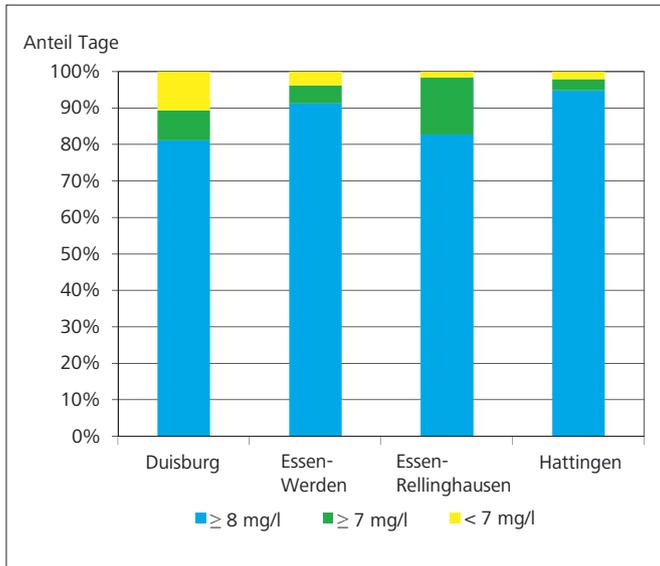


Bild 3.3: Zeitliche Verteilung der Sauerstoffgehalte in der unteren Ruhr, 2020  
 Fig. 3.3: Temporal distribution of oxygen levels in the lower Ruhr, water year 2020

2020, der auf den Abflussrückgang zusammen mit einer hohen Sonneneinstrahlung in dieser Zeit zurückzuführen war. Wie im Jahr 2018 kam es auch im Berichtszeitraum aufgrund des ungewöhnlich heißen Sommers vor allem in den Monaten Juni, Juli und August an fast allen Probenahmetagen zu Wassertemperaturen von über 20 °C. Das Tagesmaximum wurde mit 25,7 °C am 14. August 2020 gemessen.

Im Laufe des warmen Aprils 2020 stieg der **pH-Wert** in der ersten Monatshälfte von pH 7,9 bis auf pH 8,7 und nach einer kurzen Unterbrechung bis zum Monatsende bis auf das diesjährige Maximum von pH 9,5 an. Diese Verhältnisse sind während des Frühjahrsmaximums der Phytoplanktonentwicklung im Zusammenspiel mit einer niedrigen Wasserführung und hoher Strahlungsintensität üblich. In den planktonreichen 1990er Jahren waren häufig mehrere Wochen pH-Werte über 9,0 vorhanden mit Maximalwerten bis zu pH 9,8. Die zugehörigen Chlorophyll-a-Konzentrationen stiegen in der zweiten Aprilhälfte bis auf das diesjährige Maximum von 74 µg/l an. Mit dem Absterben der Algenpopulation zum Monatswechsel April/Mai 2020 sank der pH-Wert wieder auf das Niveau um pH 8,0 ab. Nach einem planktonarmen Frühsommer stellte sich Mitte August 2020 nochmals eine kurze Algenentwicklung ein, die jedoch mit einem Chlorophyll-a-Gehalt bis zu 58 µg/l nicht das Ausmaß der diesjährigen Frühjahrsentwicklung aufwies. Der zugehörige pH-Wert stieg dabei bis auf 8,9 an. Die detaillierte Beschreibung der Chlorophyllgehalte und der Auswirkungen biologischer Prozesse auf die Verhältnisse in der Ruhr bleibt dem Kapitel 5 vorbehalten.

Die Konzentrationen der **Abfiltrierbaren Stoffe** sowie die hier nicht dargestellte **Trübung** erhöhten sich nennenswert lediglich bei den Anstiegen des Abflusses in den Monaten Februar

und März 2020. Die jeweiligen Höchstwerte von 62,0 mg/l und 58,7 FNU wurden am 22. Februar und 13. März 2020 gemessen. Wie auf die Trübung wirkt sich das Abflussgeschehen auch entscheidend auf die Elektrische Leitfähigkeit (nicht grafisch dargestellt) aus. Im Verlauf der von April bis Oktober 2020 andauernden Trockenperiode lagen die beiden Spitzenwerte der **Elektrischen Leitfähigkeit** mit knapp 660 µS/cm Anfang Juli und Ende Oktober 2020 bei Abflüssen um 20 m³/s. Trotz der langen Niedrigwasserphase blieb die mittlere Elektrische Leitfähigkeit aber unter dem Vorjahreswert von 495 µS/cm. Das Minimum von 260 µS/cm wurde am 13. Februar 2020 bei einem Abfluss von 361 m³/s gemessen.

### Sauerstoffhaushalt

Durch die seit Anfang dieses Jahrhunderts stark zurückgegangene planktische Primärproduktion in der Ruhr haben sich die trophischen Folgen der Photosynthese sowie des mikrobiellen Abbaus und der Atmung für den Sauerstoffhaushalt deutlich reduziert (siehe Kapitel 5). Sowohl hohe Übersättigungen im Ruhrwasser als auch für die aquatische Fauna lebensbedrohliche Sauerstoffmangelsituationen, die noch Anfang der 2000er Jahre die Belüftung der Ruhr erforderlich machten, gehören heutzutage der Vergangenheit an.

Die prozentuale Verteilung der Sauerstoffwerte im Abflussjahr 2020 in der unteren Ruhr an den Gewässergüte-Überwachungsstationen Hattingen, Essen-Werden und Duisburg sowie an der Probenahmestelle in Essen-Rellinghausen ist in Bild 3.3 dargestellt.

Die Löslichkeit des Sauerstoffs im Wasser nimmt mit steigender Wassertemperatur ab. Ähnlich wie in den beiden Vorjahren kam es auch im Jahr 2020 aufgrund langanhaltender sommerlicher Verhältnisse zu höheren Wassertemperaturen in der Ruhr. Dadurch traten an allen drei Gewässergüte-Überwachungsstationen und in Essen-Rellinghausen (Bild 3.4) von Mai bis September niedrigere Sauerstoffkonzentrationen als in den vorherigen Sommerhalbjahren auf. Trotzdem waren zwischen Hattingen und Essen-Werden wenige Sauerstoffkonzentrationen unter 8 mg/l und nur vereinzelt unter 7 mg/l zu verzeichnen. Insgesamt blieben zwischen 81 und 95 % der Messwerte der Sauerstoffgehalte über 8 mg/l. Während in Essen-Werden im August 2020 aufgrund einer großen Algenpopulation hohe Sauerstoffgehalte um 15 mg/l und mehr vorhanden waren, blieben diese an der Station Duisburg zur gleichen Zeit meist unter 7 mg/l. Hier zeigt sich wie auch in vielen Vorjahren, dass der Unterlauf der Ruhr als Selbstreinigungsstrecke fungiert, auf der die oberhalb und im Baldeneysee produzierte Biomasse mikrobiologisch unter Sauerstoffverbrauch abgebaut wird. Dies führt gerade im Sommer temporär zu niedrigen Sauerstoffkonzentrationen.



Bild 3.4: Ruhr bei Essen Rellinghausen („Zornige Ameise“), 2020  
Fig. 3.4: Ruhr at Essen-Rellinghausen („Zornige Ameise“) 2020

### Mineralische Inhaltsstoffe

Aufgrund der außerordentlich niedrigen mittleren Abflüsse im Sommerhalbjahr 2020 waren in dieser Zeit die mittleren Gehalte von **Chlorid** aber auch von **Sulfat** mit 69 bzw. 40 mg/l überdurchschnittlich hoch. Als Maximum wurden am 3. Juli 2020 ein Chloridwert von 99 mg/l und am 29. April 2020 eine Sulfatkonzentration von 51 mg/l gemessen. Durch die abflussreichen Monate Januar bis März 2020 wurden diese beiden Anionen dagegen verdünnt und blieben in diesem Zeitraum unterhalb der langjährigen Mittelwerte. Die entsprechenden Minima wurden am 12. Februar 2020 nach einer zwei Wochen lang andauernden Wasserführung um 150 m<sup>3</sup>/s mit 17 mg/l Chlorid (2019: 20 mg/l) bzw. 22 mg/l Sulfat (2019: 23 mg/l) gemessen. Bezogen auf das gesamte Abflussjahr waren niedrigere Konzentrationen als in den letzten Jahren zu verzeichnen.

Die beiden Anionen **Fluorid** und **Bromid** (nicht grafisch dargestellt) lagen mit 0,09 bzw. 0,07 mg/l in den gleichen Konzentrationsbereichen wie im Vorjahr.

Auch die Erdalkalimetallkationen **Calcium** und **Magnesium** (nicht tabellarisch dargestellt) werden durch das Abflussgeschehen beeinflusst. So waren die Konzentrationen im Jahresdurchschnitt mit 40 mg/l Calcium und 7,6 mg/l Magnesium mit denen des Vorjahrs fast identisch und lagen geringfügig höher als in der langjährigen Betrachtung. Mit einem mittleren **Härtegrad** von 1,3 mmol/l ist das Wasser wiederholt als „weich“ einzustufen.

### Nährstoffe

Die Intensität der photoautotrophen Primärproduktion in Gewässern wird weitestgehend durch die Verfügbarkeit der beiden Nährstoffe Stickstoff und Phosphor bestimmt. In den letzten Jahrzehnten sind die Konzentrationen dieser beiden Stoffe in der Ruhr deutlich zurückgegangen. Dies wurde vor allem durch den weiteren Ausbau bzw. die betriebliche Optimierung der Kläranlagen mit einer verbesserten Phosphor- und Stickstoffelimination erreicht.

Der mittlere Gehalt für **Gesamt-Phosphor (TP)** betrug an der Messstelle Zornige Ameise 0,08 mg/l und erreichte damit die niedrigste Durchschnittskonzentration seit Beginn der Messungen an dieser Probenahmestelle in der Ruhr bei Essen. Diese niedrigen Werte traten sowohl im Winter- als auch im Sommerhalbjahr auf. Insgesamt lagen 70 % der Phosphorkonzentrationen unter 0,1 mg/l TP. Kurzzeitige, bei Abflussanstiegen vorhandene Konzentrationsanstiege, wie z. B. das Maximum von 0,23 mg/l TP am 13. März 2020, spielen in der Jahresbilanz eine untergeordnete Rolle.

Die mittlere Konzentration von **ortho-Phosphat-Phosphor (o-PO<sub>4</sub>-P, nicht grafisch dargestellt)** betrug im Abflussjahr 2020 lediglich 0,04 mg/l, was einer Reduktion um 20 % bezogen auf das Vorjahr entspricht. Ein Wert von 0,1 mg/l o-PO<sub>4</sub>-P wurde in keiner Probe überschritten. Bemerkenswert, aber nicht ungewöhnlich ist die starke Abnahme dieses direkt verfügbaren Pflanzennährstoffs gegen Ende des Frühjahrsmaximums der Algenentwicklung. Zu diesem Zeitpunkt war ortho-Phosphat nicht nachweisbar.

Der mittlere **Nitrat-Stickstoffgehalt (NO<sub>3</sub>-N)** lag mit 2,3 mg/l unter dem langjährigen Mittel von 2,5 mg/l, aber auch unter dem Mittelwert des letzten Abflussjahres von 2,4 mg/l. Während im kühlen Winterhalbjahr aufgrund einer verminderten Denitrifikation fast alle Werte oberhalb des Mittelwerts lagen, traten im Sommerhalbjahr ausschließlich Konzentrationen unterhalb von 2,3 mg/l NO<sub>3</sub>-N auf.

Das niedrige Konzentrationsniveau für **Ammonium-Stickstoff (NH<sub>4</sub>-N)** der letzten Jahre wurde mit einem mittleren Gehalt von 0,05 mg/l auch im Abflussjahr 2020 bestätigt. Nur im November 2019 erhöhten sich die Ammonium-Stickstoff-Konzentrationen nach einem Starkregenfall bis auf 0,21 mg/l. Auch wenn die Ammoniumwerte insgesamt sehr unauffällig waren, traten vereinzelt hohe Ammoniak-Stickstoff-Konzentrationen auf. Diese wurden jedoch nicht durch hohe Ammoniumwerte hervorgerufen, sondern waren die Folge hoher pH-Werte während der Zeiten mit einer hohen Phytoplanktondichte. Das diesjährige Maximum von 14 µg/l NH<sub>3</sub>-N wurde z. B. bei einer niedrigen Ammonium-Stickstoff-Konzentration von 0,03 mg/l im Frühjahr gemessen, aber bei einem hohen pH-Wert von 9,5 und einer noch relativ niedrigen Wassertemperatur von 19,1 °C. Diese bekannte, natürliche Situation tritt jedes Jahr im Frühjahr auf und kann unter Umständen zum Verenden geschwächter Fische führen, welches landläufig als „Fronleich-

namsfischsterben“ bezeichnet wird. Auch der Fischlaich reagiert empfindlich auf hohe Ammoniak-Konzentrationen. Insgesamt sind in der Ruhr bei Essen mit mittleren 1,2 µg/l NH<sub>3</sub>-N unkritische Verhältnisse vorhanden.

#### Organische Summenparameter

Zur Beurteilung des Wassers der Ruhr hinsichtlich der organischen Belastung werden mehrere Summenparameter herangezogen. Dazu gehören der Biochemische Sauerstoffbedarf (BSB<sub>5</sub>), die chemische Oxidierbarkeit mittels Kaliumdichromat als Chemischer Sauerstoffbedarf (CSB), der Organisch Gebundene Kohlenstoff (TOC), der Spektrale Absorptionskoeffizient (SAK) bei 254 nm und die Adsorbierbaren Organisch Gebundenen Halogene (AOX).

Aufgrund nur weniger Perioden mit nennenswerten Abflussanstiegen, die zu Remobilisierungsprozessen und erhöhten Einträgen von biochemisch abbaubaren Materialien führten, blieb der **BSB<sub>5</sub> (ohne ATH)** im Winterhalbjahr mit im Mittel 1,9 mg/l auf einem vergleichbaren Niveau wie in den Vorjahren. Die höchsten Werte mit bis zu 5,0 mg/l wurden Anfang März 2020 während der abflussreichen Zeit und im April während der etwa einen Monat andauernden Algenentwicklung in der Ruhr erreicht. Durch das schon im Mai 2020 abgeklungene Frühjahrsmaximum der Phytoplanktonpopulation und wegen der bis auf die kurze Algenentwicklung im August 2020 nahezu fehlenden Primärproduktion blieb auch in diesem Sommerhalbjahr der durchschnittliche BSB<sub>5</sub> mit 1,0 mg/l auf dem üblichen Niveau. Im Abflussjahr 2020 betrug der mittlere BSB<sub>5</sub> 1,5 mg/l (2019: 1,3 mg/l).

Die Spitzenwerte für den **Chemischen Sauerstoffbedarf** von 18,0 mg/l und den **Gesamten Organisch Gebundenen Kohlenstoff** von 8,1 mg/l wurden nach Abflussanstiegen Ende Februar/Anfang März 2020 gemessen. Im weiteren Jahresverlauf bewegten sich die Konzentrationen für CSB und TOC im Bereich der langjährigen Jahresmittel von 9,3 bzw. 3,7 mg/l, wobei der TOC während der Trockenwetterphasen höhere Schwankungen als der nur wöchentlich gemessene CSB aufwies. Ein etwas höherer Anstieg war wie beim BSB<sub>5</sub> bei der kurzzeitigen Algenentwicklung mit bis zu 58 µg/l Chlorophyll-a im August 2020 zu verzeichnen.

Die verschiedenen organischen Halogenverbindungen, die durch die Einleitung gereinigter kommunaler Abwässer und über diffuse Quellen in die Fließgewässer gelangen, werden durch den Summenparameter AOX erfasst. Schon seit mehr als zehn Jahren gehen die mittleren AOX-Gehalte in der Ruhr zurück. Im Abflussjahr 2020 bewegten sich die AOX-Werte in der Ruhr bei Essen-Rellinghausen zwischen < 5 und 35 µg/l. Der Mittelwert erreichte mit 7 µg/l den gleichen Wert wie im Vorjahr.

#### Schwermetalle

Schwermetallbelastungen der Gewässer haben unterschiedliche Ursachen wie Auswaschungen, Abtrag natürlich vorkommender Gesteine und Böden oder Einleitungen behandelter industrieller und kommunaler Abwässer. Inzwischen liegen die Schwermetallkonzentrationen in der Ruhr seit vielen Jahren auf einem sehr niedrigen Niveau. Im Folgenden wird über die prioritären Stoffe Blei und Nickel sowie das prioritär gefährliche Cadmium berichtet. Weiterhin wurden die unfiltrierten Proben auf Chrom, Kupfer und Zink sowie auf den prioritär gefährlichen Stoff Quecksilber (nicht grafisch dargestellt) analysiert.

Die **Bleikonzentrationen** sind stark vom Abflussgeschehen abhängig. So traten die Spitzenwerte mit jeweils 11 µg/l in der unfiltrierten Probe Ende Februar und Mitte März 2020 bei Abflussanstiegen auf. Die Durchschnittswerte von 1,1 µg/l Pb<sub>ges.</sub> und 0,20 µg/l Pb<sub>filtr.</sub> in der Ruhr bei Essen-Rellinghausen lagen auf dem Niveau der Vorjahre.

Auch die **Cadmiumkonzentrationen** zeigten eine große Abflussabhängigkeit. Wie beim Blei wurden die beiden Maxima von je 0,32 µg/l Cd<sub>ges.</sub> bei hohen Abflüssen Ende Februar und Mitte März 2020 erreicht. Das Maximum im November 2019 trat bei einem moderaten Abflussanstieg auf, der nach einer mehrmonatigen Niedrigwasserphase allerdings neben der Konzentrationszunahme von Cadmium eine größere Auswirkung auf einige Parameter hatte. Die Höchstkonzentration für den gelösten Anteil wurde während der Trockenwetterphase Ende Juni 2020 mit 0,07 µg/l Cd<sub>filtr.</sub> gemessen. Die dazugehörigen arithmetischen Mittel betragen 0,03 µg/l Cd<sub>filtr.</sub> und 0,06 µg/l Cd<sub>ges.</sub>

**Kupfer** gelangt auf sehr unterschiedliche Pfade in die Gewässer. Für die Kupferbelastung der Ruhr sind gewerblich-industrielle Emissionen ebenso zu betrachten wie Einträge z. B. aus Kupferleitungen über häusliche Abwässer. Im Berichtszeitraum erreichte der Kupfergehalt mit einem Durchschnittswert von 3,1 µg/l nach dem Jahr 2019 den zweitniedrigsten Wert der letzten 15 Jahre. Der zugehörige Hintergrundwert beträgt in diesem Gewässerabschnitt 2,8 µg/l für den Gesamtgehalt von Kupfer. Bis auf die beiden, bei hohen Abflüssen gemessenen Maxima von jeweils 11 µg/l Ende Februar und Mitte März 2020 blieben die Konzentrationen der filtrierten Probe unverändert niedrig. Das unterstreicht nochmals die Mobilisierung oder den Eintrag von Feststoffen aufgrund hoher Abflüsse in der Ruhr.

Die Belastung der Ruhr mit **Nickel** wird im Wesentlichen durch Emissionen aus metallbe- und verarbeitenden Betrieben beeinflusst. Wie bei den übrigen Schwermetallen traten auch für Nickel<sub>ges.</sub> aufgrund von Sedimentremobilisierung die Höchstgehalte von 6,4 µg/l und 10 µg/l bei den abflussreichen Verhältnissen im Februar und März 2020 auf. Das Maximum für die filtrierte Probe lag mit 3,1 µg/l Anfang Juni 2020 gegen Ende einer dreiwöchigen Phase konstant niedrigerer Abflüsse um

20 m<sup>3</sup>/s. Die Durchschnittswerte lagen mit 2,3 µg/l Ni<sub>ges.</sub> und 1,8 µg/l Ni<sub>filtr.</sub> auf dem niedrigsten Niveau der bisherigen Untersuchungen an dieser Probenahmestelle.

Der **Chromgehalt** spielt in der Ruhr seit vielen Jahren keine große Rolle mehr. Aufgrund hoher Abflüsse wurde die höchste Konzentration von 7,4 µg/l ebenfalls im März 2020 registriert. Der Durchschnittswert betrug 0,6 µg/l und war somit vergleichbar mit den niedrigen Werten aus den letzten drei Abflussjahren.

**Quecksilber** (nicht grafisch dargestellt) ist im Einzugsgebiet der Ruhr in der Wasserphase ohne Bedeutung. Die höchste Konzentration von 0,026 µg/l wurde bei Abflussanstiegen Mitte März 2020 gemessen. Ab April lagen bis auf einen Positivbefund von 0,005 µg/l Quecksilber alle Werte unterhalb der Bestimmungsgrenze von 0,005 µg/l.

**Zink** ist von Natur aus nur in sehr geringen Konzentrationen im Wasser enthalten. Der größte Teil gelangt durch anthropogene Verunreinigungen in die Gewässer. So kann das Metall aus verzinkten Rohren und Regenrinnen herausgelöst werden. In der Ruhr spielen allerdings vor allem geogene Belastungen aus Grubenwässern des ehemaligen Erzabbaus im Oberlauf der Ruhr eine wichtige Rolle. Wie bei den restlichen Metallen traten für Zink erhöhte Gehalte in den abflussreichen Perioden auf. So wurden für Zink wie auch für die anderen Metalle Ende Februar und Mitte März die Maximalwerte von 94 bzw. 100 µg/l aufgrund der Sedimentremobilisierungsprozesse bei den hohen Abflüssen gemessen. Die Durchschnittskonzentration lag mit 16 µg/l wie in den Vorjahren auf einem sehr niedrigen Niveau.

### Ergebnisse der wöchentlichen Ruhruntersuchungen

Das Bild 3.5 zeigt die Summenhäufigkeitskurven der Untersuchungsergebnisse relevanter Parameter für die organische Belastung (CSB) und die Nährstoffbelastung (NH<sub>4</sub>-N, TP) an den sechs Probenahmestellen an der Ruhr von Arnsberg-Wildshausen bis Duisburg-Aakerfähre für die vier Dekaden von 1970 bis 2010 und für das aktuelle Abflussjahr. Es ist offensichtlich, dass sich die in den 1970er Jahren merkliche Belastung der Ruhr deutlich vermindert hat. Das Jahr 2020 war das dritte in Folge eines der abflussärmsten Jahre mit langen Niedrigwasserphasen und eines der wärmsten seit Beginn der Wetteraufzeichnungen. Das führte unter anderem im gesamten Verlauf der Ruhr ähnlich wie im Vorjahr zu höheren CSB-Konzentrationen. Die Spitzenwerte wurden Mitte Dezember 2019 nach einer monatelangen Niedrigwasserperiode bei stark steigenden Abflüssen erreicht, allerdings mit bis zu 18 mg/l CSB nicht annähernd so hoch wie im Abflussjahr 2019. Die Konzentrationen von Ammonium-Stickstoff haben sich in den letzten Jahren auf einem niedrigen Niveau stabilisiert und zeigten im gesamten Fließverlauf ähnliche Werte wie in den Vorjahren. Die im letzten Abflussjahr aufgetretenen leicht erhöhten Phosphorgehalte waren im Abflussjahr 2020 nicht mehr vorhanden. Vielmehr zeigt sich an dem Nährstoff Phosphor der Erfolg

der zielgerichteten Maßnahmen, wie die fortlaufende Optimierung von Kläranlagen und ein bedarfsgerechter Düngemittelsatz.

### Ergebnisse der physikalisch-chemischen Ruhrlängsuntersuchungen

Die geographische Lage der zwölf Probenahmestellen ist in Bild 3.6 dargestellt. Die ersten fünf Probenahmeorte befinden sich zwischen der Ruhrquelle und der Mündung der Möhne. Drei weitere Messstellen liegen auf der Strecke von der Möhнемündung bis zur Wehranlage des Harkortsees. Im Abschnitt bis zur Mündung in den Rhein befinden sich die restlichen vier Probenahmestellen. Zudem wird seit dem Jahr 2017 zusätzlich die Lenne vor Mündung in die Ruhr mit untersucht. Die Flusskilometerangaben basieren auf der 3. Auflage der Gewässerstationierung des LANUV [3.6].

In Bild 3.7 sind die **Abflusstagesmittelwerte** der Ruhrpegel Meschede 1, Bachum und Hattingen an den zwölf Untersuchungsterminen sowie die Monatsmittelwerte am Pegel Hattingen im Abflussjahr 2020 dargestellt. Der mittlere Abfluss am Pegel Hattingen an den Untersuchungstagen lag im Abflussjahr gut 6 % unter dem Jahresmittelwert. Höhere Abweichungen der Abflüsse an den Messtagen von bis zu 50 % vom durchschnittlichen Monatsmittel waren von Dezember 2019 bis Februar 2020 (die Probenahme im März 2020 ist Coronapandemie-bedingt entfallen) zu verzeichnen, als wechselnde Abflüsse auf einem hohen Niveau auftraten. Ab April 2020 und in den folgenden Sommermonaten lagen aufgrund der ungewöhnlich langandauernden Trockenheit sowohl niedrige mittlere Monats- als auch Tagesabflüsse an allen drei Pegeln vor.

In Bild 3.8 sind die statistischen Daten der untersuchten Kenngrößen für das Abflussjahr 2020 und die Abflussjahre 2002 bis 2019 im so genannten „Box-Whisker-Diagramm“ dargestellt. Die grau hinterlegte Fläche entspricht den 10- und 90-Perzentilen, die rote Linie den arithmetischen Mittelwerten (pH-Wert als Median) der langjährigen Betrachtung. Die Minima und Maxima für das Jahr 2020 entsprechen den Endpunkten der Linien. Die grauen Säulen repräsentieren den Bereich zwischen den 10- und 90-Perzentilen des Jahres 2020. Das arithmetische Mittel des Berichtsjahrs wird durch den schwarzen Punkt abgebildet.

### Allgemeine physikalisch-chemische Kenngrößen

Die durchschnittliche **Wassertemperatur** in der Ruhr lag über die gesamte Fließstrecke oberhalb der jeweiligen langjährigen Mittelwerten. Abgesehen unterhalb der Quelle waren die

[3.6] Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz (LANUV): Gewässerstationierungskarte des Landes Nordrhein-Westfalen (GSK3B, 3. Auflage, 31. Juli 2006). Quelle (Karte): Land NRW (2019) Datenlizenz Deutschland - Namensnennung – Version 2.0 ([www.govdata.de/dl-de/by-2-0](http://www.govdata.de/dl-de/by-2-0))

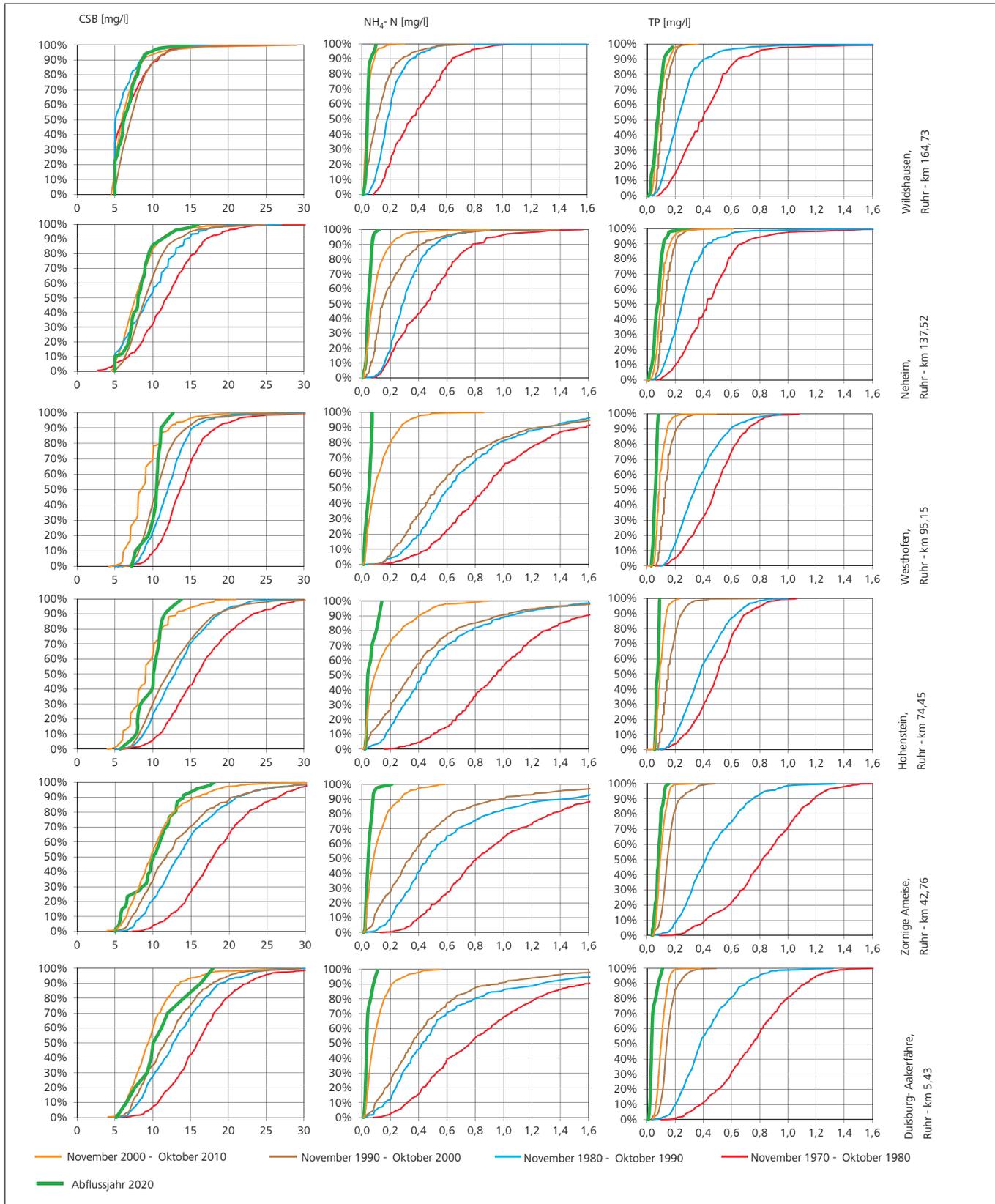


Bild 3.5: Ruhrwasserbeschaffenheit nach den Ergebnissen der wöchentlichen Ruhruntersuchung, dargestellt als Summenhäufigkeiten  
 Fig. 3.5: Ruhr water condition according to the results of weekly examinations, shown as cumulative frequencies

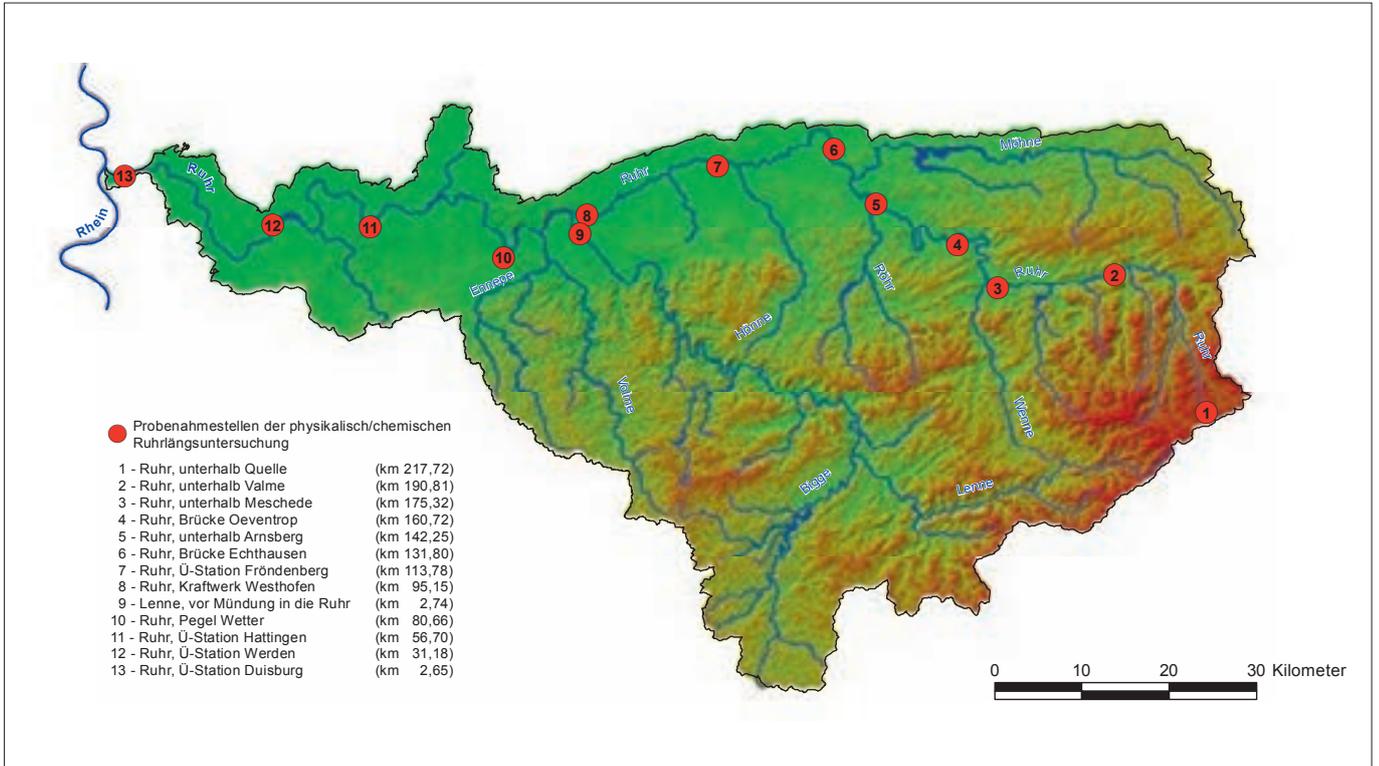


Bild 3.6: Geografische Lage der zwölf Probenahmestellen der Ruhr längsuntersuchungen  
 Fig. 3.6: Location of the 12 sampling points for quality monitoring along the Ruhr  
 Quelle/Source: Geobasisdaten der Kommunen und des Landes NRW © Geobasis NRW 2008

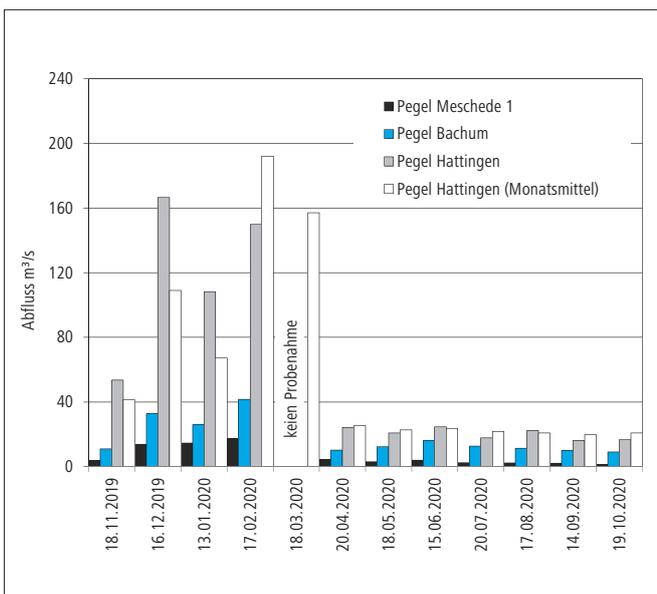


Bild 3.7: Abflüsse an den Pegeln Meschede 1, Bachum und Hattingen an den Probenahmestellen des Abflussjahres 2020 (Tagesmittelwerte)  
 Fig. 3.7: Ruhr runoff at the gauging stations Meschede, Bachum and Hattingen at the sampling points of 2020 (daily means)

größten Temperaturunterschiede mit etwa 2 °C unterhalb Arnsberg, also noch vor der Möhnmündung mit dem kühleren Talsperrenwasser, und unterhalb der Stauseen Hengstey und Harkort, in denen sich aufgrund der langen Aufenthaltszeit das Wasser stärker erwärmen konnte, zu verzeichnen. Die lokalen Anstiege der Wassertemperatur zeigten allerdings keine Auswirkungen auf die folgenden Fließstrecken, bei denen Unterschiede zwischen 0,1 und 1,0 °C auftraten.

Die Mediane der **pH-Werte** im Jahr 2020 lagen im Vergleich zum Jahr 2019 mit Ausnahme an der Probenahmestelle unterhalb Arnsberg auf einem ähnlichen Niveau. Hier führten niedrige Abflüsse und hohe Strahlungsintensität im Sommerhalbjahr zu einem größeren Makrophytenwachstum. Dadurch stiegen die pH-Werte etwas an, überschritten einen pH-Wert von pH 9,0 jedoch nur einmalig um 0,1 pH-Einheiten. Dieses war auch im Fließverlauf der Ruhr die einzige Überschreitung dieses Werts im Abflussjahr 2020. Während der Phytoplanktonentwicklung traten im April im Unterlauf der Ruhr erhöhte Werte bis pH 9,0, der einmalig erreicht wurde, auf. Die mittleren pH-Werte waren jedoch unauffällig.

Die vom Abfluss beeinflusste **Elektrische Leitfähigkeit** nimmt in der Ruhr aufgrund anthropogener und geogener Einflüsse

von der Quelle bis zu Mündung zu. Durch die Zuflüsse der ionenärmeren Lenne und Volme nimmt die Elektrische Leitfähigkeit an der Probenahmestelle Pegel Wetter ab, um danach wieder anzusteigen. Im Unterlauf (ab Ruhr-km 67) steigt die Elektrische Leitfähigkeit vor allem durch die Aufnahme der Grubenwässer des ehemaligen Bergwerks „Robert Müser“ wieder an. Aufgrund der langandauernden Niedrigwasserverhältnisse, die sowohl im November 2019 als auch von April bis Oktober 2020 vorlagen, traten ähnlich hohe Durchschnittswerte wie im vorherigen Abflussjahr auf. Der Spitzenwert von 652  $\mu\text{S}/\text{cm}$  wurde im Juni 2020 an der Überwachungsstation Duisburg bei einem Abfluss von 24,6  $\text{m}^3/\text{s}$  am Pegel Hattingen verzeichnet.

#### *Sauerstoffhaushalt*

Die mittleren Sauerstoffkonzentrationen lagen an den Messstellen unterhalb Quelle und auf der Fließstrecke von der Brücke Echthausen bis zum Kraftwerk Westhofen unter den durchschnittlichen Konzentrationen der langjährigen Betrachtung (Jahre 2002 bis 2019). An der Probenahmestelle in Echthausen spielte zum großen Teil das sauerstoffärmere Tiefenwasser der Möhnetalsperre, das über die Möhne in die Ruhr gelangt, und weniger die Mineralisierung der oberhalb gebildeten Biomasse eine Rolle. Jeweils einmalig traten hier und an der Überwachungsstation Hattingen Sauerstoffkonzentrationen unter 7  $\text{mg}/\text{l}$  auf. Insgesamt zeigte die Ruhr hinsichtlich der Sauerstoffverhältnisse auch in dem witterungsbedingt besonderen Jahr keine Auffälligkeiten.

#### *Mineralische Inhaltsstoffe*

Die wesentlichen mineralischen Bestandteile des Ruhrwassers sind die Kationen Calcium, Magnesium, Natrium und Kalium sowie die Anionen Chlorid, Sulfat, Nitrat und Hydrogencarbonat. Die Gehalte sowohl der Kationen als auch der Anionen werden stark vom Abfluss geprägt und nehmen analog zur Elektrischen Leitfähigkeit mit zunehmender Fließstrecke zu.

Auffällig war die unterschiedliche Konzentrationsabhängigkeit vom Abfluss der beiden häufigsten Anionen im Ruhrwasser **Chlorid** und **Sulfat**. Während sich die Sulfatgehalte auch bei den niedrigen Abflüssen in den letzten Jahren kaum verändert haben, stiegen diese für Chlorid tendenziell an. Besonders unterhalb der Einleitungsstelle der Grubenwässer des ehemaligen Bergwerks „Robert Müser“ erfahren die Chloridgehalte eine Konzentrationserhöhung. In geringer Ausprägung trifft dies auch für die Einleitungsstelle „Zeche Heinrich“ zu.

In der oberen und mittleren Ruhr lagen trotz der andauernden Niedrigwasserphasen im November 2019 und von April bis Oktober 2020 die mittleren Gehalte für Sulfat im Bereich oder unter denen der langjährigen Betrachtung der Jahre 2002 bis 2019. Werte über 50  $\text{mg}/\text{l}$  wurden lediglich an den beiden Überwachungsstationen Hattingen und Werden im April/Mai 2020 gemessen. Einen deutlich größeren Einfluss hatten die niedrigen Abflüsse und die damit einhergehende geringere

Verdünnung auf Chlorid. In der Ruhr lagen die mittleren Konzentrationen unterhalb des Möhnezufusses über denen der Vorjahre. Das Maximum von 92  $\text{mg}/\text{l}$  wurde im Oktober 2020 wie in den Vorjahren an der Überwachungsstation Hattingen gemessen.

Die durchschnittlichen Konzentrationen der Anionen **Fluorid** und **Bromid** sowie der Kationen **Calcium**, **Magnesium**, **Natrium** und **Kalium** waren unauffällig und bewegten sich auf dem Niveau der Vorjahre.

#### *Borat-Bor*

Mit zunehmender Bevölkerungsdichte im Fließverlauf der Ruhr und dem damit einhergehenden größeren Anteil an kommunalen Abwässern stieg die **Borat-Bor**-Konzentration auf dem gesamten Fließweg nahezu kontinuierlich an. Sowohl die niedrigen Maximalwerte bis 100  $\mu\text{g}/\text{l}$  im Unterlauf als auch die 90-Perzentile und Mittelwerte zeigen, dass in der Ruhr wie schon in den letzten Jahren ein insgesamt sehr niedriges Konzentrationsniveau vorhanden ist.

#### *Nährstoffe*

Neben den Komponenten Licht, Kohlenstoff, Aufenthaltszeit, Wassertemperatur und gegebenenfalls Silicium sind für die Produktion pflanzlicher Biomasse (Makrophyten, planktische und benthische Algen) in Gewässern die Nährstoffe Phosphor und Stickstoff unentbehrlich. Da sich in der Ruhr ausreichend Stickstoff, meist in Form von Nitrat, befindet, stellt Phosphor über den größten Teil des Jahres den limitierenden Faktor dar. Im Folgenden wird auf die langjährige Entwicklung der Kenngrößen Gesamtphosphor, Nitrat- und Ammonium-Stickstoff eingegangen. Im Kapitel 5 werden die Auswirkungen von biotischen und abiotischen Komponenten auf die trophische Situation ausführlich dargestellt.

Die mittleren **Phosphorkonzentrationen** befanden sich im Jahr 2020 im gesamten Fließverlauf der Ruhr auf dem niedrigsten Niveau der hier betrachteten knapp 20 Jahre. Bis auf wenige Stellen lagen selbst die 90-Perzentile auf dem Niveau der langjährigen Mittelwerte. Auch die diesjährigen Maxima der Gesamtphosphorkonzentrationen blieben deutlich unter den langjährigen Werten und lagen bis auf zwei Ausnahmen im Oberlauf unter den 90-Perzentilen der letzten 18 Jahre. Der für die Primärproduktion wichtige Anteil an gelöstem Phosphor schwankt je nach Abflussgeschehen und Biomasseauf- bzw. -abbau. Die durchschnittlichen **o-Phosphat-Phosphorkonzentrationen** lagen im Berichtszeitraum zwischen 0,010 und 0,087  $\text{mg}/\text{l}$  und bewegten sich ebenfalls auf einem niedrigeren Niveau als die letzten Jahre. Mit Ausnahme des Unterlaufs der Ruhr, in dem die Mittelwerte ca. 0,085  $\text{mg}/\text{l}$  betragen, wurden im Ober- und Mittellauf meist nur vereinzelt Werte über 0,07  $\text{mg}/\text{l}$  gemessen.

Auch die **Ammonium-Stickstoff**-Konzentrationen lagen im Abflussjahr 2020 in der gesamten Ruhr erneut niedriger als im

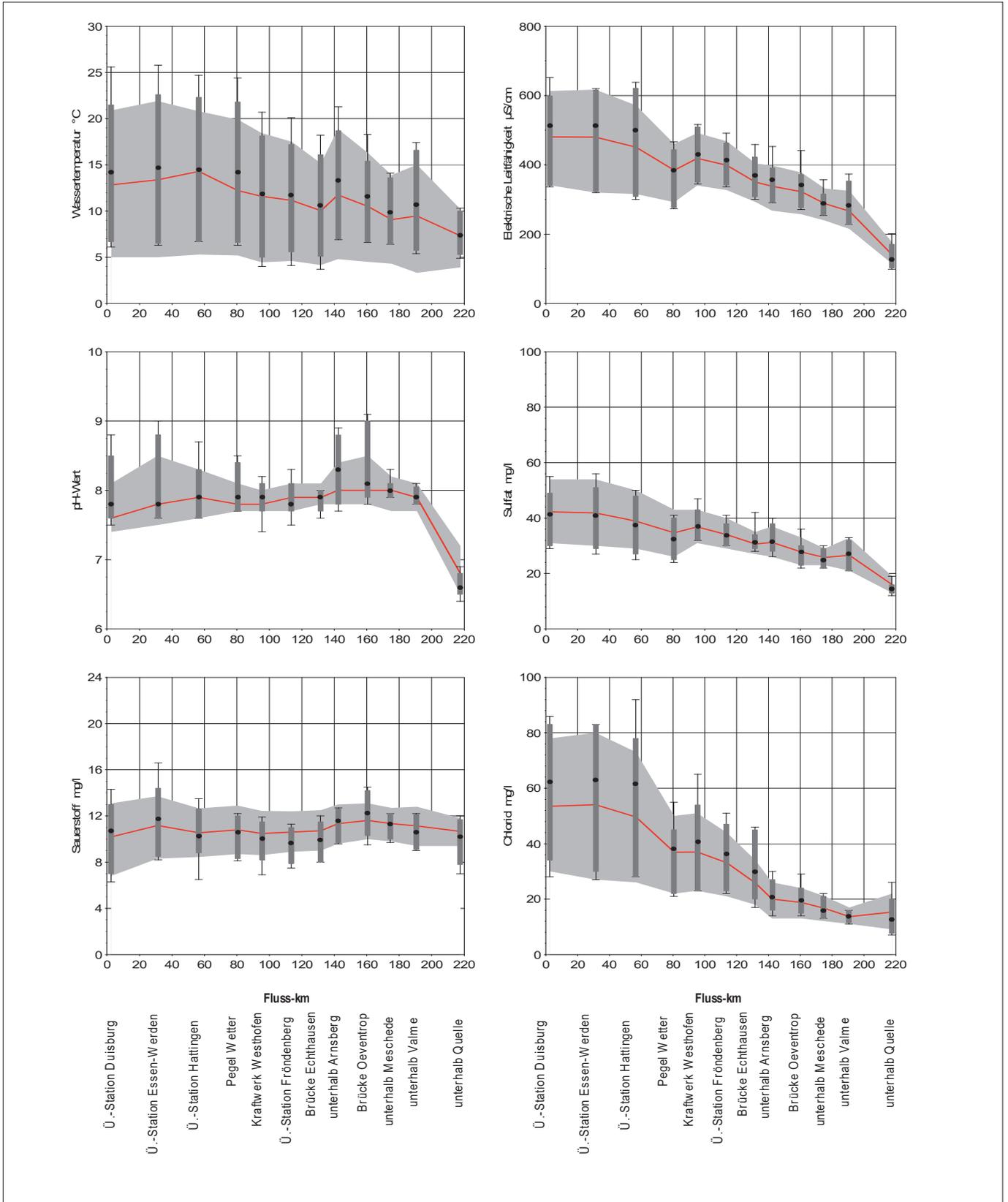


Bild 3.8: Ruhrlängsuntersuchungen im Abflussjahr 2020, statistische Daten ausgewählter Kenngrößen  
 Fig. 3.8: Examinations along the Ruhr during the runoff year 2020, statistical data of selected parameters

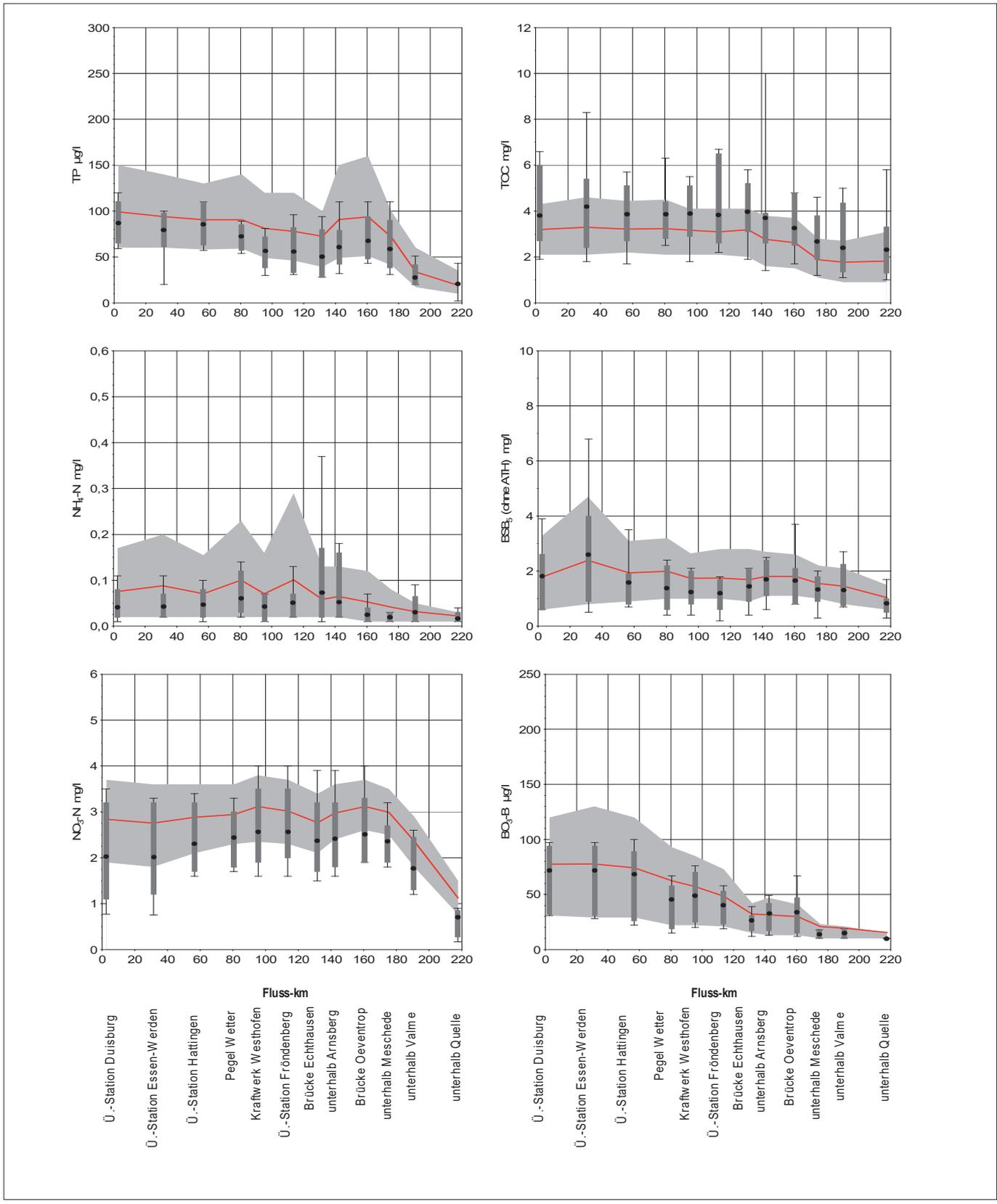


Bild 3.8: Ruhrlängsuntersuchungen im Abflussjahr 2020, statistische Daten ausgewählter Kenngrößen  
 Fig. 3.8: Examinations along the Ruhr during the runoff year 2020, statistical data of selected parameters

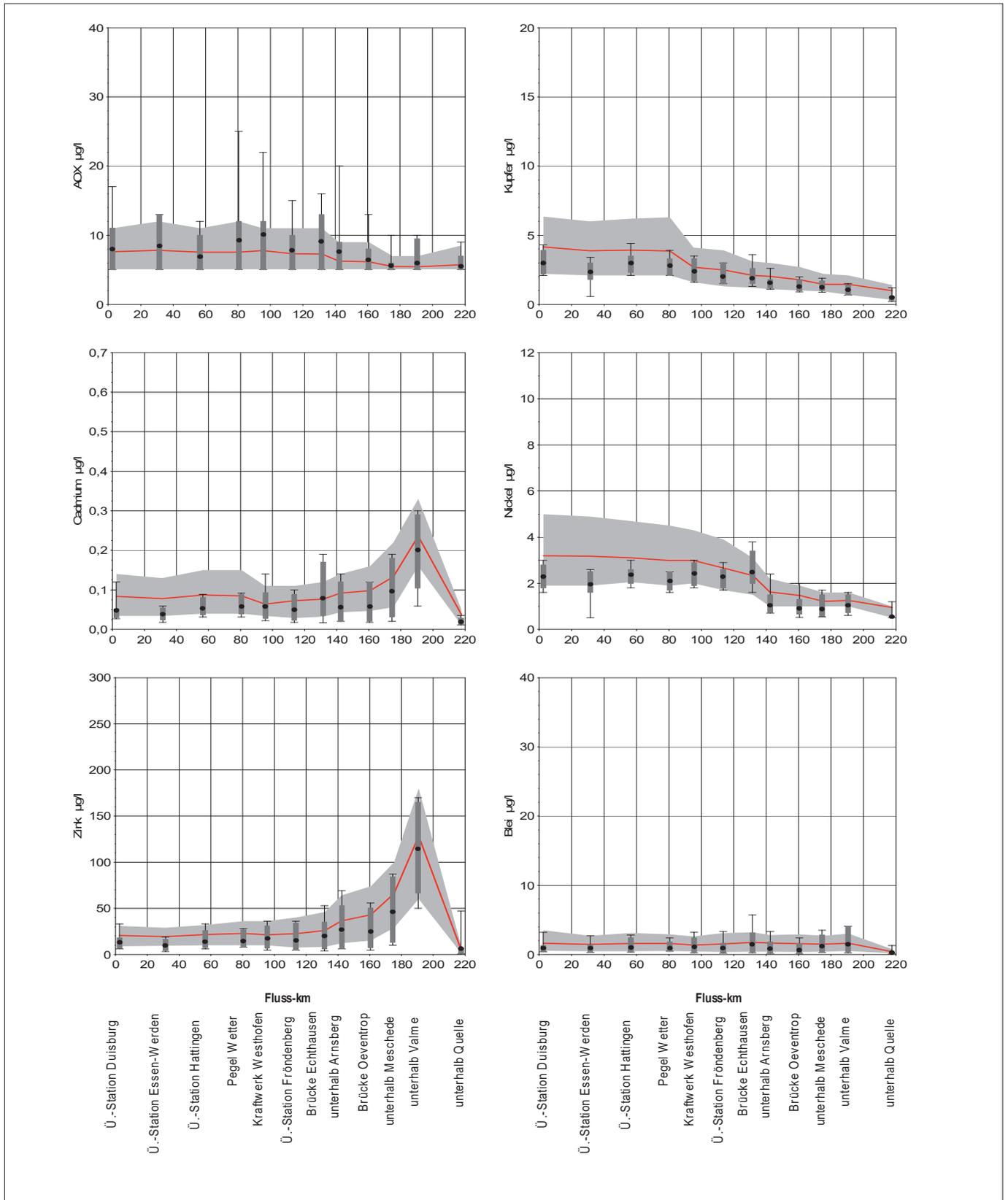


Bild 3.8: Ruhrlängsuntersuchungen im Abflussjahr 2020, statistische Daten ausgewählter Kenngrößen  
 Fig. 3.8: Examinations along the Ruhr during the runoff year 2020, statistical data of selected parameters

Vorjahr. Das langjährige Mittel wurde nur an der Probenahmestelle Brücke Echthausen geringfügig überschritten. Dafür war ein Einzelwert von 0,37 mg/l NH<sub>4</sub>-N am 18. November 2019 ausschlaggebend, als abwasserbedingt kurzzeitig ein Anstieg der Ammonium-Stickstoff-Konzentrationen auftrat. Von der Quelle bis zur Brücke Oeventrop lagen die mittleren Ammonium-Stickstoff-Gehalte wie im Vorjahr unter 0,04 mg/l. Auch auf der Fließstrecke von Arnsberg bis zur Messstation Duisburg blieben die durchschnittlichen Konzentrationen mit Werten zwischen 0,04 und 0,07 mg/l auf einem ausgesprochen niedrigen Niveau. Die mittleren Konzentrationen für **Nitrat-Stickstoff** blieben im Berichtszeitraum mit Ausnahme der Probenahmestellen Überwachungsstation Fröndenberg und Kraftwerk Westhofen (2,5 bzw. 2,6 mg/l NO<sub>3</sub>-N) an allen Messstellen unterhalb von 2,5 mg/l und bestätigten nicht nur das erreichte niedrige Niveau der letzten Jahre, sondern unterschritten dieses sogar noch einmal.

#### *Organische Summenparameter*

Die organische Belastung der Ruhr wird hier durch die Parameter BSB<sub>5</sub> (ohne ATH), TOC und AOX beschrieben. Die Gehalte, die im Verlauf der vergangenen Jahre stark abgenommen haben, werden von den Emissionen sowie durch das Abflussgeschehen und die Planktonentwicklung im Gewässer beeinflusst.

Bei den im November 2019 und Januar 2020 sowie von April bis Oktober (bzw. Dezember) 2020 konstant niedrigen Abflüssen traten auf der gesamten Fließstrecke der Ruhr für den Parameter **TOC** ähnliche Gehalte wie im Jahr 2019 auf. Insgesamt blieben die mittleren Konzentrationen in der gesamten Ruhr damit weiterhin über den Werten der langjährigen Betrachtung. Die Maxima waren in der oberen Ruhr mit einem TOC von 10 mg/l unterhalb Arnsberg und 6,7 mg/l in Fröndenberg zu verzeichnen. Der **BSB<sub>5</sub>** zeigte hier keine Auffälligkeiten. Im Unterlauf, hier unterhalb des Baldeneysees an der Überwachungsstation Essen Werden, trat das Maximum des TOC mit 8,3 mg/l während der Frühjahrsentwicklung des Phyto- und Zooplanktons auf, wie auch in dem zeitgleich aufgetretenen Maximum des BSB<sub>5</sub>, der ein Maß für leicht abbaubare biologische Inhaltsstoffe ist. Bis auf diese und die folgende Messstelle blieb der BSB<sub>5</sub> in der gesamten Ruhr zum Teil deutlich unterhalb der langjährigen Werte.

Die Gehalte für **AOX** liegen seit vielen Jahren auf einem niedrigen Niveau. Im Berichtszeitraum bewegten sich die mittleren AOX-Gehalte bis auf die mittlere Ruhr im Bereich der langjährigen Werte. Zwischen Arnsberg und dem Pegel Wetter traten während der hohen Abflüsse im Februar 2020 in diesem Ruhrabschnitt Maximalkonzentrationen bis zu 25 µg/l auf.

#### *Schwermetalle*

Die Konzentrationen der human- und ökotoxikologisch bedeutsamen Schwermetalle Blei, Cadmium, Nickel, Kupfer und Zink werden ebenfalls in Bild 3.8 dargestellt. Zu dieser Gruppe zählen auch die Metalle Chrom und Quecksilber, die jedoch aufgrund der seit vielen Jahren geringen Gehalte in der Ruhr nicht mehr grafisch dargestellt werden.

Der Trend zu einem Rückgang der Schwermetallkonzentrationen, die stark vom Abflussgeschehen abhängen, wurde im letzten Abflussjahr aufgrund der häufigen Abflussschwankungen und Sedimentumlagerungen und damit einhergehenden Remobilisierung von Metallen unterbrochen. Im Abflussjahr 2020 waren diese Verhältnisse mit einer nur kurz andauernden Phase höherer Abflüsse nicht vorhanden. Vielmehr traten an den einzelnen Probenahmestellen ausgesprochen niedrige Konzentrationen auf, zum Teil mit Maximalwerten unterhalb der langjährigen mittleren Konzentrationen. Mit mittleren Gehalten weit unterhalb der statistischen Daten der letzten 18 Jahre zeigte sich für die Metalle **Kupfer**, **Nickel** und **Blei** der hervorragende Zustand der Ruhr. Die Maximalwerte wurden erwartungsgemäß im Dezember 2019 nach einer ein halbes Jahr andauernden Niedrigwasserphase erreicht, allerdings nicht annähernd in der Höhe vergangener Jahre. Die Gehalte der beiden Schwermetalle **Cadmium** und **Zink** werden bekanntermaßen im Oberlauf durch die Einträge aus dem ehemaligen Erzbau in den Einzugsgebieten von Valme und Elpe beeinflusst und erreichten hier etwas niedrigere Werte als im langjährigen Vergleich. Auf der weiteren Fließstrecke bis zur Mündung in den Rhein gingen diese Konzentrationen schon unterhalb Meschede deutlich zurück und blieben auf einem historisch niedrigen Niveau.

#### **Zusammenfassende Bewertung**

Während sich die Grafiken und Tabellen im bisherigen Teil des Kapitels auf das Abflussjahr 2020 (November 2019 bis Oktober 2020) beziehen, wird für die nachfolgende Bewertung entsprechend den Vorgaben der OGewV das Kalenderjahr 2020 herangezogen. In der Tabelle 3.4 sind relevante Parameter, die entsprechend der OGewV und des Leitfadens NRW bewertet werden (siehe Kapitel 2), für die insgesamt 13 untersuchten Messstellen im Ruhrverlauf zusammengestellt. Ergänzend ist eine Bewertung für die Lennemündung aufgeführt. Für die Bewertung organischer Spurenstoffe wird auf Kapitel 7 und 11 verwiesen.

Die Anforderung der OGewV für die Wassertemperatur im Winter (Dezember 2019 bis März 2020) wurde an allen Probenahmestellen sicher eingehalten. Zu Überschreitungen der Qualitätsanforderungen von 23 bzw. 25 °C im Sommerhalbjahr kam es vereinzelt im Juli und August 2020 an der Probenahmestelle in Essen-Rellinghausen sowie an den vier Messstellen der letzten 80 Ruhr-km. Der vorgeschriebene pH-Wert von 8,5 wurde an der Brücke Oeventrop und unterhalb Arnsberg sowie zwischen den Überwachungsstationen Hattingen

Tabelle 3.4: Bewertung der Ruhruntersuchungen des Jahres 2020 auf der Basis der Oberflächengewässerverordnung (OGewV) bzw. der Anlage D4 des „Leitfadens Monitoring Oberflächengewässer“ des Landes NRW  
 Table 3.4: Evaluation of water examinations in the water year 2020 based on the German Surface Water Regulation (OGewV) and the appendices D4 and D5 of the “Guidelines of monitoring surface waters” issued by the State of North Rhine-Westfalia

LANUV Messstellen-Nummer	Gewässer	Probenahmestellen-Bezeichnung	Ruhr-km	Untersuchungen (n)	ACP													UQN				UQN					
					OGewV Anl. 7													OGewV Anl. 8				OGewV Anl. 6					
					Wassertemperatur	pH-Wert	Ammonium-Stickstoff	Gesamtposphor	Orthophosphat-Phosphor	Sauerstoff	Chlorid	Sulfat	TOC	Eisen	Blei gelöst	Cadmium gelöst	Nickel gelöst	Quecksilber	Nitrat-Stickstoff	Kupfer*	Zink*	Selen gelöst	Silber gelöst	Thallium gelöst			
<b>Essen-Rellinghausen</b>																											
505110	Ruhr	Essen-Rellinghausen	42,76	130	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
<b>Ruhrlängsuntersuchungen</b>																											
400014	Ruhr	unterhalb Quelle	217,72	11	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
687560	Ruhr	unterhalb Valme	190,81	11	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
401201	Ruhr	unterhalb Meschede	175,32	11	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
687571	Ruhr	Brücke Oeventrop	160,72	11	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
	Ruhr	unterhalb Arnsberg	142,25	11	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
402102	Ruhr	Brücke Echthausen	131,80	11	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
	Ruhr	Ü-Station Fröndenberg	113,78	11	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
	Ruhr	Kraftwerk Westhofen	95,15	11	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
503253	Ruhr	Pegel Wetter	80,66	11	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
	Ruhr	Ü-Station Hattingen	56,70	11	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
	Ruhr	Ü-Station Essen-Werden	31,18	11	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
320754	Ruhr	Ü-Station Duisburg	2,65	11	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
<b>Lenne</b>																											
422903	Lenne	vor Mündung in die Ruhr	2,74	11	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■

OGewV Flussgebietspezifische Schadstoffe, Ökologischer Zustand (Anl. 6)  
 OGewV Allgemeine physikalisch-chemische Qualitätskomponenten (Anl. 7)  
 Leitfaden NRW (Anl. D4)

■ sehr gut  
 ■ gut  
 ■ mäßig

OGewV Prioritäre Stoffe, Chemischer Zustand (Anl. 8)

■ eingehalten  
 ■ nicht eingehalten

und Duisburg in den algenreichen Zeiten überschritten. Auch die Mindestanforderung für die Sauerstoffkonzentration von 7,0 mg/l bzw. 8,0 mg/l wurde zwischen Juni und August 2020 an den Messstellen unterhalb Quelle, Kraftwerk Westhofen sowie den Überwachungsstationen Hattingen und Duisburg je einmal sowie in Essen-Rellinghausen wenige Male geringfügig unterschritten. Dies führt an diesen Stellen zu einer mäßigen Bewertung.

Die mittleren Konzentrationen für Chlorid und Sulfat an den einzelnen Messstellen lagen in einem Bereich zwischen 15 und 43 mg/l

Sulfat bzw. 12 und 67 mg/l Chlorid. Die Anforderungen für den guten Zustand gemäß Anlage 7 der OGewV für Chlorid (200 mg/l) und Sulfat (220 mg/l) werden mit großem Abstand eingehalten. Da es für Fluorid (nicht dargestellt) keine Vorgaben in der Oberflächengewässerverordnung gibt, wird als Orientierungswert der Grenzwert von 1,5 mg/l der TrinkwV herangezogen, der an allen Messstellen weit unterschritten wird.

Der für die Beurteilung des ökologischen Zustands in der OGewV definierte Orientierungswert von 3 mg/l BSB<sub>5</sub> (ohne ATH) im Jahresdurchschnitt wird an allen Messstellen eingehalten. Die

mittleren Gehalte für den TOC blieben im gesamten Ruhrverlauf stets unter 4,5 mg/l und unterschritten damit deutlich die Anforderung der OGeWV von 7 mg/l.

Im gesamten Ruhrverlauf lagen die mittleren Gehalte für Gesamtphosphor unter 0,1 mg/l. Entsprechend der OGeWV konnten alle Probenahmestellen mit „gut“ bzw. unterhalb Quelle und Valme, an denen die Jahresmittel sogar unter 0,05 mg/l blieben, mit „sehr gut“ bewertet werden. Beim o-Phosphat-Phosphor erhielten alle Messstellen die gleiche Bewertung wie für den entsprechenden Gesamtphosphor.

Für Nitrat-Stickstoff wurde die UQN der OGeWV, die der Anforderung der Trinkwasserverordnung von 11,3 mg/l (50 mg/l Nitrat) entspricht, mit lokalen Mittelwerten von inzwischen sehr niedrigen 0,7 bis 2,4 mg/l erneut im gesamten Ruhrverlauf sehr sicher eingehalten. Schon seit vielen Jahren verbessert sich die Ammoniumsituation in der Ruhr. Im Jahr 2020 wurde an acht der 14 untersuchten Messstellen die Anforderung der Anlage 7 der OGeWV von  $\leq 0,04$  mg/l  $\text{NH}_4\text{-N}$  im Jahresmittel nicht überschritten, so dass eine Bewertung mit „sehr gut“ erfolgen konnte. An den übrigen Gewässerstecken wurde zwar diese Anforderung knapp überschritten, der „gute“ Zustand allerdings sicher eingehalten.

Die jeweiligen UQN der Anlage 8 der OGeWV für Blei, Nickel (bioverfügbarer Anteil) und Quecksilber wurden in der Wasserphase im gesamten Fließverlauf der Ruhr sicher eingehalten. Das Gleiche gilt für Cadmium mit Ausnahme der Probenahmestelle unterhalb der Valmemündung, an der mit 0,153  $\mu\text{g/l}$   $\text{Cd}_{\text{filtr}}$  die UQN von 0,15  $\mu\text{g/l}$   $\text{Cd}_{\text{filtr}}$  knapp überschritten wurde. Auf der weiteren Fließstrecke gehen die Gehalte wieder zurück und erreichen ein konstant niedriges Niveau.

Die Konzentrationen des gesetzlich nicht verbindlich geregelten Stoffes Chrom sowie der flussgebietspezifischen Schadstoffe Silber, Selen und Thallium halten die Anforderungen an den sehr guten bzw. guten ökologischen Zustand ein. Für das wie Cadmium auch über den ehemaligen Erzbergbau im Oberlauf der Ruhr über die Valme und Elpe eingetragene Zink lag im Jahr 2020 ab der Probenahmestelle unterhalb Valme über 50 Fluss-km eine mäßige Bewertung vor. Im weiteren Fließverlauf bis zur Mündung bewegten sich die mittleren Konzentrationen im Bereich von 9 bis 13  $\mu\text{g/l}$  und wären vor der Verschärfung der Anforderung an Zink von 14 auf 10,9  $\mu\text{g/l}$  mit „gut“ zu bewerten. Aber auch mit dem neuen Orientierungswert waren vier Messstellen in diesem Jahr in „gut“ einzustufen. Ebenso wiesen die Kupferkonzentrationen mit Ausnahme an den ersten drei Stellen in der Ruhr aufgrund der Herabsetzung des Orientierungswerts von 4  $\mu\text{g/l}$  auf 1,1  $\mu\text{g/l}$  (vgl. Kapitel 2) eine mäßige Bewertung auf.

Die Ergebnisse an der Mündung der Lenne zeigen hinsichtlich der Bewertung ein ähnliches Bild wie der Ruhrabschnitt oberhalb des Zusammenflusses. Wie fast an allen Stellen in der

Ruhr erfolgt für Zink, hervorgerufen u.a. durch die besonders trockenen Verhältnisse und die damit einhergehende Aufkonzentrierung, eine mäßige Bewertung. Zudem kann auch an dieser Probenahmestelle der neue Orientierungswert für die Kupferkonzentration nicht eingehalten werden

Insgesamt stellen sich die Lenne (im Mündungsbereich) und die Ruhr als Gewässer dar, die trotz der anthropogenen Einflüsse aus Bevölkerung, Landwirtschaft und Industrie auch die aktuellen, für einiger Stoffe verschärften Anforderungen an den guten ökologischen Zustand gemäß OGeWV weitgehend erfüllen.

## 4 Monitoring der Ruhr und ihrer Nebengewässer gemäß EG-WRRL

### Physikalisch-chemische Untersuchungen gemäß EG-WRRL

Gemäß Europäischer Wasserrahmenrichtlinie (EG-WRRL) sind Fließgewässer mit Teileinzugsgebieten größer 10 km<sup>2</sup> berichtspflichtig und somit im Rahmen des Gewässermonitorings hinsichtlich ihres Zustands zu untersuchen. Im Ruhreinzugsgebiet sind dies 122 Gewässer, die sich auf neun Planungseinheiten verteilen. Im Rahmen der Vereinbarung zwischen dem Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz NRW (LANUV) und dem Ruhrverband zum gemeinsamen operativen Monitoring nach EG-WRRL wurden im Berichtszeitraum 54 Gewässer in neun Planungseinheiten untersucht. Dazu zählen die Planungseinheiten Möhne, Obere Ruhr 2, Obere Ruhr 1, Mittlere Ruhr, Obere Lenne, Untere Lenne, Bigge, Volme sowie Untere Ruhr. Schwerpunkte waren im Berichtszeitraum dabei die Planungseinheiten Mittlere Ruhr und Untere Lenne. Der Ruhrverband beteiligte sich an 14 Gewässern mit insgesamt 25 Probenahmestellen. Die weiteren 71 Messstellen

wurden vom LANUV bereits im Jahr 2019 untersucht. Im Bild 4.1 sind die Fließgewässer und die jeweiligen Messstellen in den Planungseinheiten kartografisch dargestellt. Dazugehörige Stammdaten sowie die entsprechenden Untersuchungshäufigkeiten sind Tabelle 4.1 zu entnehmen. In diesem Kapitel werden nur Parameter bewertet, die mindestens viermal im Jahr untersucht worden sind. In der Regel finden die Untersuchungen quartalsweise statt. Einige Parametergruppen, wie z. B. die Arzneimittelwirkstoffe, werden nur an zuvor festgelegten Stellen untersucht. In Tabelle 4.2 sind relevante Parameter enthalten, die nach den Kriterien der Oberflächengewässerverordnung (OGewV) [4.1] und weiterer Anforderungen (siehe Kapitel 2, [4.2, 4.3]) bewertet wurden. In der rechten Spalte der Tabelle 4.2 sind ausgewählte Stoffe mit einer mäßigen Bewertung aufgeführt.

- [4.1] Verordnung zum Schutz der Oberflächengewässer (OGewV). In: Bundesgesetzblatt, 2016, Teil I, Nr. 28, S. 1373 - 1443  
 [4.2] Ministerium für Umwelt, Landwirtschaft, Natur- und Verbraucherschutz des Landes NRW (Hrsg.): Leitfaden Monitoring Oberflächengewässer, <https://www.flussgebiete.nrw.de/node/7423>, Zugriff 10. Mai 2021  
 [4.3] <https://www.flussgebiete.nrw.de/monitoringleitfaden-oberflaechengewasser-anhang-d4-7724>, Zugriff 10. Mai 2021

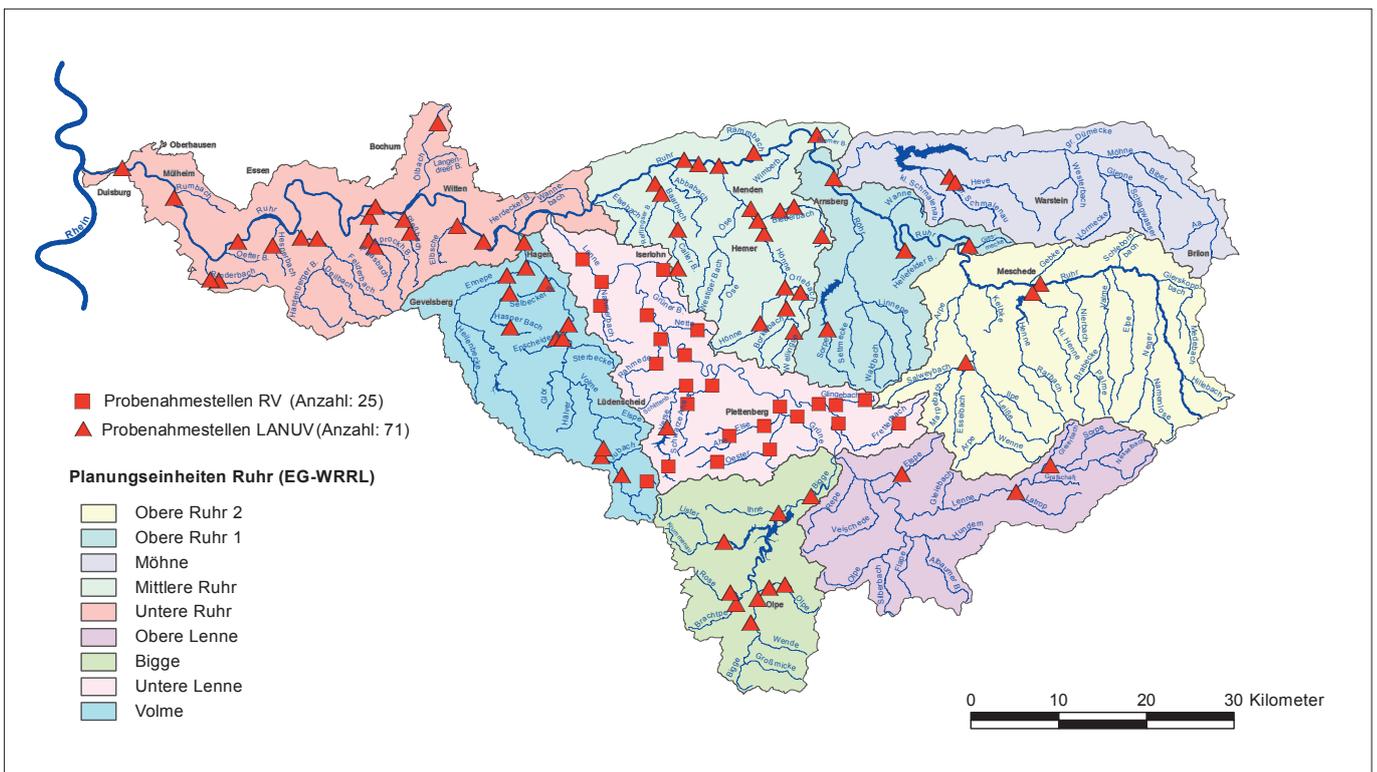


Bild 4.1: Lage der im Jahr 2019 und 2020 untersuchten Fließgewässer einschließlich der jeweiligen Probenahmestellen  
 Fig. 4.1: Location of the flowing waters monitored in 2019 and 2020 by Ruhrverband and LANUV including the respective sampling points  
 Quelle/Source: Geobasisdaten der Kommunen und des Landes NRW © Geobasis NRW 2015

Tabelle 4.1: Ausgewählte Stammdaten der im Jahr 2019 und 2020 physikalisch-chemisch untersuchten Gewässer  
 Table 4.1: Selected master data for the waters physico-chemically examined in the year 2019 and 2020

Gewässer	Gewässer- kennzahl	Gesamtfläche ( AE0) km <sup>2</sup>	Länge km	Messstellen Anzahl	Untersuchungen Anzahl
<b>Planungseinheit 1000: Untere Ruhr</b>					
Ruhr	276	651,0	99,0	5	20
Deilbach	27696	109,0	20,8	2	8
Elbsche	276916	17,8	7,9	1	4
Hesperbach	276972	17,9	7,7	1	4
Oelbach	27692	53,4	13,4	1	4
Paasbach	27694	33,8	14,4	2	8
Plessbach	276932	24,1	12,0	2	8
Rinderbach	27698	20,4	11,7	2	8
Sprockhoeveler Bach	276942	13,9	11,2	1	4
<b>Planungseinheit 1100: Volme</b>					
Volme	2768	428,0	50,5	6	24
Ennepe	27688	187,3	42,1	1	4
Elspe	276856	12,5	7,1	1	4
Epscheider Bach	276876	15,4	6,1	1	4
Wiebelsaat	27682	6,8	4,7	1	4
Hasper Bach	2768898	20,8	12,3	3	12
Selbecke	276878	18,8	5,1	1	4
<b>Planungseinheit 1200: Bigge</b>					
Bigge	27664	369,2	44,6	3	12
Olpe	276642	35,9	10,3	2	8
Rose	2766442	26,2	8,1	1	4
Lister	276646	70,0	19,0	1	4
Brachtpe	276644	51,0	10,5	1	4
Ihne	276648	44,4	12,2	1	4
<b>Planungseinheit 1300: Untere Lenne</b>					
Lenne	2766	529,0	73,6	4	12
Ahe	276662	12,6	8,0	1	4
Verse	27668	79,8	24,6	4	12
Fretterbach	276652	44,8	16,7	2	8
Rahmede	276692	29,8	11,7	2	4
Eise	27666	96,2	12,9	2	8
Glingebach	276654	12,6	6,6	2	8
Grüne	2766644	14,5	9,2	1	4
Grüner Bach	276696	25,2	11,6	1	4
Nahmerbach	276698	25,9	11,5	2	4
Nette	276694	14,8	8,0	1	4
Nuttmecke	2766642	11,9	3,4	1	4
Oester	276664	56,2	15,6	1	4
Schwarze Ahe	276686	20,1	8,3	1	4
<b>Planungseinheit 1400: Obere Lenne</b>					
Lenne	2766	457,0	55,5	1	4
Latrop	2766192	30,0	11,0	1	4

Tabelle 4.1: Ausgewählte Stammdaten der im Jahr 2019 und 2020 physikalisch-chemisch untersuchten Gewässer  
 Table 4.1: Selected master data for the waters physico-chemically examined in the year 2019 and 2020

Gewässer	Gewässer- kennzahl	Gesamtfläche ( AE0) km <sup>2</sup>	Länge km	Messstellen Anzahl	Untersuchungen Anzahl
<b>Planungseinheit 1500: Mittlere Ruhr</b>					
Ruhr	276	505,0	32,8	2	8
Baarbach	27654	53,1	17,6	3	12
Hönne	2764	261,7	33,5	5	20
Öse	27648	63,6	19,6	1	4
Bieberbach	27646	31,4	14,4	4	16
Borkebach	27644	42,3	11,6	1	4
Bremer Bach	27634	11,7	4,3	1	4
Orlebach	276444	10,9	7,3	1	4
Rammbach	27638	18,0	7,0	1	4
Refflingser Bach	276544	14,0	7,9	1	4
Wellinges	276442	15,4	9,0	1	4
<b>Planungseinheit 1800: Obere Ruhr 1</b>					
Giesmecke	276174	10,1	6,3	1	4
Sorpe	276188	57,6	18,6	1	4
Hellefelder Bach	276178	13,7	5,9	1	4
<b>Planungseinheit 1700: Obere Ruhr 2</b>					
Ruhr	276	740,0	53,0	1	4
Henne	27614	96,8	22,5	1	4
Salweybach	276168	67,7	14,8	1	4
<b>Planungseinheit 1800: Möhne</b>					
Möhne	2762	468,6	65,1	1	4
Heve	27626	101,0	22,3	1	4
Große Schmalenau	276266	18,8	12,4	1	4
<b>Summe</b>		6169,4	1070,2	96	368

### Planungseinheit Untere Ruhr

Diese Planungseinheit ( $A_{EO}$ : 651 km<sup>2</sup>) zeichnet sich stark durch städtische und industrielle Prägung aus. Die Untersuchungen fanden in der Ruhr sowie in acht ihrer Nebengewässer an insgesamt 17 Probenahmestellen statt. An der Probenahmestelle Ruhr Brücke in Wetter wurden die Anforderungen für die Wassertemperatur und den pH-Wert nicht eingehalten. Darüber hinaus wurde hier und unterhalb Baldeneysee die UQN für Benzo[a]pyren verfehlt. An allen fünf Messstellen in der Ruhr erfolgte für die Metalle Mangan, Kupfer und Zink eine mäßige Bewertung. Bei diesen drei Metallen beziehen sich die aufgeführten Anforderungen auf die filtrierte Wasserprobe. Davon abweichend wird in diesem Kapitel sowie im gesamten Ruhr-gütebericht für Kupfer, Zink und Mangan die unfiltrierte Wasserprobe zur Bewertung herangezogen. Unterhalb Baldeneysee führten erhöhte Wassertemperaturen im August sowie erhöhte Gehalte an Gesamtphosphor im August und Oktober zur Überschreitung der jeweiligen Anforderung.

An der Probenahmestelle Mülheim-Kahlenberg konnten die Qualitätsanforderungen für den pH-Wert im Mai und die Sauerstoffkonzentration im Juli 2019 nicht eingehalten werden. Obwohl die Konzentrationen für Gesamtphosphor und Ammonium-Stickstoff bei Einzelmessungen über den jeweiligen Orientierungswerten lagen, führten niedrige mittlere Gehalte für diese beiden Kenngrößen ebenso wie für die weiteren Nährstoffe sowie die mineralischen und organischen Inhaltsstoffe zu einer guten Bewertung. Überschreitungen der nicht verbindlichen Orientierungswerte wurden für die Parameter Kupfer, Mangan, Zink, Iopamidol, Iomeprol, Iopromid, Diclofenac und Metformin sowie sieben weitere Arzneimittelwirkstoffe festgestellt. Des Weiteren konnte die UQN für Benzo[a]pyren nicht eingehalten werden. Die Gehalte der PSM und deren Metabolite lagen überwiegend unterhalb der jeweiligen Bestimmungsgrenzen.

Tabelle 4.2: Bewertung der Gewässeruntersuchungen des Jahres 2019 und 2020 auf der Basis der Oberflächengewässerverordnung (OGewV Juni 2016) bzw. der Anlage D4 des „Leitfadens Monitoring Oberflächengewässer“ des Landes NRW  
 Table 4.2: Evaluation of water examinations in 2019 and 2020 based on the Surface Water Regulation (OGewV Juni 2016) and the appendix D4 of the "Guidelines on monitoring surface waters" issued by the State of North Rhine-Westphalia

LANUV Messstellen- Nummer	Gewässer	Probenahmestelle -Bezeichnung	Fluss-km	ACP										UQN					Weitere Stoffe aus den Anl. 6 und 8 der OGewV sowie gesetz- lich nicht verbindliche Stoffe mit Bewer- tungen von mäßig  * gesetzlich nicht verbindliche Stoffe, Leitfaden Anlage D4				
				OGewV Anl. 7										OGewV Anl. 8						OGewV Anl. 6			
				Wassertemperatur	pH-Wert	Ammonium-Stickstoff	Gesamtphosphor	Sauerstoff	Chlorid	TOC	Eisen	Blei gelöst	Cadmium gelöst	Nickel gelöst	Quecksilber	PFOs	Nitrat-Stickstoff	Kupfer*	Zink*	Selen gelöst	Silber gelöst	Thallium gelöst	
<b>Planungseinheit 1000 - Untere Ruhr</b>																							
503253	Ruhr	Brücke in Wetter	80,55																				Benzo[a]pyren, Mangan
503605	Ruhr	oh Hattingen	61,45																				Mangan
505043	Ruhr	uh Baldeneysee	27,95																				Benzo[a]pyren, Mangan
22810	Ruhr	Mülheim-Kahlenberg	14,34																				Mangan, Iopamidol, Iomeprol, Iopromid, Diclofenac, Gabapentin, Metformin
30004	Ruhr	Ruhr km 5,0	5,00																				Mangan
505122	Deilbach	vor Mdg in die Ruhr	1,19																				
505456	Deilbach	uh Rüb Ziegeleiweg	3,40																				Mangan
419400	Elbsche	in Wengern	0,76																				Mangan
505729	Hesperbach	bei Unterhesperhof	3,13																				Bor, Mangan, Sulfat, Diclofenac, Gabapentin, Metformin
518906	Ölbach	bei Haus Holte	10,61																				Mangan, Barium, Metazachlor ESA
419904	Paasbach	vor Mdg in die Ruhr	1,15																				Bor, Mangan, Sulfat
519601	Paasbach	uh Einmdg Sprockh Bach	5,27																				Bor, Mangan, Sulfat
519303	Plessbach	uh KA Ober-Hammertal	3,73																				Mangan
519406	Plessbach	oh KA Wit-Hammertal	2,04																				Mangan, Sulfat
505158	Rinderbach	oh ehem. KA Heiligenhaus-Nord	4,30																				Benzo[a]pyren, Mangan
505833	Rinderbach	uh ehem. KA Heiligenhaus, Pegel	3,58																				Benzo[a]pyren, Carbamazepin, Diclofenac, Gabapentin, Metformin
519856	Sprockhöveler Bach	vor Mdg. in d Paasbach	0,09																				Bor, Mangan, Sulfat
<b>Planungseinheit 1100 - Volme</b>																							
440152	Volme	uh Ka Kierspe	42,46																				Bor, Benzo[a]pyren
440206	Volme	bei in der Gruene	38,46																				Benzo[a]pyren, Diclofenac, Gabapentin, Metformin, Iomeprol, Iopromid
688186	Volme	oh Bollwerk	37,90																				Bor
440851	Volme	in Priorei	17,36																				Bor, Benzo[a]pyren

OGewV Flussgebietsspezifische Schadstoffe, Ökologischer Zustand (Anl. 6)

OGewV Allgemeine physikalisch-chemische Qualitätskomponenten (Anl. 7)

Leitfaden NRW (Anl. D4)

sehr gut  
 gut  
 mäßig

OGewV Prioritäre Stoffe, Chemischer Zustand (Anl. 8)

eingehalten  
 nicht eingehalten

Tabelle 4.2: Bewertung der Gewässeruntersuchungen des Jahres 2019 und 2020 auf der Basis der Oberflächengewässerverordnung (OGewV Juni 2016) bzw. der Anlage D4 des „Leitfadens Monitoring Oberflächengewässer“ des Landes NRW

Table 4.2: Evaluation of water examinations in 2019 and 2020 based on the Surface Water Regulation (OGewV Juni 2016) and the appendix D4 of the "Guidelines on monitoring surface waters" issued by the State of North Rhine-Westphalia

LANUV Messstellen-Nummer	Gewässer	Probenahmestelle-Bezeichnung	Fluss-km	ACP										UQN					Weitere Stoffe aus den Anl. 6 und 8 der OGewV sowie gesetzlich nicht verbindliche Stoffe mit Bewertungen von mäßig * gesetzlich nicht verbindliche Stoffe, Leitfadens Anlage D4				
				OGewV Anl. 7										OGewV Anl. 8						OGewV Anl. 6			
				Wassertemperatur	pH-Wert	Ammonium-Stickstoff	Gesamtphosphor	Sauerstoff	Chlorid	TOC	Eisen	Blei gelöst	Cadmium gelöst	Nickel gelöst	Quecksilber	PFOA	Nitrat-Stickstoff	Kupfer*	Zink*	Selen gelöst	Silber gelöst	Thallium gelöst	
<b>Planungseinheit 1100 - Volme</b>																							
687790	Volme	in Dahl am Sportplatz	14,85																				Bor
441200	Volme	vor Mdg. in die Ruhr	1,27																				Bor, Benzo[a]pyren, Imidacloprid
431205	Elspe	oh Elspe	4,56																				Benzo[a]pyren
443256	Ennepe	uh Fa. Varta	0,99																				Benzo[a]pyren
441831	Epscheider Bach	vor Mdg. in die Volme	0,28																				
688745	Wiebelsaat	uh. KA Meinerzhagen-Lengelscheid	3,41																				
443785	Hasper Bach	oh Talsperre	9,29																				Benzo[a]pyren, Metazachlor ESA
444005	Hasper Bach	oh Hagen-Haspe	2,26																				Bor, Benzo[a]pyren
444108	Hasper Bach	vor Mdg. in die Ennepe	0,05																				
441867	Selbecke	oh Rundturnhalle	0,90																				Barium
<b>Planungseinheit 1200 - Planungseinheit Bigge</b>																							
688216	Bigge	Am Beul	32,18																				Mangan
432003	Bigge	Pegel Rueblinghausen	29,05																				Mangan
432209	Bigge	uh Attendorn	8,31																				Mangan
432908	Brachtpe	in Berlinghausen	2,83																				Mangan
433706	Ihne	Pegel Kraghammer	1,95																				
433408	Lister	oh Listertalsperre	5,44																				Benzo[a]pyren
432702	Olpe	uh Stachelau	3,55																				Mangan
432751	Olpe	uh Fa G Imhäuser	1,49																				Mangan
433068	Rose	uh Drolshagen	1,82																				
<b>Planungseinheit 1300 - Planungseinheit Untere Lenne</b>																							
421856	Lenne	oh Pasel	64,30																				
422230	Lenne	in Dresel oh. Elverlinsen	38,00																				Acesulfam, lomeprol, Amidotrizoesäure, Metformin
422502	Lenne	uh KA Altena	24,40																				Acesulfam, lomeprol, Amidotrizoesäure, Diclofenac, Metformin, Cypermethrin
422800	Lenne	Pegel Hohenlimburg	6,90																				
434085	Else	uh Einmdg Oesteroh. SKu HS Elsetal	4,59																				
434024	Else	in Pl-Holthausen/oh. SKu Lehmweg	1,20																				

OGewV Flussgebietsspezifische Schadstoffe, Ökologischer Zustand (Anl. 6)

OGewV Allgemeine physikalisch-chemische Qualitätskomponenten (Anl. 7)

Leitfaden NRW (Anl. D4)

	sehr gut
	gut
	mäßig

OGewV Prioritäre Stoffe, Chemischer Zustand (Anl. 8)

	eingehalten
	nicht eingehalten

Tabelle 4.2: Bewertung der Gewässeruntersuchungen des Jahres 2019 und 2020 auf der Basis der Oberflächengewässerverordnung (OGewV Juni 2016) bzw. der Anlage D4 des „Leitfadens Monitoring Oberflächengewässer“ des Landes NRW  
 Table 4.2: Evaluation of water examinations in 2019 and 2020 based on the Surface Water Regulation (OGewV Juni 2016) and the appendix D4 of the "Guidelines on monitoring surface waters" issued by the State of North Rhine-Westphalia

LANUV Messstellen-Nummer	Gewässer	Probenahmestelle-Bezeichnung	Fluss-km	ACP										UQN					Weitere Stoffe aus den Anl. 6 und 8 der OGewV sowie gesetzlich nicht verbindliche Stoffe mit Bewertungen von mäßig  * gesetzlich nicht verbindliche Stoffe, Leitfaden Anlage D4					
				OGewV Anl. 7										OGewV Anl. 8						OGewV Anl. 6				
				Wassertemperatur	pH-Wert	Ammonium-Stickstoff	Gesamtphosphor	Sauerstoff	Chlorid	TOC	Eisen	Blei gelöst	Cadmium gelöst	Nickel gelöst	Quecksilber	PFOA	Nitrat-Stickstoff	Kupfer*	Zink*	Selen gelöst	Silber gelöst	Thallium gelöst		
<b>Planungseinheit 1300 - Planungseinheit Untere Lenne</b>																								
433755	Fretterbach	uh Serkenrode	11,80	gut	gut	mäßig	mäßig	mäßig	mäßig	mäßig	mäßig	mäßig	mäßig	mäßig	mäßig	mäßig	mäßig	mäßig	mäßig	mäßig	mäßig	mäßig	mäßig	
433901	Fretterbach	vor Mdg. i. d. Lenne	0,30	gut	gut	mäßig	mäßig	mäßig	mäßig	mäßig	mäßig	mäßig	mäßig	mäßig	mäßig	mäßig	mäßig	mäßig	mäßig	mäßig	mäßig	mäßig	mäßig	
433937	Glingebach	oh Rönkhausen	1,10	gut	gut	mäßig	mäßig	mäßig	mäßig	mäßig	mäßig	mäßig	mäßig	mäßig	mäßig	mäßig	mäßig	mäßig	mäßig	mäßig	mäßig	mäßig	mäßig	
431187	Glingebach	oh Talsperre	4,90	gut	gut	mäßig	mäßig	mäßig	mäßig	mäßig	mäßig	mäßig	mäßig	mäßig	mäßig	mäßig	mäßig	mäßig	mäßig	mäßig	mäßig	mäßig	mäßig	
434735	Grüne	Landemerterweg	1,67	gut	gut	mäßig	mäßig	mäßig	mäßig	mäßig	mäßig	mäßig	mäßig	mäßig	mäßig	mäßig	mäßig	mäßig	mäßig	mäßig	mäßig	mäßig	mäßig	
436112	Grüner Bach	bei Firma Stamm	4,00	mäßig	gut	mäßig	mäßig	mäßig	mäßig	mäßig	mäßig	mäßig	mäßig	mäßig	mäßig	mäßig	mäßig	mäßig	mäßig	mäßig	mäßig	mäßig	mäßig	
436409	Nahmerbach	bei Lahmen-Hasen	3,27	gut	gut	mäßig	mäßig	mäßig	mäßig	mäßig	mäßig	mäßig	mäßig	mäßig	mäßig	mäßig	mäßig	mäßig	mäßig	mäßig	mäßig	mäßig	mäßig	
436501	Nahmerbach	vor Mdg. i. d. Lenne	0,05	gut	gut	mäßig	mäßig	mäßig	mäßig	mäßig	mäßig	mäßig	mäßig	mäßig	mäßig	mäßig	mäßig	mäßig	mäßig	mäßig	mäßig	mäßig	mäßig	
435958	Nette	bei Busstelle Fuleck	5,80	gut	gut	mäßig	mäßig	mäßig	mäßig	mäßig	mäßig	mäßig	mäßig	mäßig	mäßig	mäßig	mäßig	mäßig	mäßig	mäßig	mäßig	mäßig	mäßig	
434711	Nuttmecke	vor Mdg. i. d. Oester	0,10	mäßig	gut	mäßig	mäßig	mäßig	mäßig	mäßig	mäßig	mäßig	mäßig	mäßig	mäßig	mäßig	mäßig	mäßig	mäßig	mäßig	mäßig	mäßig	mäßig	
434358	Öster	oh Talsperre	12,50	mäßig	mäßig	mäßig	mäßig	mäßig	mäßig	mäßig	mäßig	mäßig	mäßig	mäßig	mäßig	mäßig	mäßig	mäßig	mäßig	mäßig	mäßig	mäßig	mäßig	
435855	Rahmede	uh KA Rahmedetal	3,60	mäßig	mäßig	mäßig	mäßig	mäßig	mäßig	mäßig	mäßig	mäßig	mäßig	mäßig	mäßig	nicht eingehalten	nicht eingehalten	mäßig	mäßig	mäßig	mäßig	mäßig	mäßig	Acesulfam, , Iomeprol, Amidotrizoesäure, Diclofenac, Metformin, Clarithromycin, Imidacloprid, Benzo[a]pyren
435909	Rahmede	vor Mdg. i. d. Lenne	0,10	mäßig	mäßig	mäßig	mäßig	mäßig	mäßig	mäßig	mäßig	mäßig	mäßig	mäßig	mäßig	nicht eingehalten	mäßig	mäßig	mäßig	mäßig	mäßig	mäßig	mäßig	Nitrit-Stickstoff, Bor, Molybdän
435569	Schwarze Ahe	bei Wiggighausen	1,18	gut	gut	mäßig	mäßig	mäßig	mäßig	mäßig	mäßig	mäßig	mäßig	mäßig	mäßig	mäßig	mäßig	mäßig	mäßig	mäßig	mäßig	mäßig	mäßig	
687303	Verse	uh Fürwiggetalsperre	21,86	gut	gut	mäßig	mäßig	mäßig	mäßig	mäßig	mäßig	mäßig	mäßig	mäßig	mäßig	mäßig	mäßig	mäßig	mäßig	mäßig	mäßig	mäßig	mäßig	
434802	Verse	uh Versetalsperre	15,76	gut	gut	mäßig	mäßig	mäßig	mäßig	mäßig	mäßig	mäßig	mäßig	mäßig	mäßig	mäßig	mäßig	mäßig	mäßig	mäßig	mäßig	mäßig	mäßig	Benzo[a]pyren, Mangan
435260	Verse	Kleinhammer	7,50	gut	gut	mäßig	mäßig	mäßig	mäßig	mäßig	mäßig	mäßig	mäßig	mäßig	mäßig	mäßig	mäßig	mäßig	mäßig	mäßig	mäßig	mäßig	mäßig	
435260	Verse	uh Kleinhammer	1,60	gut	gut	mäßig	mäßig	mäßig	mäßig	mäßig	mäßig	mäßig	mäßig	mäßig	mäßig	mäßig	mäßig	mäßig	mäßig	mäßig	mäßig	mäßig	mäßig	
434309	Ahe	vor Mdg i d Else	0,40	gut	gut	mäßig	mäßig	mäßig	mäßig	mäßig	mäßig	mäßig	mäßig	mäßig	mäßig	mäßig	mäßig	mäßig	mäßig	mäßig	mäßig	mäßig	mäßig	
<b>Planungseinheit 1400 - Obere Lenne</b>																								
420402	Lenne	oh Gleidorf	111,83	mäßig	mäßig	mäßig	mäßig	mäßig	mäßig	mäßig	mäßig	mäßig	mäßig	mäßig	mäßig	mäßig	mäßig	mäßig	mäßig	mäßig	mäßig	mäßig	mäßig	Benzo[a]pyren
430006	Latrop	vor Mdg. in die Lenne	0,11	mäßig	mäßig	mäßig	mäßig	mäßig	mäßig	mäßig	mäßig	mäßig	mäßig	mäßig	mäßig	mäßig	mäßig	mäßig	mäßig	mäßig	mäßig	mäßig	mäßig	Benzo[a]pyren
<b>Planungseinheit 1500 - Mittlere Ruhr</b>																								
4108	Ruhr	Fröndenberg	113,76	mäßig	mäßig	mäßig	mäßig	mäßig	mäßig	mäßig	mäßig	mäßig	mäßig	mäßig	mäßig	mäßig	mäßig	mäßig	mäßig	mäßig	mäßig	mäßig	mäßig	Mangan, Benzo[a]pyren, Iomeprol, Diclofenac, Gabapentin, Metformin
402503	Ruhr	in Langschede	111,90	mäßig	mäßig	mäßig	mäßig	mäßig	mäßig	mäßig	mäßig	mäßig	mäßig	mäßig	mäßig	mäßig	mäßig	mäßig	mäßig	mäßig	mäßig	mäßig	mäßig	

OGewV Flussgebietsspezifische Schadstoffe, Ökologischer Zustand (Anl. 6)

OGewV Allgemeine physikalisch-chemische Qualitätskomponenten (Anl. 7)

Leitfaden NRW (Anl. D4)

- sehr gut
- gut
- mäßig

OGewV Prioritäre Stoffe, Chemischer Zustand (Anl. 8)

- eingehalten
- nicht eingehalten

Tabelle 4.2: Bewertung der Gewässeruntersuchungen des Jahres 2019 und 2020 auf der Basis der Oberflächengewässerverordnung (OGewV Juni 2016) bzw. der Anlage D4 des „Leitfadens Monitoring Oberflächengewässer“ des Landes NRW

Table 4.2: Evaluation of water examinations in 2019 and 2020 based on the Surface Water Regulation (OGewV Juni 2016) and the appendix D4 of the "Guidelines on monitoring surface waters" issued by the State of North Rhine-Westphalia

LANUV Messstellen-Nummer	Gewässer	Probenahmestelle-Bezeichnung	Fluss-km	ACP										UQN					Weitere Stoffe aus den Anl. 6 und 8 der OGewV sowie gesetzlich nicht verbindliche Stoffe mit Bewertungen von mäßig * gesetzlich nicht verbindliche Stoffe, Leitfaden Anlage D4					
				OGewV Anl. 7										OGewV Anl. 8						OGewV Anl. 6				
				Wassertemperatur	pH-Wert	Ammonium-Stickstoff	Gesamtphosphor	Sauerstoff	Chlorid	TOC	Eisen	Blei gelöst	Cadmium gelöst	Nickel gelöst	Quecksilber	PFOA	Nitrat-Stickstoff	Kupfer*	Zink*	Selen gelöst	Silber gelöst	Thallium gelöst		
<b>Planungseinheit 1500 - Mittlere Ruhr</b>																								
418249	Baarbach	oh Iserlohn	13,86																				Benzo[a]pyren	
418304	Baarbach	am Pegel Iserlohn	8,56																					Arsen, Benzo[a]pyren
418456	Baarbach	uh KA Baarbachtal	1,47																					Bor, Mangan, Benzo[a]pyren, Imidacloprid
686130	Bieberbach	in Ainkhausen	12,49																					Barium, Metazachlor ESA
417555	Bieberbach	oh Dombkebach	5,32																					Barium
688654	Bieberbach	oh Lendringsen-Lürbke	3,03																					Barium
417506	Bieberbach	vor Mdg. in die Hoenne	0,19																					Barium, Mangan
417154	Borkebach	Strasse nach Mellen	2,84																					
416381	Hönne	uh KA Neuenrade 2	25,62																					Benzo[a]pyren, Mangan
416502	Hönne	uh KA Balve	19,42																					Imidacloprid
416708	Hönne	oh Lendringsen	10,73																					
416800	Hönne	uh Lendringsen	7,08																					Benzo[a]pyren, Mangan
417002	Hönne	vor Mdg. in die Ruhr	0,09																					Bor, Benzo[a]pyren, Mangan
687832	Bremer Bach	bei Waltringen	0,63																					Mangan
417312	Orlebach	uh Mellen	2,65																					Mangan
685835	Rambach	vor Mdg. in die Ruhr	1,19																					Mangan, Metazachlor ESA
418754	Refflingser Bach	vor Mdg. in d Baarbach	0,25																					Mangan, Metazachlor ESA
417233	Wellingse	in der Dieken	2,94																					
<b>Planungseinheit 1600 - Obere Ruhr 1</b>																								
685811	Giesmecke	vor Mdg. in die Ruhr	0,16																					
685781	Hellefelder Bach	vor Mdg. in die Ruhr	0,36																					
415900	Sorpe	oh Sorpetalsperre	9,13																					Benzo[a]pyren
<b>Planungseinheit 1700 - Obere Ruhr 2</b>																								
400907	Ruhr	oh Meschede	183,23																					
686189	Henne	uh Mdg. Kleine Henne	0,91																					Benzo[a]pyren
414402	Salweybach	vor Mdg. in die Wenne	0,90																					
<b>Planungseinheit 1800 - Möhne</b>																								
416204	Möhne	vor Mdg. in die Ruhr	0,15																					Mangan, Ibuprofen, Metformin
631504	Heve	oh Campingplatz Wilhelmsruh	3,83																					Mangan
632200	Große Schmalenau	vor Mdg. in die Heve	0,18																					

OGewV Flussgebietspezifische Schadstoffe, Ökologischer Zustand (Anl. 6)

OGewV Allgemeine physikalisch-chemische Qualitätskomponenten (Anl. 7)

Leitfaden NRW (Anl. D4)

sehr gut  
gut  
mäßig

OGewV Prioritäre Stoffe, Chemischer Zustand (Anl. 8)

eingehalten  
nicht eingehalten

An der letzten Messstelle bei **Ruhr-km 5,0** unterschritt die im Juli gemessene Sauerstoffkonzentration die Anforderung von 7,0 mg/l. Zudem führten hohe Mangan-, Kupfer- und Zinkgehalte zu einer Überschreitung der jeweiligen Orientierungswerte. Alle weiteren gemessenen Parameter konnten den guten bzw. sehr guten Zustand einhalten.

Die Elbsche wurde in Wengern kurz vor der Mündung in die Ruhr (Fluss-km 77,2) beprobt. Mit Ausnahme der beiden Parameter Gesamtposphor und Mangan lagen die Konzentrationen der untersuchten Kenngrößen unter den jeweiligen Qualitätszielen.

Die Probenahmestelle Ölbach bei Haus Holte liegt bei Fluss-km 10,61. Hier konnten mehrere Kenngrößen, wie z. B. Gesamtposphor, Kupfer, Mangan, Barium sowie der Pflanzenschutzmetabolit Metazachlor ESA, den guten Zustand nicht einhalten.

Der Plessbach wurde bei Fluss-km 3,7 und 2,0 untersucht. Beide Messstellen wiesen niedrige Gehalte an Nährstoffen sowie organischen und mineralischen Inhaltsstoffen auf und wurden mit „gut“ bzw. „sehr gut“ bewertet. Allerdings lagen die Kupfer- und Mangan- und Bor- und Sulfatgehalte an der ersten sowie die Bor- und Sulfatgehalte an der zweiten Messstelle oberhalb der jeweiligen Anforderungen.

Die Probenahme im Sprockhöveler Bach (Fluss-km 0,09) fand vor der Mündung in den Paasbach statt. Die Qualitätsanforderung für die Wassertemperatur wurde im Dezember überschritten. Des Weiteren erfolgte für die Parameter Bor, Mangan und Sulfat eine mäßige Bewertung.

Der Paasbach selbst wurde unterhalb der Einmündung Sprockhöveler Bach und vor der Mündung in die Ruhr untersucht. An der erstgenannten Messstelle kam es am gleichen Tag wie im Sprockhöveler Bach zur Überschreitung der Qualitätsanforderung für die Wassertemperatur.

Im Paasbach vor der Mündung in die Ruhr führte das Ergebnis der Untersuchung vom 3. Juni 2019 zu Überschreitungen der mittleren Gehalte von Ammonium-Stickstoff. Auch die Zinkgehalte lagen hier auf einem hohen Niveau und konnten den guten Zustand nicht einhalten. Des Weiteren erfolgte an beiden Stellen für Bor, Sulfat, Kupfer und Mangan eine mäßige Bewertung.

Der Deilbach mündet oberhalb des Baldeneysses in die Ruhr und wurde an den beiden Probenahmestellen unterhalb Regenüberlaufbecken Ziegeleiweg und vor Mündung untersucht. An der ersten Stelle führten niedrige Gehalte der untersuchten Nährstoffe sowie der mineralischen und organischen Inhaltsstoffe zu einer guten Bewertung. Lediglich für Kupfer und Mangan wurden – wie an der darauffolgenden Stelle – die gesetzlich nicht verbindlichen Orientierungswerte überschritten. Zudem wurde die Anforderung für den pH-Wert im Juli 2019 nicht eingehalten. Auch die Konzentrationen für Ge-

samtposphor und ortho-Phosphat-Phosphor lagen in den Sommermonaten über den jeweiligen Orientierungswerten und erreichten im Mittel eine mäßige Bewertung, während die mittleren Gehalte der weiteren Nährstoffe sowie die der mineralischen und organischen Inhaltsstoffe zu einer guten Bewertung führten.

Der Rinderbach wurde oberhalb und unterhalb der ehemaligen Kläranlage Heiligenhaus untersucht. An beiden Probenahmestellen konnte der gute Zustand für die Konzentrationen von Phosphor, Ammonium-Stickstoff sowie von Kupfer und Zink nicht eingehalten werden. Zudem machte sich der Einfluss von diffusen Quellen in Form von Überschreitungen von Benzo[a]pyren bemerkbar. Für einige gesetzlich nicht verbindlich geregelte Arzneimittel, wie z. B. Diclofenac, Gabapentin und Metformin, kam es an der Probenahmestelle unterhalb ehemalige Kläranlage Heiligenhaus zu Überschreitungen.

### Planungseinheit Volme

Die Planungseinheit Volme ( $A_{EO}$ : 427 km<sup>2</sup>) wird überwiegend durch Waldflächen, aber auch durch die lange Tradition der metallverarbeitenden Betriebe geprägt. Neben der Volme selbst wurden sechs weitere Gewässer untersucht. An der Probenahmestelle Volme unterhalb Kläranlage Kierspe führten die Konzentrationen von Gesamtposphor zu einer mäßigen Bewertung, während Ammonium-Stickstoff mit „gut“ bewertet werden konnte. Ebenso hielten die Metalle Kupfer und Zink den guten Zustand nicht ein. Weitere Überschreitungen lagen für Benzo[a]pyren vor. Zudem konnte hier und im weiteren Fließverlauf der Volme die Qualitätsanforderung für Bor nicht eingehalten werden. Die Konzentrationen für Arzneimittelwirkstoffe und Antibiotika wurden hier nicht gemessen.

Auch an der 4 km weitergelegenen Stelle Volme bei in der Grüne zeigten die Gehalte für Gesamtposphor sowie die der beiden Metalle Kupfer und Zink die gleichen Tendenzen, welche zu einer mäßigen Bewertung führten. Weitere Überschreitungen traten hier für die Röntgenkontrastmittel Iomeprol und Iopromid sowie mehrere Arzneimittelwirkstoffe, wie z.B. Diclofenac, Gabapentin und Metformin, auf. Auch machte sich der Einfluss von diffusen Quellen in Form von Überschreitungen von Benzo[a]pyren bemerkbar. Die Konzentrationen der Pflanzenschutzmittel waren unauffällig. Auch an den Messstellen oberhalb Bollwerk (Fluss-km 37,90) und in Priorei (Fluss-km 17,36) wurden erhöhte Phosphorkonzentrationen gemessen, die zur Überschreitung des Orientierungswertes führten. Die Qualitätsanforderung für Zink konnte an beiden Stellen eingehalten werden. Allerdings lagen die Kupferkonzentrationen in Priorei über dem Orientierungswert. Auch die UQN für Benzo[a]pyren wurde nicht eingehalten. An den Messstellen Volme in Dahl am Sportplatz und vor Mündung in die Ruhr überschritten die im Juli bzw. September 2019 gemessenen pH-Werte die Anforderung von pH 8,5. Vor der Mündung in die Ruhr führten auch die erhöhten Kupferkonzentrationen zu einer Überschreitung. Ebenso traten an beiden Stellen erhöhte Zinkkonzentrationen auf. Die UQN für Benzo[a]pyren wurde

ebenfalls in der Volme vor Mündung in die Ruhr nicht eingehalten. Die Konzentrationen der Pflanzenschutzmittel waren hier unauffällig, lediglich das Imidacloprid wurde mit „mäßig“ bewertet.

In den Gewässern Wiebelsaat, Elspe, Ennepe sowie im Epscheider Bach kam es vor allem in den Sommermonaten bei Trockenwetterverhältnissen zu Überschreitungen der Gesamtposphorgehalte. Zudem konnten in der Elspe die Qualitätsziele für Ammonium-Stickstoff und Sauerstoff nicht eingehalten werden. An der Probenahmestelle Ennepe bei Fluss-km 0,99 wurden die UQN für Cadmium und die OW für Zink und Kupfer überschritten. Hier und in der Elspe konnte auch die UQN für Benzo[a]pyren nicht eingehalten werden.

An den beiden Messstellen Epscheider Bach vor Mündung in die Volme und Wiebelsaat unterhalb Kläranlage Meinerzhagen-Lengelscheid verfehlte die im Juni 2019 und März 2020 gemessene Temperatur die Anforderung von 20 bzw. 10 °C. Die Konzentrationen der Arzneimittelwirkstoffe und der Antibiotika wurden an beiden Stellen nicht untersucht. Ebenso traten an diesen beiden Probenahmestellen, an den Stellen Hasper Bach oberhalb Hagen-Haspe und vor Mündung in die Ennepe sowie in der Selbecke oberhalb der Rundturnhalle erhöhte Kupferkonzentrationen auf. Im Hasper Bach erfolgte auch für Zink eine mäßige Bewertung. Weitere Überschreitungen traten im Hasper Bach oberhalb der Talsperre und oberhalb Hagen-Haspe für den Parameter Benzo[a]pyren sowie im Hasper Bach oberhalb der Talsperre für den Pflanzenschutzmetaboliten Metazachlor ESA auf. Die Konzentrationen der übrigen Pflanzenschutzmittel und deren Metabolite waren unauffällig. Alle weiteren untersuchten Parameter hielten die jeweiligen Orientierungswerte ein.

### **Planungseinheit Bigge**

Das 369 km<sup>2</sup> große Einzugsgebiet der Bigge wird wesentlich durch Forst- und Landwirtschaft genutzt. Neben der Bigge wurden fünf weitere Gewässer an insgesamt neun Probenahmestellen untersucht. Aufgrund der im Juli gemessenen Werte für Ammonium-Stickstoff sowie der hohen Phosphor-Konzentrationen im Juli und August wurden in der Bigge am Beul die mittleren Gehalte dieser beiden Nährstoffe mit „mäßig“ bewertet. Darüber hinaus wurden erhöhte Konzentrationen für Zink gemessen. Zudem wurde hier und im gesamten weiteren Fließverlauf der Bigge der nicht verbindliche Orientierungswert von 35 µg/l für Mangan überschritten. An der Probenahmestelle Bigge am Pegel Rüblinghausen führten hohe Phosphorgehalte im Juli 2019 zu Überschreitungen. Am selben Tag wurde auch die Qualitätsanforderung für die Wassertemperatur überschritten. Für Kupfer und Zink lagen durchgehend hohe Konzentrationen vor. An der etwa 20 km unterhalb gelegenen Probenahmestelle Bigge unterhalb Attendorn konnte lediglich der gute Zustand für Kupfer nicht eingehalten werden. Die niedrigen Gehalte der untersuchten Nährstoffe sowie der mineralischen und organischen Inhaltsstoffe führten dort zu einer guten Bewertung.

Auch in den Gewässern Brachtpe, Ihne, Olpe und Lister lagen niedrige Gehalte für die untersuchten Nährstoffe sowie die mineralischen und organischen Inhaltsstoffe vor und wurden mit „gut“ bzw. „sehr gut“ bewertet. Der gute Zustand für Kupfer und Mangan konnte an den beiden Stellen in der Olpe und in der Brachtpe in Berlinghausen sowie für Zink in der Olpe bei Fluss-km 1,49 nicht eingehalten werden. Zudem wurde in der Lister oberhalb der Listertalsperre die UQN für Benzo[a]pyren überschritten. Darüber hinaus lag in der Ihne am Pegel Kraghammer der pH-Wert im April 2019 über der Qualitätsanforderung.

In der Rose unterhalb Drolshagen kam es vor allem auf Grund der im Juli 2019 gemessenen Werte für Gesamtposphor und Ammonium-Stickstoff sowie Sauerstoffgehalt und TOC zur Überschreitung der jeweiligen Qualitätsanforderung.

### **Planungseinheit Untere Lenne**

Das Einzugsgebiet dieser Planungseinheit ( $A_{EO}$ : 528 km<sup>2</sup>) zeichnet sich durch städtische und industrielle Prägung aus. Es wurden neben der Lenne 13 weitere Gewässer an insgesamt 25 Probenahmestellen untersucht. Auf die Bewertung der Probenahmestellen Lenne unterhalb Kläranlage Altena, in Dresel, oberhalb Elverlingsen (unterhalb Kläranlage Werdohl) sowie Rahmede unterhalb Kläranlage Rahmedetal wird an dieser Stelle nicht eingegangen, da dies ausführlich im Kapitel 9 erfolgt. In der Lenne oberhalb Pasel konnten die Qualitätsanforderungen für den pH-Wert im Mai 2020 nicht eingehalten werden. Zudem führten hier – wie im gesamten weiteren Fließverlauf der Lenne – erhöhte Gehalte an Kupfer und Zink zur Überschreitung der jeweiligen Orientierungswerte. Neben den o.g. Metallen konnte auch für PFOS der gute Zustand nicht eingehalten werden. In der Lenne am Pegel Hohenlimburg lagen niedrige Gehalte der untersuchten Nährstoffe sowie der mineralischen und organischen Inhaltsstoffe vor.

In dem ca. 16 km langen Fretterbach, der durch mehrere kleine Bäche gespeist wird, liegt die erste Probenahmestelle bei Fluss-km 11,80. Dort konnten die Nährstoffkonzentrationen sowie die Konzentrationen für TOC, Sauerstoff, Chlorid und für mehrere Metalle mit Ausnahme von Kupfer und Zink mit „gut“ bzw. „sehr gut“ bewertet werden. An der darauffolgenden Messstelle nahmen die Nährstoffgehalte zu, so dass es vor Mündung in die Lenne zu einer mäßigen Bewertung für Ammonium-, Nitrit- und Ammoniak-Stickstoff sowie Gesamtposphor und ortho-Phosphat-Phosphor kam. Allerdings konnten hier Kupfer und Zink mit „gut“ bzw. „sehr gut“ bewertet werden.

Die Probenahmestelle Ahe vor Mündung in die Else liegt 2,5 km unterhalb der Kläranlage Herscheid. Hier wurden die Qualitätsanforderung für die meisten untersuchten Kenngrößen eingehalten, lediglich für die leicht erhöhten Gehalte an Kupfer erfolgte eine mäßige Bewertung.

Die 24,5 km lange Verse wurde an vier Stellen beprobt. An der Probenahmestelle unterhalb der Fürwiggetalsperre (Fluss-km 21,86) konnte lediglich die Qualitätsanforderungen für den Zinkgehalt nicht eingehalten werden. Bei den Untersuchungen der drei darauffolgenden Messstellen lagen die Nährstoffgehalte auf einem niedrigen Niveau und konnten mit „gut“ bzw. „sehr gut“ bewertet werden. Lediglich an der Probenahmestelle Verse unterhalb Versetalsperre wurde am 15. Oktober 2020 die Qualitätsanforderung für den Sauerstoffgehalt unterschritten. Zudem machte sich hier der Einfluss von diffusen Quellen in Form von Überschreitungen von Benzo[a]pyren bemerkbar. An den letzten beiden Stellen Kleinhammer und unterhalb Kleinhammer kam es zur Überschreitung der Anforderung für Kupfer.

In der Rahmede führten an der Stelle vor Mündung in die Ruhr erhöhte Gehalte an Gesamtphosphor, ortho-Phosphat-Phosphor, Nitrit-Stickstoff und Bor zu einer mäßigen Bewertung. Des Weiteren konnten die Grenzwerte für die Metalle Kupfer, Zink und Molybdän nicht eingehalten werden. Auch die UQN für PFOS wurde überschritten. Die Konzentrationen der Arzneimittelwirkstoffe und Antibiotika wurden hier nicht untersucht.

An den zwei Probenahmestellen in der Else bei Fluss-km 4,6 und 1,2 erreichten die Gehalte der Nährstoffe sowie der mineralischen und organischen Inhaltsstoffe den guten Zustand. An beiden Messstellen kam es zu Überschreitungen der Orientierungswerte von Kupfer sowie an der Stelle in Plettenberg-Holthausen für Zink.

In den Gewässern Glingebach, Grüne und Schwarze Ahe führten die niedrigen Gehalte aller untersuchten Parameter zu einer guten bzw. sehr guten Bewertung. Auch die Gewässer Nette und Nahmerbach wiesen niedrige Gehalte für die Mehrheit der untersuchten Parameter auf. Lediglich der gute Zustand für Kupfer konnte in der Nette bei Busstelle Fuleck und im Nahmerbach vor Mündung in die Lenne nicht eingehalten werden. Im August 2020 führten im unbeschatteten Grüner Bach erhöhte Wassertemperaturen zur Überschreitung der Qualitätsanforderung von 20 °C.

### **Planungseinheit Obere Lenne**

Das Einzugsgebiet Obere Lenne ( $A_{EG}$ : 456 km<sup>2</sup>) besteht zu 70 % aus Waldflächen. Die Untersuchungen fanden in der Lenne oberhalb Geidhof und in der Latrop vor Mündung in die Lenne statt. An beiden Probenahmestellen konnte die UQN für Benzo[a]pyren nicht eingehalten werden. Zudem wurde in der Lenne am 17. April 2019 die Qualitätsanforderung für den pH-Wert knapp verfehlt. Alle weiteren untersuchten Parameter erreichten den guten bzw. sehr guten Zustand.

### **Planungseinheit Mittlere Ruhr**

Die Planungseinheit Mittlere Ruhr umfasst eine Fläche von 503 km<sup>2</sup> und ist überwiegend durch Waldflächen und ackerbauliche Nutzung geprägt. Neben der Ruhr selbst wurden neun weitere Gewässer untersucht. In der Ruhr bei Fröndenberg führten niedrige Gehalte an Nährstoffen sowie mineralischen und organischen Inhaltsstoffen zu einer guten oder sehr guten Bewertung. Die Konzentrationen der Schwermetalle Blei, Cadmium und Nickel hielten die Anforderungen der OGeV sicher ein. Dagegen erreichten die Konzentrationen der Metalle Eisen, Kupfer und Zink lediglich die Einstufung „mäßig“. Auch die Anforderungen an die Konzentrationen von PFOS und Benzo[a]pyren sowie für die gesetzlich nicht verbindlichen Kenngrößen Amidotrizoesäure, Acesulfam, Gabapentin, Diclofenac und Metformin konnten nicht eingehalten werden. An der Probenahmestelle in Langschede erreichten die Gehalte an Nährstoffen sowie mineralischen und organischen Inhaltsstoffen weiterhin den guten Zustand. Zudem konnten hier die Orientierungswerte für Eisen und Zink sicher eingehalten werden.

Die Untersuchungen im Baarbach fanden zwischen Mai und Dezember 2019 an drei Messstellen statt. An der ersten Probenahmestelle Baarbach oberhalb Iserlohn führten niedrige Nährstoffgehalte sowie die geringen Konzentrationen der mineralischen und organischen Inhaltsstoffe zu einer guten bzw. sehr guten Bewertung. Lediglich der gute Zustand für Kupfer und Benzo[a]pyren konnte hier und an den zwei darunterliegenden Messstellen nicht eingehalten werden. Des Weiteren wurden im Baarbach am Pegel Iserlohn die Qualitätsanforderungen an Selen und Arsen überschritten. Im Baarbach 400 m unterhalb der Kläranlage Iserlohn-Baarbachtal führten erhöhte Gehalte an Gesamtphosphor und TOC zu Überschreitungen der jeweiligen Anforderungen. Allerdings konnte Ammonium-Stickstoff im Mittel mit „gut“ bewertet werden. Für Bor sowie die Metalle Mangan, Kupfer, Nickel und Zink wurde der gute Zustand verfehlt. Zudem wiesen alle untersuchten PSM mit Ausnahme von Imidacloprid Gehalte unterhalb der jeweiligen Bestimmungsgrenze auf. Die Konzentrationen der Arzneimittelwirkstoffe und Antibiotika wurden an dieser Probenahmestelle nicht untersucht.

Der Bieberbach wurde von April bis Dezember 2019 an vier Probenahmestellen untersucht. An der ersten Messstelle in Ainkhausen konnte die Qualitätsanforderung für die Wassertemperatur im Winter nicht eingehalten werden. Aus der Gruppe der PSM wiesen mit Ausnahme von Imidacloprid die Gehalte aller untersuchter Kenngrößen den sehr guten bzw. guten Zustand auf. An allen vier Stellen erfolgte für Barium eine mäßige Bewertung. Des Weiteren lagen im Bieberbach oberhalb Lendringsen-Lürbke und vor Mündung in die Hönne erhöhte Konzentrationen für Kupfer sowie an der letztgenannten Stelle für Zink und Mangan vor.

Die Hönne wurde an fünf Probenahmestellen untersucht. An den ersten beiden Stellen Hönne unterhalb Kläranlage Neuen-

rade 2 (heute Kläranlage Neuenrade) und unterhalb Kläranlage Balve führten erhöhte Nährstoffkonzentrationen für Ammonium-Stickstoff, Nitrit-Stickstoff, Gesamtphosphor und ortho-Phosphat-Phosphor zu einer mäßigen Bewertung. Darüber hinaus erfolgte auch für die Metalle Kupfer und Zink sowie unterhalb Kläranlage Neuenrade 2 für Mangan eine mäßige Einstufung. Des Weiteren konnten unterhalb Kläranlage Neuenrade 2 die jeweiligen UQN für Nickel und Benzo[a]pyren nicht eingehalten werden. Unterhalb Kläranlage Balve lagen die Gehalte an PSM und deren Metabolite mit Ausnahme des Imidacloprid unterhalb der jeweiligen Qualitätsanforderung. Die Konzentrationen der Arzneimittelwirkstoffe und der Antibiotika wurden unterhalb der Kläranlage Neuenrade 2 und unterhalb Kläranlage Balve nicht untersucht. An den zwei darauffolgenden Probenahmestellen Hönne oberhalb und unterhalb Lendringsen erreichten die Gehalte der Nährstoffe sowie der mineralischen und organischen Inhaltsstoffe den guten Zustand. An beiden Messstellen kam es zu Überschreitungen der Orientierungswerte von Kupfer und Zink sowie an der Stelle unterhalb Lendringsen für Mangan. Darüber hinaus konnte hier die UQN für Benzo[a]pyren nicht eingehalten werden. In der Hönne vor Mündung in die Ruhr stiegen die Konzentrationen für die Nährstoffe an, was für Ammonium-Stickstoff und Gesamtphosphor zu einer mäßigen Bewertung führte. Des Weiteren erfolgte auch für die Kenngrößen Bor, Silber, Mangan, Kupfer und Zink eine mäßige Einstufung. Zudem konnte auch hier die UQN für Benzo[a]pyren nicht eingehalten werden. Die Konzentrationen der Arzneimittelwirkstoffe und der Antibiotika wurden an dieser Messstelle nicht untersucht.

In den Gewässern Orlebach und Rammbach führten erhöhte Gehalte an Gesamtphosphor sowie im Bremer Bach und Rammbach an Ammonium-Stickstoff zu Überschreitungen der jeweiligen Orientierungswerte. Die Qualitätsanforderung für die Sauerstoffkonzentration konnte in den Sommermonaten im Orlebach, Rammbach und Refflingser Bach nicht eingehalten werden. Der gute Zustand für Mangan wurde in allen o.g. Nebengewässern verfehlt. Die Bewertung für die untersuchten PSM und deren Metabolite fiel im Rammbach und Refflingser Bach mit Ausnahme von Metazachlor ESA gut aus. In der Weltingse erreichten alle untersuchten Parameter den guten bzw. sehr guten Zustand.

### **Planungseinheit Obere Ruhr 1**

Die Planungseinheit Obere Ruhr 1 umfasst eine Fläche von 339 km<sup>2</sup> und besteht zu knapp zwei Dritteln aus Waldfläche. Die Untersuchungen fanden an jeweils einer Probenahmestelle in der Giesmecke und der Sorpe sowie im Hellefelder Bach statt. In allen drei Gewässern lagen die Gehalte an Nährstoffen sowie mineralischen und organischen Inhaltsstoffen auf einem niedrigen Niveau und konnten mit „gut“ bzw. „sehr gut“ bewertet werden. In der Sorpe oberhalb der Talsperre führte im Dezember 2019 eine Temperatur über 8 °C zu einer mäßigen Bewertung. Zudem konnte hier die UQN für Benzo[a]pyren nicht eingehalten werden. Alle weiteren untersuchten Parameter erreichten den guten bzw. sehr guten Zustand.

### **Planungseinheit Obere Ruhr 2**

Die Planungseinheit Obere Ruhr 2 (A<sub>EO</sub>: 739 km<sup>2</sup>) wird überwiegend durch Wald sowie landwirtschaftliche Flächen geprägt. Neben der Ruhr an der Probenahmestelle oberhalb Meschede wurden die beiden Gewässer Henne und Salweybach an jeweils einer Stelle untersucht. In der Ruhr oberhalb Meschede lagen erhöhte Konzentrationen an Nährstoffen vor, sodass Ammonium- und Nitrit-Stickstoff sowie Gesamtphosphor mit „mäßig“ bewertet wurden. Im Salweybach verfehlt im Dezember 2019 die Wassertemperatur mit 8,1 °C knapp den guten Zustand. Im Juli führten im Salweybach und im September 2019 in der Henne niedrige Sauerstoffgehalte zu einer mäßigen Einstufung. Des Weiteren wurde in der Henne durchgehend die UQN für Benzo[a]pyren überschritten.

### **Planungseinheit Möhne**

Das 468 km<sup>2</sup> große Einzugsgebiet der Möhne ist überwiegend durch Waldflächen geprägt. Ein knappes Drittel umfasst landwirtschaftliche Nutzflächen. Die Untersuchung dieser Planungseinheit erfolgte jeweils an einer Probenahmestelle in der Möhne sowie an der Heve und der Großen Schmalenau. Die Gehalte der Nährstoffe sowie der organischen und mineralischen Inhaltsstoffe lagen an allen drei Messstellen auf einem niedrigen Niveau und wurden mit „gut“ bzw. „sehr gut“ bewertet. In der Möhne überschritten die gesetzlich nicht verbindlichen Parameter Kupfer und Mangan den guten Zustand. Zudem führten erhöhte Gehalte für die Arzneimittelwirkstoffe Ibuprofen und Metformin zu Überschreitungen der jeweiligen Orientierungswerte. In der Großen Schmalenau vor Mündung in die Heve erfolgte lediglich für Eisen eine mäßige Einstufung. In der Heve lagen erhöhte Mangankonzentration vor. Alle weiteren untersuchten Parameter erreichten den guten bzw. sehr guten Zustand.

### **Zusammenfassung**

Es wurden neun Planungseinheiten mit insgesamt 54 Gewässern untersucht. Bild 4.2 zeigt die Verteilung der Bewertungen der im Jahr 2019 durch das LANUV und im Jahr 2020 durch den Ruhrverband untersuchten Kenngrößen auf der Basis der Oberflächengewässerverordnung sowie für weitere Parameter. Die Qualitätsanforderung für den pH-Wert konnte an 11 % der Messstellen nicht eingehalten werden. Aufgrund der langandauernden Trockenwetterphasen in den Jahren 2019 und 2020 wurden an 13 % der Probenahmestellen die Wassertemperatur und an 36 % der Stellen der Sauerstoffgehalt mit „mäßig“ bewertet. Auch hinsichtlich der Nährstoff- und der organischen Belastung lagen die mittleren Konzentrationen auf höherem Niveau als in den Vorjahren, so dass 14 % der gemessenen Ammonium-Stickstoff- und 30 % der Phosphorkonzentrationen zu Überschreitungen der Anforderungen führten, beim TOC waren es 3 %. Der gute Zustand wurde für die Kupferkonzentration an 73 % und für die Zinkkonzentration an 43 % der Probenahmestellen verfehlt. Für die Metalle Eisen, Silber, Thallium, Nickel und Cadmium sowie das Halb-

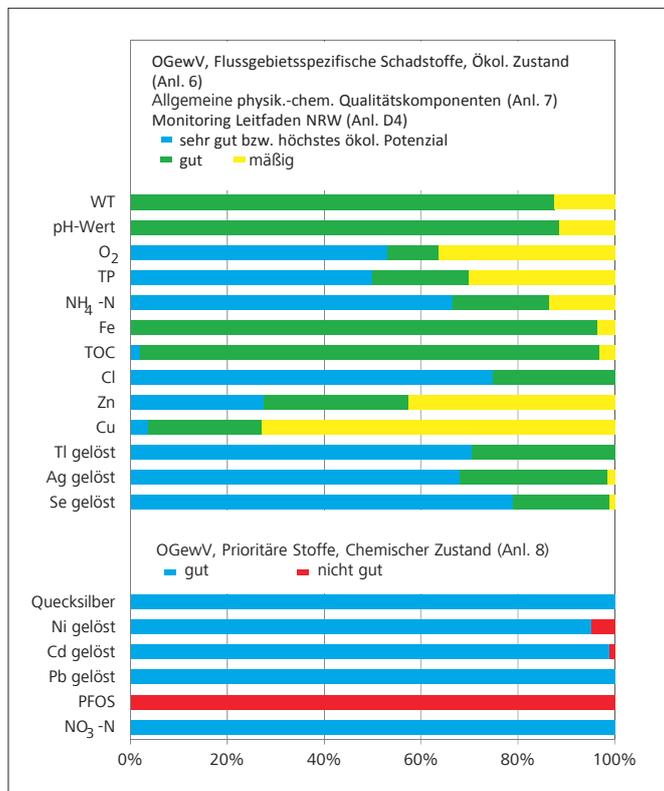


Bild 4.2: Relative Verteilung der Bewertungen ausgewählter Kenngrößen auf der Basis der Oberflächenwasserverordnung (OGewV Juni 2016)

Fig. 4.2: Relative distribution of evaluations for selected parameters based on the Surface Water Regulation (OGewV Juni 2016)

metall Selen lag der Prozentsatz der Überschreitungen zwischen 1 und 5 %. Lediglich die Konzentrationen von Blei und Quecksilber führten an allen untersuchten Probenahmeorten zu einer guten Bewertung. PFOS konnte in der wässrigen Phase in allen fünf untersuchten Proben nicht den guten Zustand einhalten, welches auf die extrem niedrige UQN zurückzuführen ist. Zusätzlich wurde an ausgewählten Probenahmestellen auf flussgebietspezifische und gesetzlich nicht geregelte Stoffe untersucht. Hierbei handelte es sich um weitere Schwermetalle, Arzneimittel, Diagnostika, Pflanzenschutzmittel sowie deren Metabolite, Polycyclische Aromatische Kohlenwasserstoffe, Perfluorierte Tenside, Leichtflüchtige Halogenierte Kohlenwasserstoffe und Polychlorierte Biphenyle. Für die Konzentrationen der Arzneimittelwirkstoffe und Röntgenkontrastmittel, wie z. B. Ibuprofen, Diclofenac und Amidotriozensäure, erfolgte dabei an den untersuchten Probenahmestellen in der Unteren, Mittleren und Oberen Ruhr sowie in der Volme, Möhne, Bigge und der Unteren und Oberen Lenne überwiegend eine mäßige Bewertung.

## Hydrobiologische Untersuchungen gemäß EG-WRRL – Makrozoobenthos

Seit dem Jahr 2007 wird der Gewässerzustand im Einzugsgebiet (EZG) der Ruhr auf Basis der Monitoringvereinbarung zwischen dem MULNV (Ministerium für Umwelt, Landwirtschaft, Natur- und Verbraucherschutz) und dem Ruhrverband beim operativen Gewässermonitoring gemäß EG-WRRL [4.4] in Form von ökologischen Gewässerzustandskarten dargestellt. Als Datenquellen dienen die Untersuchungsergebnisse aus dem vom Ruhrverband und vom LANUV NRW gemeinsam durchgeführten Gewässermonitoring. Daneben werden Daten berücksichtigt, die im Rahmen der „Integralen Entwässerungsplanung“ (IEP) beim Ruhrverband erhoben wurden („Weitere Untersuchungen des Ruhrverbands“) [4.5]. Diese in räumlich eng begrenzten Gebieten mit hoher Dichte gewonnenen Daten sollen unter Berücksichtigung der Ziele der EG-WRRL helfen, notwendige Maßnahmen im Bereich der Siedlungsentwässerung hinsichtlich Zielerreichung und Aufwand zu optimieren. Im Folgenden werden zunächst die hydrobiologischen Untersuchungsergebnisse an der Ruhr dargestellt. Daran schließen sich die Befunde des operativen Monitorings an den Nebengewässern an, wozu aufgrund des Monitoringkonzepts auch einzelne Probenahmestellen in der Ruhr gehören. Die Grundlagen für die Bewertung sind im Kapitel 2 zusammengefasst.

## Untersuchungen an der Ruhr

Die Ruhr entspringt nordöstlich von Winterberg auf einer Höhe von 674 m als „Grobmaterialreicher silikatischer Mittelgebirgsbach“ (LAWA-Gewässertyp-05). Ab Olsberg-Bigge (Fluss-km 199,6) wird sie zum Mittelgebirgsfluss (LAWA-Gewässertyp- 09 „Silikatischer Mittelgebirgsfluss“), der sich ab dem Zufluss der Röhr (Fluss-km 141,8) bis zur Mündung in den Rhein als „Großer Fluss des Mittelgebirges“ (LAWA-Gewässertyp- 09.2) darstellt. Von den 219 km der Ruhr sind knapp 60 % des Flusslaufs als erheblich verändert (HMWB – Heavily Modified Water Body) ausgewiesen. Dies betrifft im Wesentlichen die untere Ruhr, in der nutzungsbedingt langsam fließende bzw. gestaute Bereiche überwiegen. In diesen Ruhrabschnitten ist das gute ökologische Potenzial das Entwicklungsziel und nicht das Erreichen des guten ökologischen Zustands. In Bild 4.3 sind die Ergebnisse der hydrobiologischen Untersuchungen des Gewässerzustands der Ruhr messstellenbezogen für die Module Saprobie und Allgemeine Degradation (AD) der Qualitätskomponente Makrozoobenthos darge-

[4.4] Richtlinie 2000/60/EU des Europäischen Parlaments und des Rates vom 23. Oktober 2000 zur Schaffung eines Ordnungsrahmens für Maßnahmen der Gemeinschaft im Bereich der Wasserpolitik, Amtsblatt der Europäischen Gemeinschaften L 327/72, vom 22.12.2000

[4.5] Jardin, N., Weyand, M., Podraza, P.: Mit der Integralen Entwässerungsplanung zum guten Gewässerzustand. In: Pinnekamp, J. (Hrsg.): Gewässerschutz-Wasser-Abwasser Band 236: 48. Essener Tagung, Aachen 15. – 17. April 2015, Seite 10/1 bis 10/16, Aachen 2015, ISBN 978-3-938996-42-3

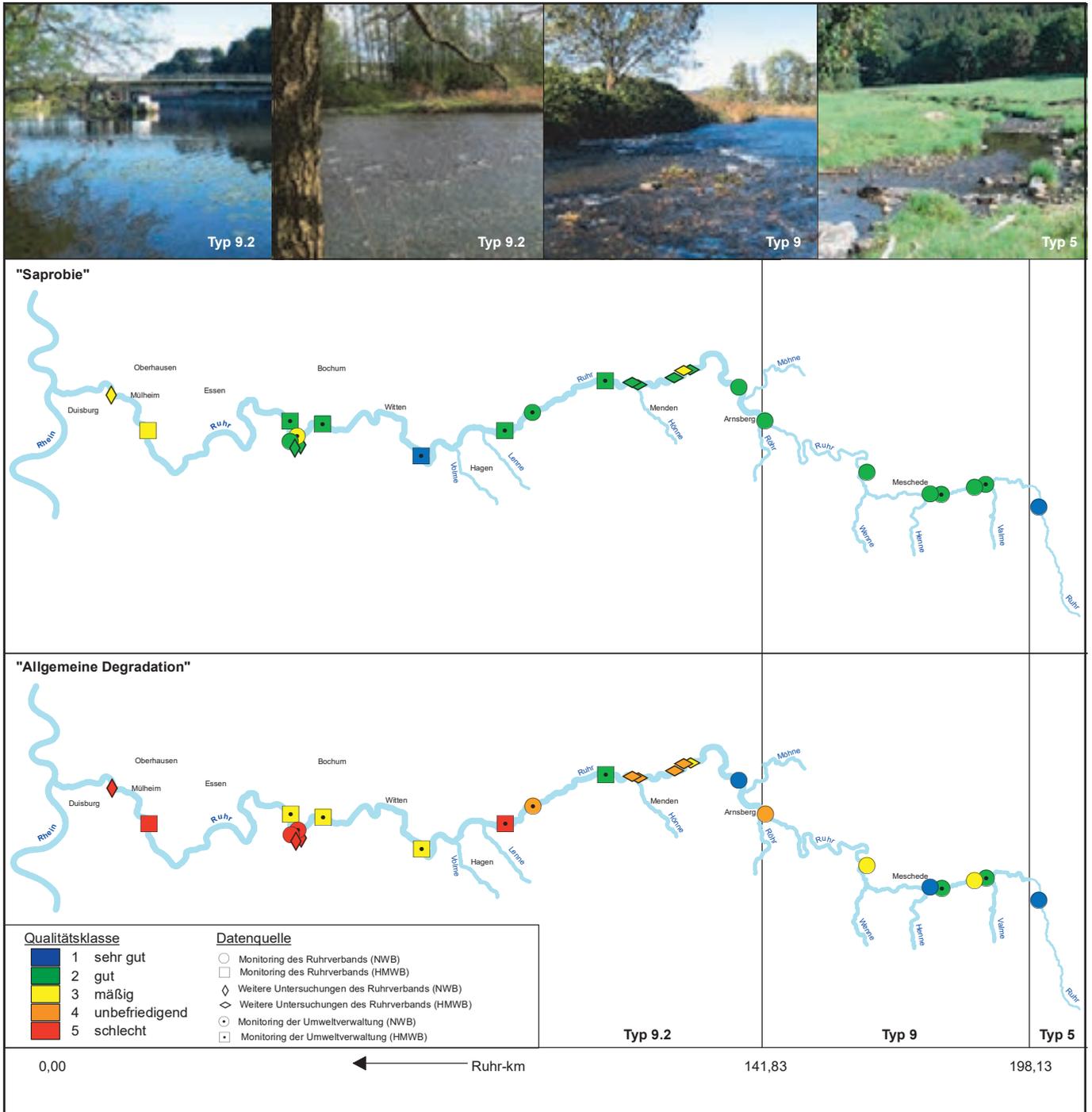


Bild 4.3: Ökologischer Gewässerzustand – Makrozoobenthos (Module Saprobie und Allgemeine Degradation) im Fließverlauf der Ruhr für die Jahre 2015 bis 2020. Ergebnisse „Monitoring der Umweltverwaltung“: Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz © Land NRW, Recklinghausen, <http://www.lanuv.nrw.de> in Zusammenarbeit mit dem Ruhrverband.

Fig. 4.3: Ecological status – macrozoobenthos (modules saprobic index and general degradation) along the course of the Ruhr, 2015 to 2020. Results „Monitoring der Umweltverwaltung“: Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz c Land NRW, Recklinghausen, <http://www.lanuv.nrw.de> in cooperation with Ruhrverband.

Quelle (Karte)/Source (map): Land NRW (2021) Datenlizenz Deutschland - Namensnennung - Version 2.0 ([www.govdata.de/dl-de/by-2-0](http://www.govdata.de/dl-de/by-2-0))

stellt. Diese Abbildung gibt einen Überblick über den ökologischen Zustand der Ruhr im Untersuchungszeitraum 2015 bis 2020. Die im Jahr 2020 neu untersuchten zehn Probenahmestellen befinden sich in den Planungseinheiten Obere Ruhr, Mittlere Ruhr und Untere Ruhr. Von diesen zehn Probenahmestellen konnten fünf Probenahmestellen in ihrer Bewertung nicht als gesichert angegeben werden, da nach der Verfahrensvorschrift die Summe der Indikatororganismen (Abundanzsumme) für eine valide biologische Bewertung nicht ausreichend war.

Auch im Jahr 2020 zeigte die Ruhr saprobiell fast durchgängig einen guten und an den zwei Probenahmestellen unterhalb Einmündung Neger und an der Ruhr Brücke in Wetter sogar einen sehr guten saprobiellen Zustand. Das heißt, die Ruhr ist an diesen Probenahmestellen saprobiologisch leitbildkonform. Vier Stellen in der Ruhr – oberhalb des Pegels Hattingen (SI: 2,50), unterhalb RÜ (Regenüberlauf) Erlenstraße (SI: 2,28), an Mendener Brücke (SI: 2,29) und oberhalb RÜB (Regenüberlaufbecken) Raffelberg (SI: 2,27) - überschritten im Jahr 2019 bzw. 2020 (oberhalb Pegel Hattingen) die gewässertypische Klassengrenze für den guten saprobiellen Zustand von 2,25 und waren daher mit „mäßig“ zu bewerten. Die nur mäßigen Saprobienindizes an den Probenahmestellen unterhalb RÜ Erlenstraße in der Mittleren Ruhr und oberhalb Pegel Hattingen sind allerdings zu diskutieren, da die Probenahmen nur eingeschränkt möglich waren. Die Probenahmestellen waren unzugänglich und anders als nach EG-WRRRL vorgegeben konnten sie nicht über weite Teile der gesamten Sohlbreite, sondern aufgrund steil abfallender Ufer nur im Technolithal (Steinschüttung) der Ufersicherung beprobt werden. Somit standen nur wenige potenzielle Habitate für die Auswertung und Bewertung zur Verfügung. Für die leicht über der Klassengrenze liegenden Saprobienindizes an den Probenahmestellen an Mendener Brücke und oberhalb RÜB Raffelberg waren wie im Jahr 2018 zum einen das Vorkommen von aus dem Rhein eingewanderten Neozoen, zum anderen das Vorkommen von typischen Stillwasserarten, die für den Unterlauf der Ruhr als Gewässertyp 09.2 „Großer Fluss des Mittelgebirges“ scheinbar eine gewisse saprobielle Belastung darstellen und als saprobielle Störanzeiger in die Bewertung eingingen, verantwortlich.

Hohe Planktondichten, wie sie noch zur Jahrtausendwende auftraten und die durch autosaprobielle Prozesse ihres Stoffwechsels oder bei ihrem Absterben den Sauerstoffgehalt der Ruhr senkten und sich so negativ auf die Bewertung der Saprobie auswirkten, spielen aktuell auf Grund der reduzierten Nährstoffgehalte durch die weitere Optimierung der Kläranlagen und durch die Filterleistung der Asiatischen Körbchenmuschel *Corbicula* [4.6] keine Rolle mehr als Ursache für saprobiologische Defizite. Die Bewertung im Modul Allgemeine Degradation zeigt im Oberlauf der Ruhr, welcher von der Quelle bis Arnsberg-Bachum durchgehend als natürlicher Wasserkörper (NWB = Natural Water Body) ausgewiesen ist, überwiegend einen mit „sehr gut“ bis „mäßig“ bewerteten Zustand. Lediglich die Probenahmestelle oberhalb der

Einmündung der Röhr ist im Jahr 2020 mit „unbefriedigend“ bewertet. Dieser Abschnitt der Ruhr wird weiterhin intensiver beobachtet.

Unterhalb der Möhne-Mündung war die Ruhr in einem sehr guten ökologischen Zustand. Das im Vergleich zur Ruhr kältere Tiefenwasser aus der Möhne-Talsperre führt zu einem sogenannten Rhithralisierungseffekt. Die Ruhr verliert in diesem Bereich ihre flusstypischen Eigenschaften eines Typ-9.2-Gewässers und ähnelt v. a. im Temperaturregime mehr einem Mittelgebirgsbach. Damit einher geht, dass die kaltwasserpräferierenden, sogenannten kaltstenothermen Taxa in Art und Abundanz zunehmen und sich dies positiv auf die Bewertung des ökologischen Zustands auswirkt. Zudem verstärkt der Rückhalt von Feinsedimenten durch die Talsperre weiter die Abwandlung zu einem Typ-05-Bachcharakter. Im weiteren Fließverlauf der Ruhr treten zunehmend strukturelle Defizite auf. Dazu zählen fehlende oder unzureichende Habitatstrukturen, vor allem durch Querbauwerke verursachte Staueffekte und damit verbundene Veränderungen des Strömungsbildes sowie eine mögliche Erwärmung des Gewässers. Dies begünstigt neben einer Ansiedlung von für die Ruhr untypischen Stillwassertaxa auch die Ansiedlung von oft konkurrenzstärkeren Neozoen, die mit hohen Individuendichten die Besiedlung in der mittleren und unteren Ruhr dominieren. Dies führt dazu, dass auch die als HMWB ausgewiesenen Probenahmestellen hinsichtlich des ökologischen Potenzials überwiegend defizitär bewertet werden.

Die Probenahmestellen in der Unteren Ruhr liegen zum überwiegenden Teil in Wasserkörpern, die als „erheblich verändert“ eingestuft sind (HMWB = heavily modified water bodies = erheblich veränderte Wasserkörper). In der Regel wird zur Bewertung des ökologischen Potenzials eines HMWB dessen relevante anthropogene Nutzung mitberücksichtigt, die dann zu einer Eingruppierung in so genannte „Fallgruppen“, wie z.B. „Wasserkraftnutzung“, führt. Da für die Wasserkörper der unteren Ruhr keine zutreffenden HMWB-Fallgruppen existieren, muss die Bewertung dieser Wasserkörper als Einzelfallbetrachtung erfolgen.

Der Aspekt der Versauerung ist nur im oberen Ruhrabschnitt, der dem Typ eines silikatischen Mittelgebirgsbachs (LAWA Typ - 05) entspricht, relevant. Die Ruhr unterliegt jedoch keinem nachweisbaren Versauerungseinfluss und wies für dieses Modul einen sehr guten Zustand auf.

Der Schwerpunkt der hydrobiologischen Untersuchungen im Rahmen des kooperativen Gewässermonitorings lag im Jahr 2020 seitens des Ruhrverbands mit insgesamt 25 Probenahmestellen auf den Planungseinheiten Untere Lenne und Volme, während das LANUV NRW Untersuchungen in den Pla-

---

[4.6] Ruhrverband: Vorkommen und Bedeutung der neozoischen Körbchenmuschel *Corbicula* in der Ruhr. Ruhrgütebericht 2016, S. 99 - 104.

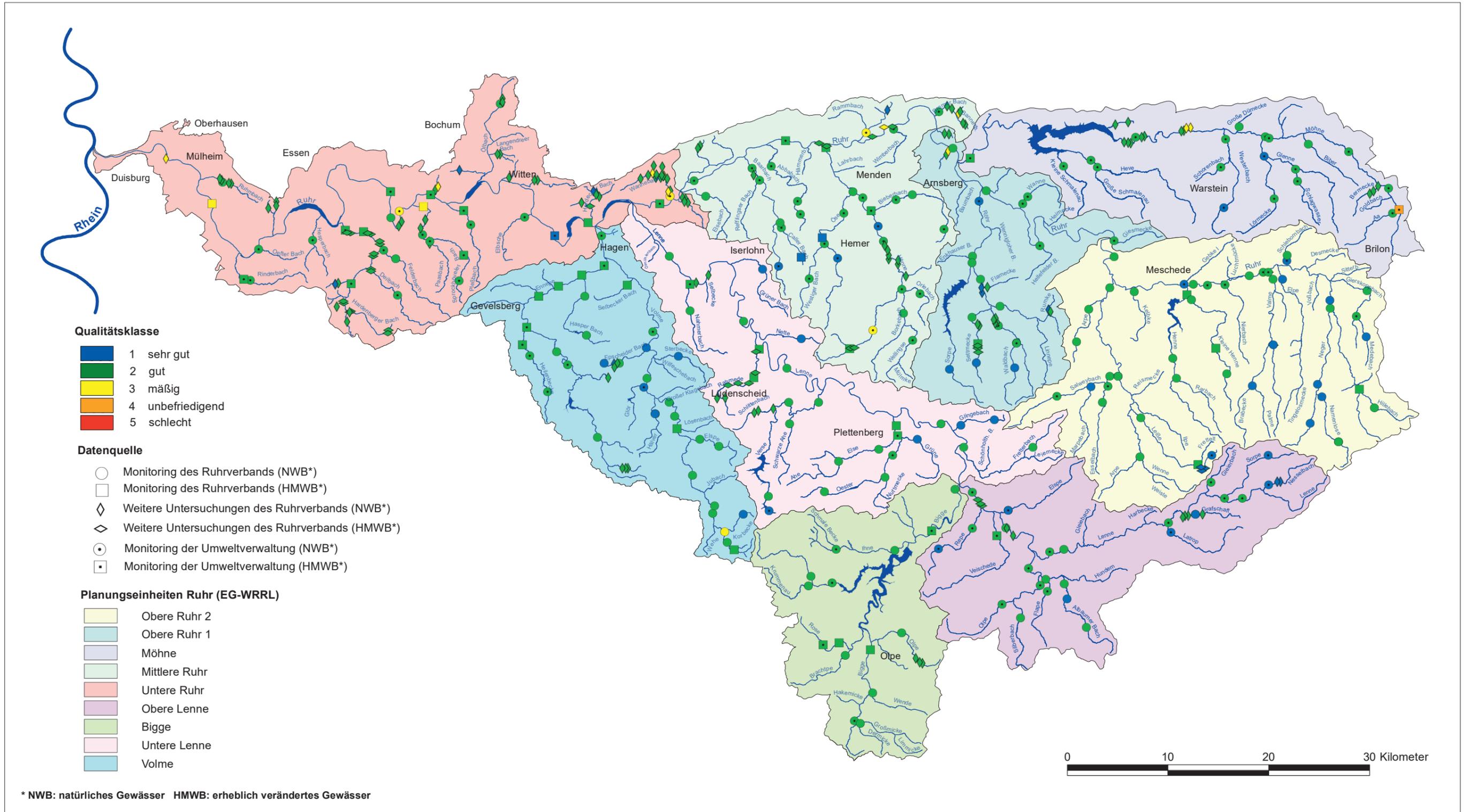


Bild 4.4: Ökologischer Gewässerzustand im Ruhreinzugsgebiet – Makrozoobenthos (Modul Saprobie) für die Jahre 2015 bis 2020. Ergebnisse „Monitoring der Umweltverwaltung“: Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz © Land NRW, Recklinghausen, <http://www.lanuv.nrw.de> in Zusammenarbeit mit dem Ruhrverband.

Fig. 4.4: Ecological status in the Ruhr catchment area – macrozoobenthos (module saprobic index), 2015 to 2020. Results „Monitoring der Umweltverwaltung“: Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz © Land NRW, Recklinghausen, <http://www.lanuv.nrw.de> in cooperation with Ruhrverband. Quelle (Karte)/Source (map): Land NRW (2021) Datenlizenz Deutschland - Namensnennung - Version 2.0 ([www.govdata.de/dl-de/by-2-0](http://www.govdata.de/dl-de/by-2-0))

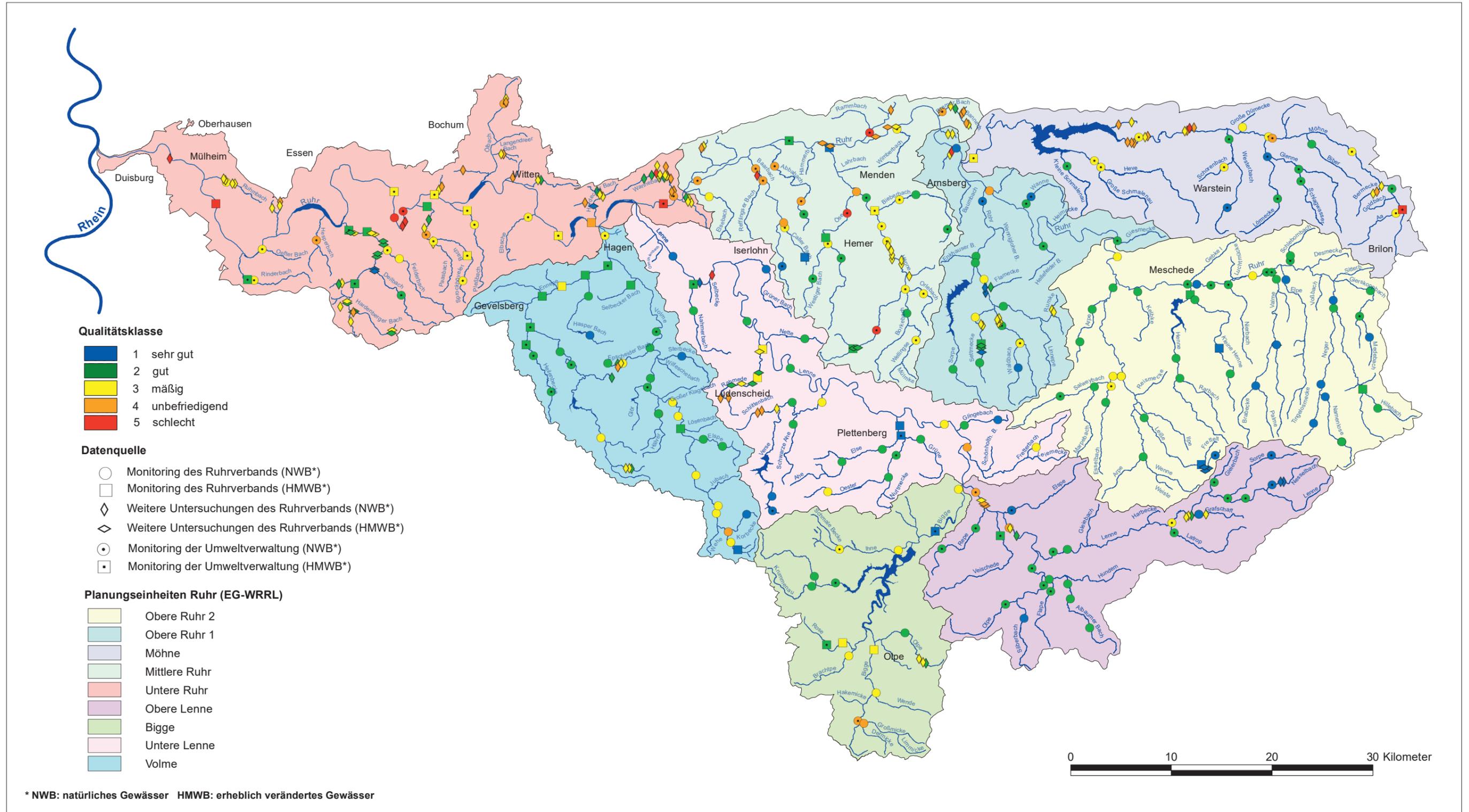


Bild 4.5: Ökologischer Gewässerzustand im Ruhrinzugsgebiet – Makrozoobenthos (Modul Allgemeine Degradation), für die Jahre 2015 bis 2020. Ergebnisse „Monitoring der Umweltverwaltung“: Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz © Land NRW, Recklinghausen, <http://www.lanuv.nrw.de> in Zusammenarbeit mit dem Ruhrverband.

Fig. 4.5: Ecological status in the Ruhr catchment area – macrozoobenthos (module general degradation), 2015 to 2020. Results „Monitoring der Umweltverwaltung“: Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz © Land NRW, Recklinghausen, <http://www.lanuv.nrw.de> in cooperation with Ruhrverband. Quelle (Karte)/Source (map): Land NRW (2021) Datenlizenz Deutschland - Namensnennung - Version 2.0 ([www.govdata.de/dl-derby-2-0](http://www.govdata.de/dl-derby-2-0))

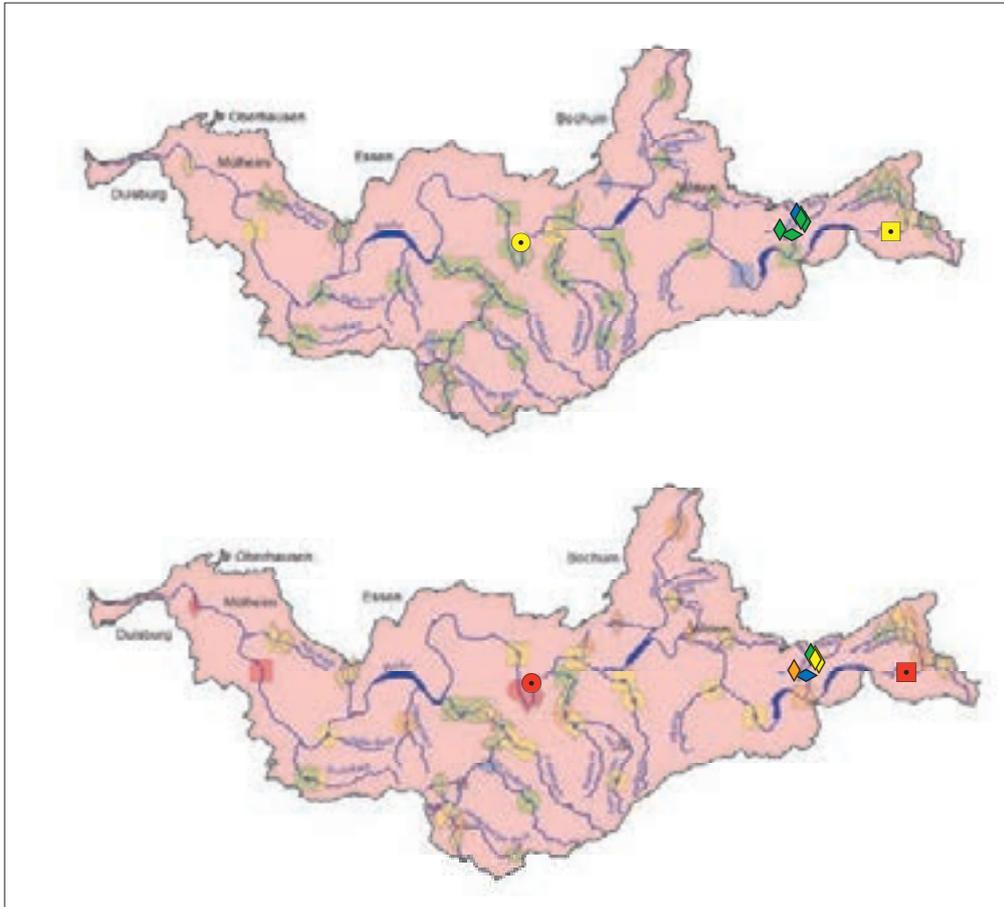


Bild 4.6: Ökologischer Gewässerzustand – Makrozoobenthos, Ausschnittskarten der Planungseinheit Untere Ruhr (PE 1000). Oben: Modul Saprobie, unten: Modul Allgemeine Degradation. Kleine, intensiv gefärbte Symbole = 2020, große, schwach gefärbte Symbole = 2015 bis 2019.

Fig. 4.6: Ecological status – macrozoobenthos, section maps of the planning unit Lower Ruhr (PE 1100). Above: module saprobic index; below: module general degradation. Small, deeply coloured symbols = 2020, large, lightly coloured symbols = 2015 to 2019. Quelle (Karte)/Source (map): Land NRW (2021) Datenlizenz Deutschland - Namensnennung – Version 2.0 ([www.govdata.de/dl-de/by-2-0](http://www.govdata.de/dl-de/by-2-0))

nungseinheiten Obere Lenne, Mittlere Ruhr, Obere Ruhr 1 und Möhne durchgeführt hat. Weitere Untersuchungen an acht Probenahmestellen fanden im Jahr 2020 im Rahmen des IEP-Programms des Ruhrverbands in den Planungseinheiten Obere Lenne und Untere Ruhr statt. Die Bilder 4.4 und 4.5 zeigen die Gewässerzustandskarten für die Module Saprobie und Allgemeine Degradation. In den Karten sind die Ergebnisse messstellengenau mit farbig codierten Symbolen entsprechend der fünfstufigen Qualitätsklassifizierung nach EG-WRRL dargestellt. Die Darstellung des ökologischen Potenzials (für HMWB) für das Modul Allgemeine Degradation erfolgt für Daten ab dem Jahr 2015 in der gleichen fünfstufigen Farbcodierung wie für NWB, jedoch zur Differenzierbarkeit mit anderen Symbolen. Dies weicht vom offiziellen HMWB-Farbcodierung gemäß OGewV [4.7], Anlage 12 ab, die für das höchste ökologische Potenzial keine Farbe festlegt und HMWB-Bewertungen zusätzlich mit grauen Querstreifen kennzeichnet. Die Gewässerzustandskarten basieren auf Untersuchungen, die in den Jahren 2015 bis 2020 durchgeführt wurden. Alle Daten von Untersuchungen aus den vorhergehenden Jahren wurden entfernt bzw. durch neuere Ergebnisse ersetzt. Die Karten repräsentieren daher den Gewässerzustand der letzten sechs Jahre und umfassen

423 Probenahmestellen. Im Jahr 2020 wurden vom Ruhrverband insgesamt 33 Probenahmestellen und vom LANUV NRW 53 Probenahmestellen im Ruhr-Einzugsgebiet hydrobiologisch untersucht. Diese Ergebnisse wurden bei der Aktualisierung der vorliegenden Gewässerzustandskarten mitberücksichtigt. Im Folgenden werden die Ergebnisse aus dem Jahr 2020 sowohl im Vergleich als auch ergänzend zu den Ergebnissen aus den zurückliegenden Jahren 2015 bis 2019 in Ausschnittskarten dargestellt und diskutiert.

#### Planungseinheit 1000 Untere Ruhr (Bild 4.6)

Das Einzugsgebiet der Unteren Ruhr wurde in diesem Betrachtungszeitraum an 103 Probenahmestellen in 31 Gewässern untersucht und war damit wieder die am intensivsten untersuchte Planungseinheit. Von den 103 Probenahmestellen lagen 71 in als NWB ausgewiesenen (Natural Water Body) und

[4.7] Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit (Hrsg.): Verordnung zum Schutz der Oberflächengewässer (OGewV), Bundesgesetzblatt G 5702, Bonn 23. Juni 2016

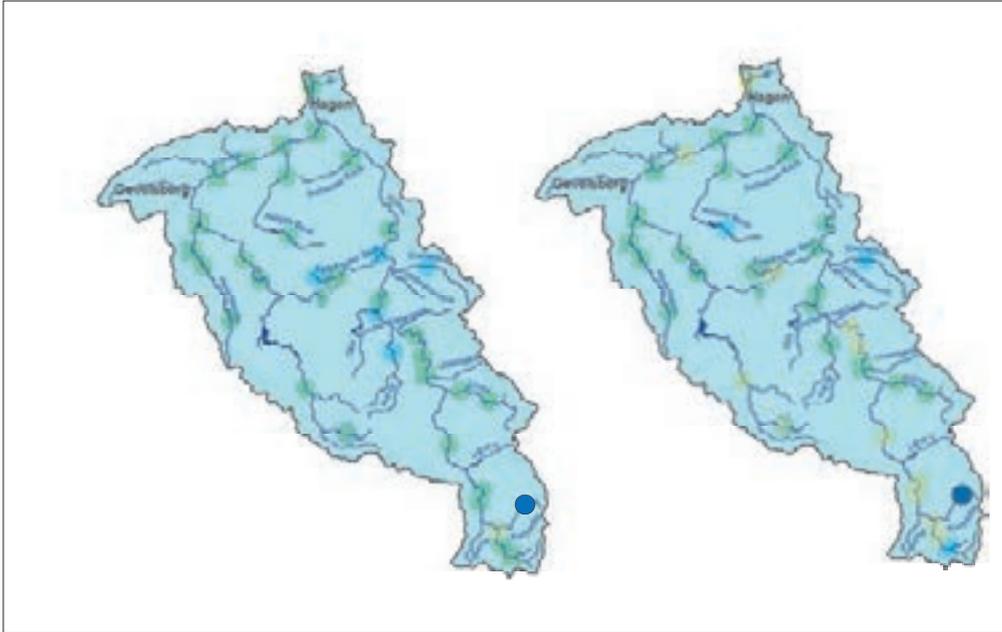


Bild 4.7: Ökologischer Gewässerzustand – Makrozoobenthos, Ausschnittskarten der Planungseinheit Volme (PE 1100). Links: Modul Saprobie, rechts: Modul Allgemeine Degradation. Kleine, intensiv gefärbte Symbole = 2020, große, schwach gefärbte Symbole = 2015 bis 2019.

Fig. 4.7: Ecological status – macrozoobenthos, section maps of the planning unit Volme (PE 1100). Left: module saprobic index; right: module general degradation. Small, deeply coloured symbols = 2020, large, lightly coloured symbols = 2015 to 2019. Quelle (Karte)/Source (map): Land NRW (2021) Datenlizenz Deutschland - Namensnennung – Version 2.0 ([www.govdata.de/dl-de/by-2-0](http://www.govdata.de/dl-de/by-2-0))

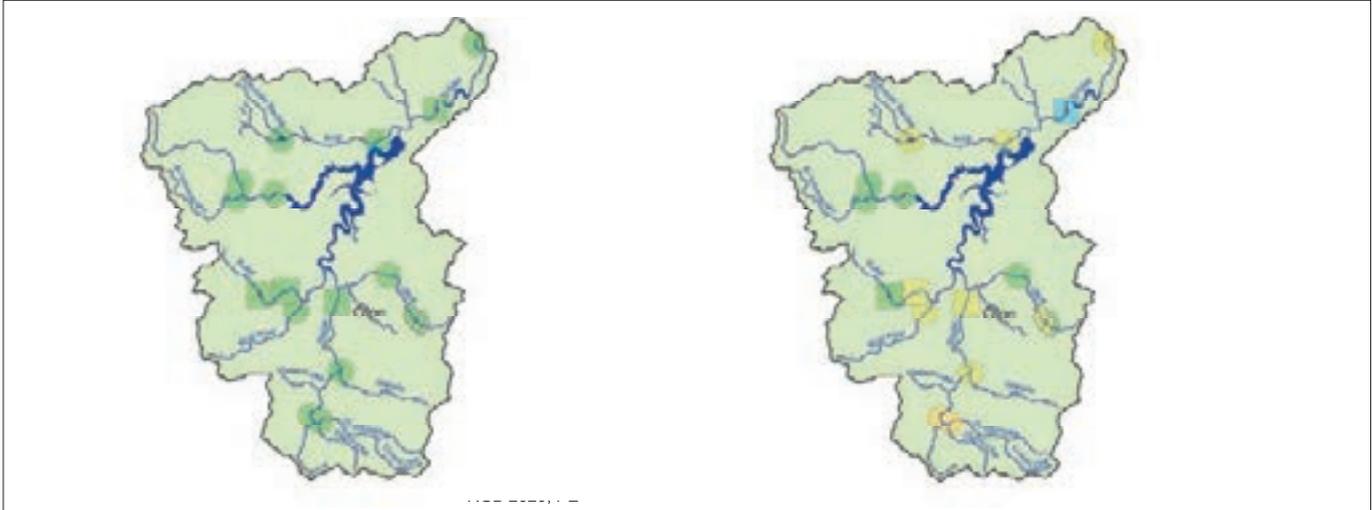


Bild 4.8: Ökologischer Gewässerzustand – Makrozoobenthos, Ausschnittskarten der Planungseinheit Bigge (PE 1200). Links: Modul Saprobie, rechts: Modul Allgemeine Degradation. Kleine, intensiv gefärbte Symbole = 2020, große, schwach gefärbte Symbole = 2015 bis 2019.

Fig. 4.8: Ecological status – macrozoobenthos, section maps of the planning unit Bigge (PE 1200). Left: module saprobic index; right: module general degradation. Small, deeply coloured symbols = 2020, large, lightly coloured symbols = 2015 to 2019. Quelle (Karte)/Source (map): Land NRW (2021) Datenlizenz Deutschland - Namensnennung – Version 2.0 ([www.govdata.de/dl-de/by-2-0](http://www.govdata.de/dl-de/by-2-0))

32 in als HMWB ausgewiesenen Wasserkörpern (Heavily Modified Water Body) mit den Fallgruppen Bebauung mit und ohne Vorland (BoV und BmV) sowie Einzelfallbetrachtung (EFB). Diese Planungseinheit wies für den Betrachtungszeitraum 2015 bis 2020 an 91 % der Probenahmestellen einen sehr guten oder guten saprobiellen Zustand auf. Die Allgemeine Degradation erfüllte jedoch nur an 29 % der insgesamt 103 berücksichtigten Probenahmestellen die Anforderungen für einen guten oder sehr guten ökologischen Zustand bzw.

eines guten oder sehr guten ökologisches Potenzials im Sinne der EG-WRRL. 46 % der Probenahmestellen waren mit „mäßig“, 17 % mit „unbefriedigend“ und 8 % mit „schlecht“ zu bewerten. Ursache für diese Befunde waren vor allem veränderte Gewässerstrukturen. Die Gewässer sind durch bestehende Nutzungsansprüche (Siedlungstätigkeiten, Hochwasserschutz, Wasserkraftnutzung, Rohwasserentnahme für die Trinkwassergewinnung etc.) so überprägt, dass ein natürlicher oder naturnaher Zustand selten vorliegt. Im Jahr 2020 wurde

diese Planungseinheit im Rahmen des operativen Monitorings an zehn Probenahmestellen in vier Gewässern ausschließlich vom LANUV NRW untersucht. Dabei ergaben sich im Vergleich zum vorherigen Betrachtungszeitraum zwei Änderungen in der Bewertung des ökologischen Zustandes/ökologischen Potenzials. Im Herdecker Bach an der Probenahmestelle Bahnhof Wittbrücke verschlechterte sich die Bewertung im Modul Allgemeine Degradation von „gut“ auf „mäßig“. In der Ruhr oberhalb des Pegel Hattingen verschlechterte sich die Bewertung im Modul Saprobie von „gut“ auf „mäßig“.

*Planungseinheit 1100 Volme (Bild 4.7)*

Die Probenahmestellen im Volme-Einzugsgebiet liegen überwiegend in als NWB ausgewiesenen Wasserkörpern. Im Berichtsjahr 2020 wurde eine Probenahmestelle im Rahmen des operativen Monitorings vom LANUV NRW erstmals untersucht. Diese Probenahmestelle in der Wiebelsaat (unterhalb der Kläranlage Meinerzhagen-Lengelscheid) wurde mit der ökologischen Zustandsklasse „sehr gut“ bewertet. Von den 43 dargestellten Probenahmestellen weisen alle einen guten oder sogar sehr guten saprobiellen Zustand auf, bis auf die Probenahmestelle oberhalb der Mündung Wiebelsaat (SI: 2,09 = „mäßig“). Im Modul der Allgemeinen Degradation konnten 63 % mit „gut“ oder „sehr gut“ bewertet werden. Es gab in dieser Planungseinheit keine Probenahmestelle, die mit „schlecht“ bewertet wurde.

*Planungseinheit 1200 Bigge (Bild 4.8)*

Im Zeitraum zwischen den Jahren 2015 und 2019 wurden in dieser Planungseinheit 18 Probenahmestellen, davon 14 in NWB und vier in HMWB untersucht. Von den genannten Pro-

benahmestellen konnten saprobiell alle mit „gut“ bewertet werden. Bei der Bewertung des Moduls Allgemeine Degradation lag der Anteil der mit „sehr gut“ oder „gut“ bewerteten Probenahmestellen bei 38 %. Als Ursache für die defizitäre Bewertung sind zumeist die naturfernen Strukturen der siedlungsbedingt ausgebauten Gewässer zu nennen, während an den Probenahmestellen in der freien Landschaft (häufig bewaldete Oberläufe der Bäche) ein guter ökologischer Zustand ermittelt wurde. Im Jahr 2020 wurden in dieser Planungseinheit keine Untersuchungen durchgeführt.

*Planungseinheit 1300 Untere Lenne (Bild 4.9)*

In der Planungseinheit Untere Lenne fanden im Jahr 2020 durch das LANUV zwei Makrozoobenthosuntersuchungen und durch den Ruhrverband 23 Untersuchungen statt. Von den 39 dargestellten, überwiegend als NWB bewerteten Probenahmestellen wiesen alle einen guten oder sogar sehr guten saprobiellen Zustand auf. Im Modul der Allgemeinen Degradation konnten 62 % mit „gut“ oder „sehr gut“ bewertet werden. 23 % der Probenahmestellen waren mit „mäßig“, 13 % mit „unbefriedigend“ und nur eine Probenahmestelle (2 %) mit „schlecht“ bewertet. Bei den im Jahr 2020 durchgeführten Untersuchungen sind innerhalb des aktuellen Beurteilungszeitraums neun Probenahmestellen gleich und neun Probenahmestellen schlechter bewertet worden. Insgesamt sechs Probenahmestellen wiesen eine verbesserte Bewertung des ökologischen Zustandes/ökologischen Potenzials auf. Eine Probenahmestelle in der Rahmede (vor der Mündung in die Lenne) wurde im Jahr 2020 erstmalig beprobt.

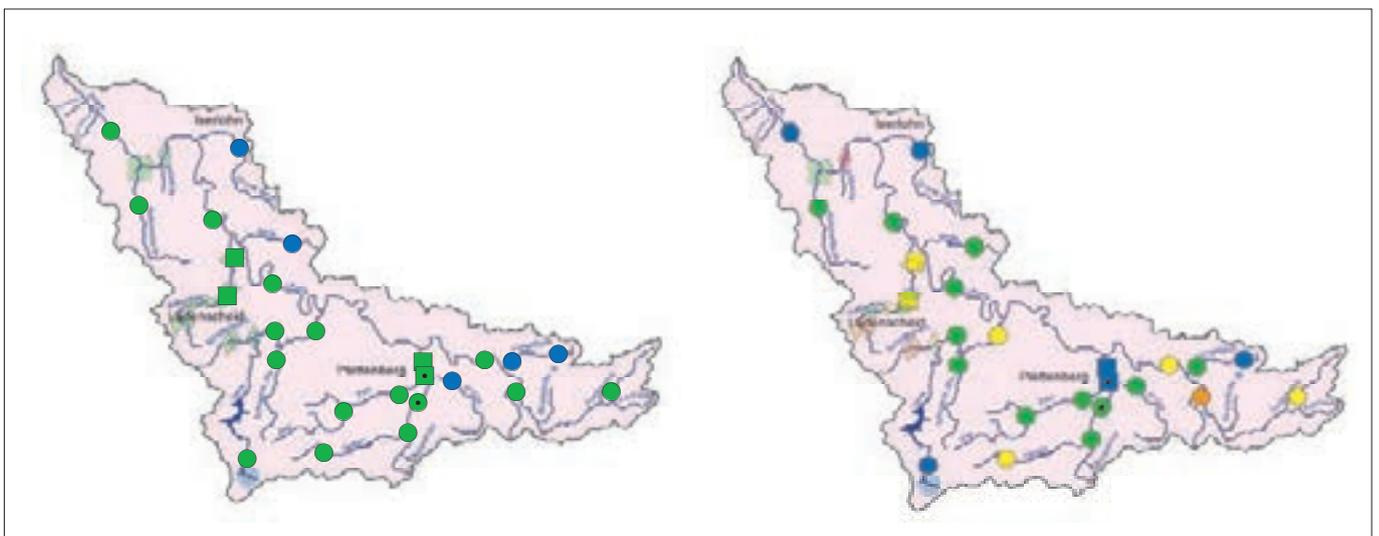


Bild 4.9: Ökologischer Gewässerzustand – Makrozoobenthos, Ausschnittskarten der Planungseinheit Untere Lenne (PE 1300). Links: Modul Saprobie, rechts: Modul Allgemeine Degradation. Kleine, intensiv gefärbte Symbole = 2020, große, schwach gefärbte Symbole = 2015 bis 2019.  
 Fig. 4.9: Ecological status – macrozoobenthos, section maps of the planning unit Lower Lenne (PE 1300). Left: module saprobic index; right: module general degradation. Small, deeply coloured symbols = 2020, large, lightly coloured symbols = 2015 to 2019.  
 Quelle (Karte)/Source (map): Land NRW (2021) Datenlizenz Deutschland - Namensnennung – Version 2.0 (www.govdata.de/dl-de/by-2-0)



Die Probenahmestelle unterhalb der Kläranlage Rahmedetal verbesserte sich im Modul Allgemeine Degradation von „schlecht“ auf „mäßig“. Hier wird der Oberflächenwasserkörper unter Berücksichtigung der anthropogenen Nutzung nun als HMWB bewertet.

Im Gewässer Grüner Bach an der Probenahmestelle „Bei Firma Stamm“ verbesserten sich sowohl das Modul Allgemeine Degradation als auch die Saprobie. Damit wies dieser Bach einen insgesamt sehr guten ökologischen Zustand auf. Besonders hervorzuheben ist hier das Vorkommen von *Rhyacophila laevis* (Bild 4.10), einer gefährdeten Köcherfliegenart mit einem Saprobiewert von 1,0. Sie kommt typischerweise an kleinen Quellbächen im Mittelgebirgsraum vor [4.8].

Bild 4.10: Larve der Köcherfliege *Rhyacophila laevis*  
 Fig 4.10: Caddisfly larvae *Rhyacophila laevis*

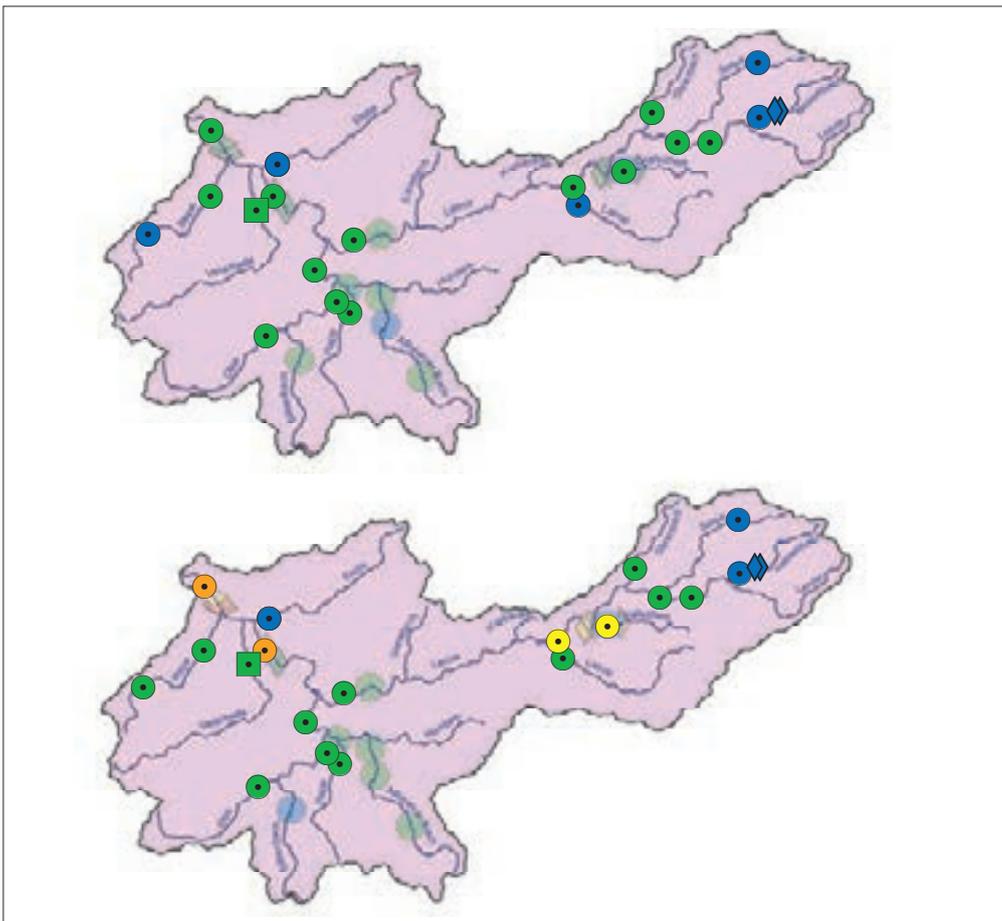


Bild 4.11: Ökologischer Gewässerzustand – Makrozoobenthos, Ausschnittskarten der Planungseinheit Obere Lenne (PE 1400). Oben: Modul Saprobie, unten: Modul Allgemeine Degradation. Kleine, intensiv gefärbte Symbole = 2020, große, schwach gefärbte Symbole = 2015 bis 2019.

Fig. 4.11: Ecological status – macrozoobenthos, section maps of the planning unit Upper Lenne (PE 1400). Above: module saprobic index; below: module general degradation. Small, deeply coloured symbols = 2020, large, lightly coloured symbols = 2015 to 2019. Quelle (Karte)/Source (map): Land NRW (2021) Datenlizenz Deutschland - Namensnennung - Version 2.0 ([www.govdata.de/dl-de/by-2-0](http://www.govdata.de/dl-de/by-2-0))

Planungseinheit 1400 Obere Lenne (Bild 4.11)

Diese Planungseinheit umfasst 38 Probenahmestellen, von denen alle einen sehr guten und guten saprobiellen Zustand aufwiesen. Bei der Bewertung der Allgemeinen Degradation erreichten 68 % einen mit „sehr gut“ oder „gut“ bewerteten Zustand. Im Jahr 2020 wurden 20 Makrozoobenthosuntersuchungen nach PERLODES vom LANUV durchgeführt und zwei

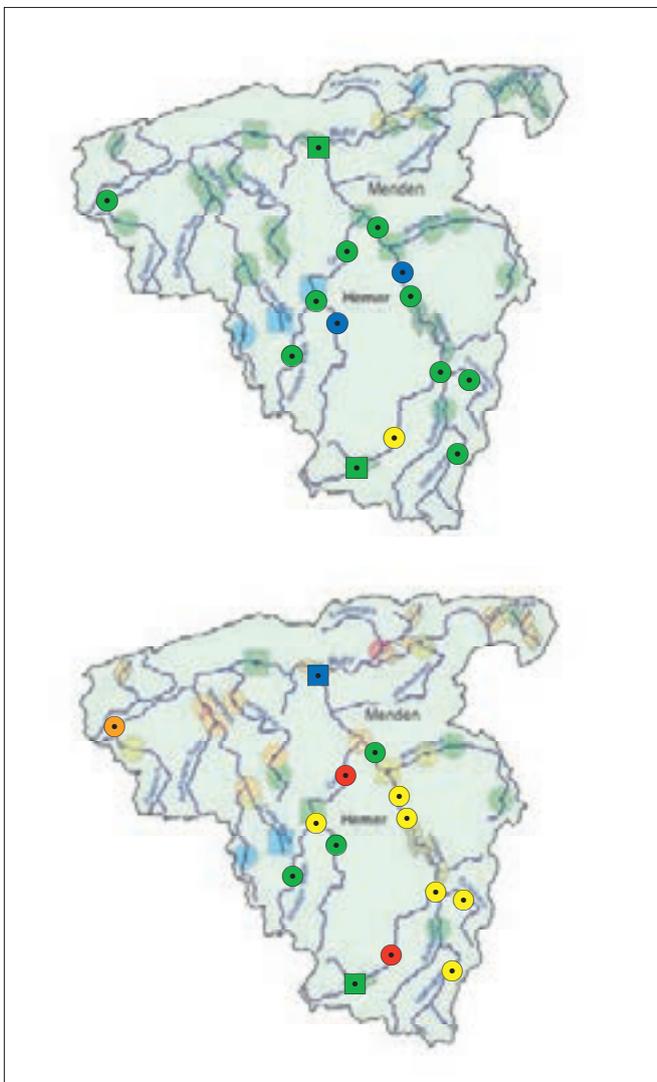


Bild 4.12: Ökologischer Gewässerzustand – Makrozoobenthos, Ausschnittskarten der Planungseinheit Mittlere Ruhr (PE 1500). Oben: Modul Saprobie, unten: Modul Allgemeine Degradation. Kleine, intensiv gefärbte Symbole = 2020, große, schwach gefärbte Symbole = 2015 bis 2019.

Fig. 4.12: Ecological status – macrozoobenthos, section maps of the planning unit Middle Ruhr (PE 1500). Above: module saprobic index; below: module general degradation. Small, deeply coloured symbols = 2020, large, lightly coloured symbols = 2015 to 2019. Quelle (Karte)/Source (map): Land NRW (2021) Datenlizenz Deutschland - Namensnennung – Version 2.0 (www.govdata.de/dl-de/by-2-0)

im Rahmen der Integralen Entwässerungsplanung (IEP) des Ruhrverbands bewertet. Fünf Bewertungen haben sich im Vergleich zu vorherigen Bewertungen verschlechtert und zwei Probenahmestellen verbesserten ihre Bewertung.

Planungseinheit 1500 Mittlere Ruhr (Bild 4.12)

Die Planungseinheit Mittlere Ruhr wurde im Jahr 2020 ausschließlich vom LANUV im Rahmen des operativen Monitorings untersucht. Von den insgesamt 61 Probenahmestellen in dieser Planungseinheit befanden sich zusammenfassend 93 % in einem sehr guten oder guten saprobiellen Zustand. Dagegen erhielten lediglich 26 % der Probenahmestellen hinsichtlich der Allgemeinen Degradation eine sehr gute oder gute Bewertung. Im Jahr 2020 fanden die 14 Untersuchungen hauptsächlich in der Hönne und in den Gewässern Oese, Orlebach, Ruhr, Wellingse und im Westiger Bach statt.

Planungseinheit 1600 Obere Ruhr 1 (Bild 4.13)

Im Einzugsgebiet der Oberen Ruhr 1 wurden im Jahr 2020 drei Makrozoobenthosuntersuchungen durchgeführt. Damit wurden im Betrachtungszeitraum 2015 bis 2020 37 Probenahmestellen betrachtet. Von diesen wurden saprobiell alle bis auf eine Ausnahme mit „gut“ oder „sehr gut“ bewertet. Hinsichtlich der Allgemeinen Degradation konnten wie im vorherigen Betrachtungszeitraum mehr als die Hälfte der Probenahmestellen mit „gut“ oder „sehr gut“ bewertet werden. 38 % der Probenahmestellen waren mit „mäßig“ und je eine Probenahmestelle mit „unbefriedigend“ und „schlecht“ bewertet. Im Jahr 2020 wurden erneut die Probestellen oberhalb der Einmündung Röhr und unterhalb der Möhne innerhalb der Ruhr bewertet. Oberhalb der Einmündung Röhr verschlechterte sich das Modul Allgemeine Degradation von „mäßig“ auf „unbefriedigend“, wobei die Klasse „mäßig“ mit einem Wert von 0,4 nur knapp („mäßig“ > 0,4) nicht erreicht wurde. Für das nächste Jahr sind weitere Untersuchungen an dieser Stelle geplant. Unterhalb der Möhne verschlechterte sich die Bewertung im Modul Saprobie. Allerdings ist die Ruhr an dieser Stelle mit „gut“ bewertet anstatt im Jahr 2015 mit „sehr gut“ und somit insgesamt weiterhin in einem guten ökologischen Zustand. Diese Veränderung könnte die Folge einer am Ende des Jahres 2019 durchgeführten Umgestaltung vor Ort und den damit verbundenen Baumaßnahmen sein.

Planungseinheit 1700 Obere Ruhr 2 (Bild 4.14)

Auch die Planungseinheit Obere Ruhr 2 wurde im Jahr 2020 genau wie im Jahr 2019 weder vom LANUV noch vom Ruhrverband untersucht. Basierend auf den vorangegangenen Untersuchungsergebnissen weisen von den insgesamt 50 Probe-

[4.8] LANUV (2020): Taxonomie für die Praxis. Bestimmungshilfen – Makrozoobenthos (3) Köcherfliegenlarven. Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucher-schutz des Landes Nordrhein-Westfalen, LANUV-Arbeitsblatt 46. Recklinghausen, S. 18

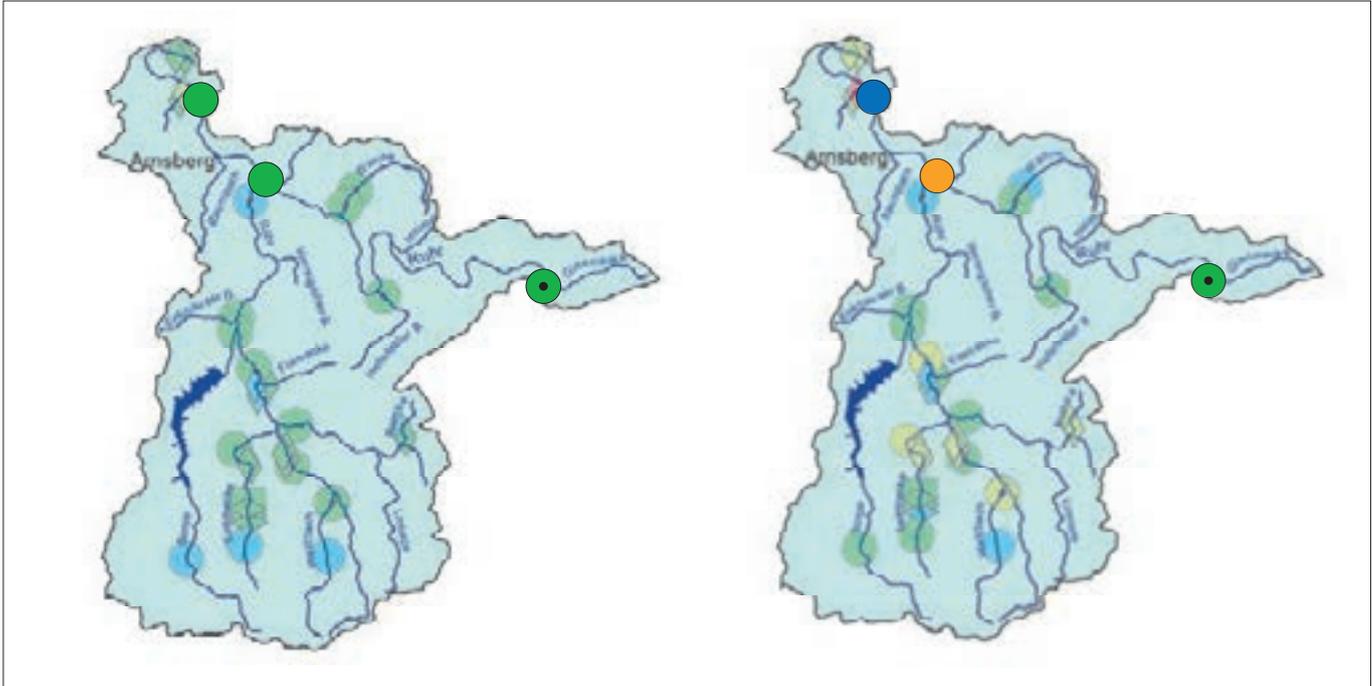


Bild 4.13: Ökologischer Gewässerzustand – Makrozoobenthos, Ausschnittskarten der Planungseinheit Obere Ruhr 1 (PE 1600). Links: Modul Saprobie, rechts: Modul Allgemeine Degradation. Kleine, intensiv gefärbte Symbole = 2020, große, schwach gefärbte Symbole = 2015 bis 2019.  
 Fig. 4.13: Ecological status – macrozoobenthos, section maps of the planning unit Upper Ruhr 1 (PE 1600). Left: module saprobic index; right: module general degradation. Small, deeply coloured symbols = 2020, large, lightly coloured symbols = 2015 to 2019.  
 Quelle (Karte)/Source (map): Land NRW (2021) Datenlizenz Deutschland - Namensnennung – Version 2.0 (www.govdata.de/dl-de/by-2-0)

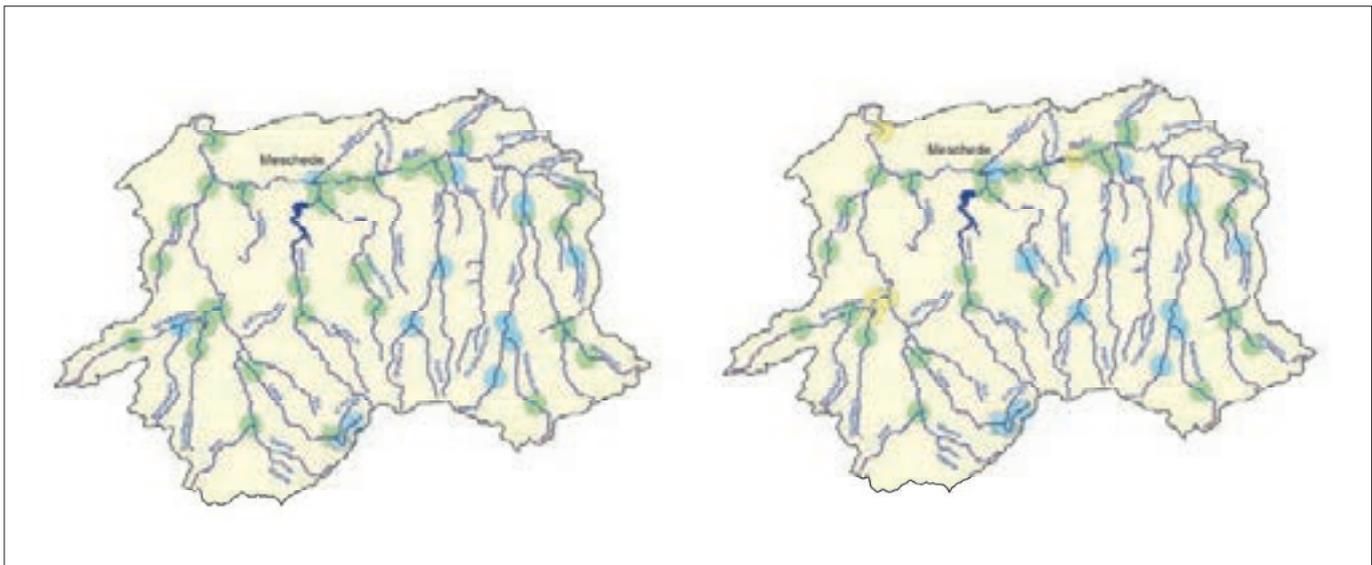


Bild 4.14: Ökologischer Gewässerzustand – Makrozoobenthos, Ausschnittskarten der Planungseinheit Obere Ruhr 2 (PE 1700). Links: Modul Saprobie, rechts: Modul Allgemeine Degradation. Kleine, intensiv gefärbte Symbole = 2020, große, schwach gefärbte Symbole = 2015 bis 2019.  
 Fig. 4.14: Ecological status – macrozoobenthos, section maps of the planning unit Upper Ruhr 2 (PE 1700). Left: module saprobic index; right: module general degradation. Small, deeply coloured symbols = 2020, large, lightly coloured symbols = 2015 to 2019.  
 Quelle (Karte)/Source (map): Land NRW (2021) Datenlizenz Deutschland - Namensnennung – Version 2.0 (www.govdata.de/dl-de/by-2-0)

nahmestellen aus den Jahren 2015 bis 2018 alle einen sehr guten bzw. guten saprobiellen Zustand auf. Im Hinblick auf die Allgemeine Degradation waren 90 % in einem guten oder sogar sehr guten Zustand bzw. wurden bezüglich des ökologischen Potenzials als „gut“ oder besser eingestuft. Hervorzuheben sind die HMWB-Probenahmestellen im Hillebach, in der Kleinen Henne, in der Henne und in der Leiße, die trotz urbaner oder wassermengenvirtschaftlicher Nutzungsansprüche in ihrem ökologischen Potenzial mit „gut“ und zwei Stellen in der Leiße mit „sehr gut“ bewertet wurden.

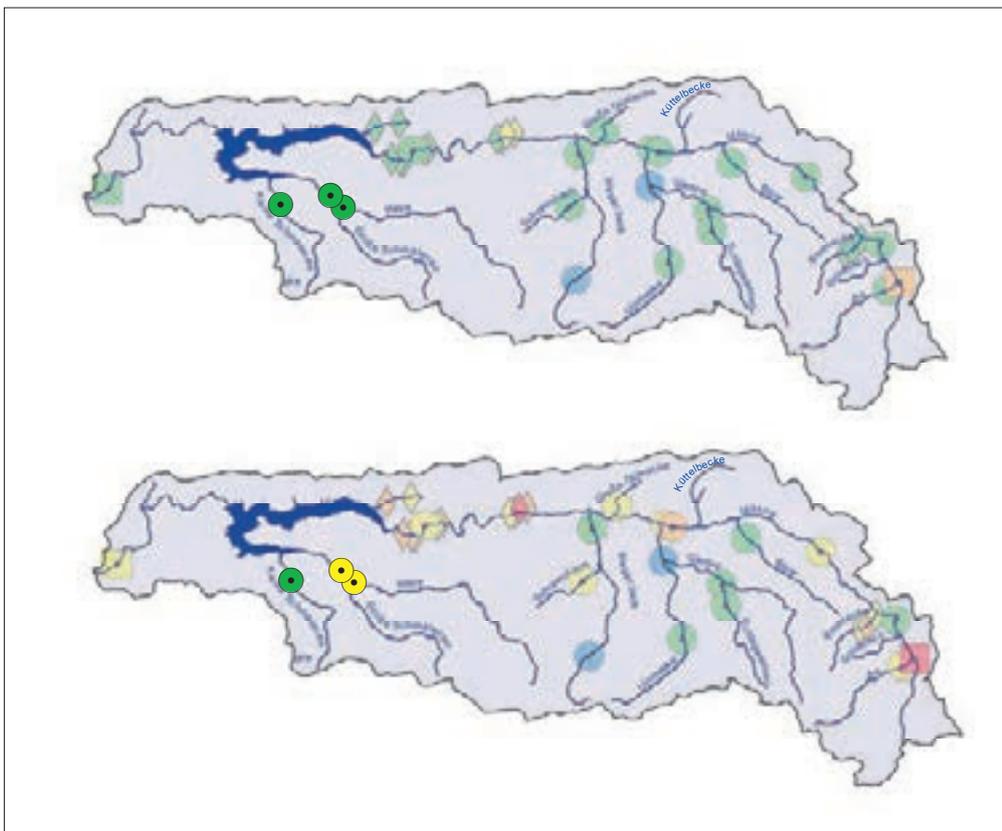
*Planungseinheit 1800 Möhne (Bild 4.15)*

Von den 34 im Möhne-Einzugsgebiet liegenden Probenahmestellen, die sich überwiegend in als NWB ausgewiesenen Wasserkörpern befinden, wurden im Jahr 2020 drei Probenahmestellen vom LANUV nach dem PERLODES-Verfahren untersucht. 91 % der 34 Probenahmestellen wiesen einen guten oder sehr guten saprobiellen Zustand auf. Die Bewertungsergebnisse im Modul Allgemeine Degradation zeigten hingegen ein heterogeneres Bild für den Zeitraum 2015 bis 2020, in welchem 74 % der untersuchten Probenahmestellen noch keinen guten Zustand oder kein gutes Potenzial erreichten. Die Ursachen hierfür sind weiterhin vielfältig. Die Nebengewässer, welche aufgrund der zu geringen Einzugsgebietsgröße ( $\leq 10 \text{ km}^2$ ) nicht als berichtspflichtig gelten und weiterhin als

natürlicher Wasserkörper (NWB) bewertet werden, sind ebenso teilweise morphologisch überformt (Sohl- und Uferverbau, anthropogene Überformung des Gewässerumfelds). Dies führt u. a. zu einer Veränderung in der Fließgeschwindigkeit, schwankenden Wassertemperaturen aufgrund fehlender Beschattung und somit zu einer typfremden Besiedlung, welche negativ in die Bewertung des ökologischen Zustands eingeht (vgl. [Kap.2]). Darüber hinaus sind große Gewässerabschnitte sowohl der Möhne als auch ihrer Nebengewässer strukturell degradiert und landwirtschaftlich überprägt, was sich ebenfalls negativ auf die Bewertung auswirkte.

*Zusammenfassung zum Makrozoobenthos*

Eine Gesamtübersicht über die messstellenbezogene Verteilung der Ergebnisse der biologischen Gewässeruntersuchungen in den jeweiligen Planungseinheiten und dem gesamten Ruhreinzugsgebiet gibt Tabelle 4.3 wieder. Die Ruhr zeigte in ihrem Längsverlauf saprobiell fast durchgängig einen guten oder sogar sehr guten Zustand. Die im Jahr 2020 untersuchten Probenahmestellen wurden in der Saprobie bis auf zwei Ausnahmen alle gesichert mit „gut“ oder „sehr gut“ bewertet. Zusammenfassend waren im Ruhr-Längsverlauf im Berichtszeitraum (2015 bis 2020) 8 % der 25 untersuchten Probenahmestellen saprobiell mit „sehr gut“, 76 % mit „gut“ und 16 % mit „mäßig“ zu bewerten. Die Bewertung im Modul All-



*Bild 4.15: Ökologischer Gewässerzustand – Makrozoobenthos, Ausschnittskarten der Planungseinheit Möhne (PE 1800). Oben: Modul Saprobie, unten: Modul Allgemeine Degradation. Kleine, intensiv gefärbte Symbole = 2020, große, schwach gefärbte Symbole = 2015 bis 2019.*

*Fig. 4.15: Ecological status – macrozoobenthos, section maps of the planning unit Möhne (PE 1800). Above: module saprobic index; below: module general degradation. Small, deeply coloured symbols = 2020, large, lightly coloured symbols = 2015 to 2019. Quelle (Karte)/Source (map): Land NRW (2021) Datenlizenz Deutschland - Namensnennung – Version 2.0 ([www.govdata.de/dl-de/by-2-0](http://www.govdata.de/dl-de/by-2-0))*

Tabelle 4.3: Gesamtübersicht über die messstellenbezogene Verteilung der Ergebnisse der hydrobiologischen Untersuchungen zum ökologischen Gewässerzustand in den jeweiligen Planungseinheiten im Ruhreinzugsgebiet – Makrozoobenthos, für die Jahre 2015 bis 2020. Ergebnisse: „Monitoring der Umweltverwaltung“: Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz © Land NRW, Recklinghausen, <http://www.lanuv.nrw.de> in Zusammenarbeit mit dem Ruhrverband

Table 4.3: Overview of the measuring point-specific distribution of results of the hydrobiological examinations on the ecological status in the respective planning units of the Ruhr catchment area – macrozoobenthos, 2015 to 2020. Results „Monitoring der Umweltverwaltung“: Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz © Land NRW, Recklinghausen, <http://www.lanuv.nrw.de> in cooperation with Ruhrverband

		Untere Ruhr (1000)				Voime (1100)				Bigge (1200)				Untere Lenne (1300)				Obere Lenne (1400)				Mittlere Ruhr (1500)				Obere Ruhr 1 (1600)				Obere Ruhr 2 (1700)				Möhne (1800)				Ruhreinzugsgebiet								
		Monitoring des Ruhrverbands		Weitere Untersuchungen RV		Monitoring der Umweltverwaltung		Summe		Monitoring des Ruhrverbands		Weitere Untersuchungen RV		Monitoring der Umweltverwaltung		Summe		Monitoring des Ruhrverbands		Weitere Untersuchungen RV		Monitoring der Umweltverwaltung		Summe		Monitoring des Ruhrverbands		Weitere Untersuchungen RV		Monitoring der Umweltverwaltung		Summe		Summe												
		○	◇	◐	◑	○	◇	◐	◑	○	◇	◐	◑	○	◇	◐	◑	○	◇	◐	◑	○	◇	◐	◑	○	◇	◐	◑	○	◇	◐	◑	○	◇	◐	◑	○	◇	◐	◑	Summe				
NWB		○	◇	◐	◑	○	◇	◐	◑	○	◇	◐	◑	○	◇	◐	◑	○	◇	◐	◑	○	◇	◐	◑	○	◇	◐	◑	○	◇	◐	◑	○	◇	◐	◑	○	◇	◐	◑	○	◇	◐	◑	
Saprobie	1 sehr gut	0	5	1	6	5	1	1	7	0	0	0	0	5	0	1	6	2	2	0	4	9	2	1	3	6	3	3	1	7	9	3	4	16	0	0	2	2				59				
	2 gut	4	64	20	88	21	6	8	35	10	3	5	18	18	12	3	33	5	9	15	29	5	21	23	49	9	14	6	29	27	0	7	34	2	12	15	29	2				344				
	3 mäßig	2	5	2	9	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	2	4	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	2				17				
	4 unbefriedigend	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0				0				
	5 schlecht	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0				0				
Summe					103				43				18				39				38				59				37				50				34	421								
Allgemeine Degradation (Ökol. Zustand)	1 sehr gut	0	0	0	3	0	0	0	3	0	0	0	0	4	1	1	6	2	2	3	7	0	0	1	1	2	2	2	6	10	0	1	11	0	0	2	2	2				36				
	2 gut	0	10	1	11	8	3	5	16	3	1	1	5	11	0	1	12	5	2	11	18	2	1	5	8	6	1	4	11	18	0	9	27	1	0	6	7	1				115				
	3 mäßig	1	28	8	37	9	3	1	13	4	2	1	7	4	1	0	5	0	4	3	7	1	10	9	20	2	11	1	14	4	0	1	5	1	5	7	13	1				121				
	4 unbefriedigend	0	12	4	16	1	1	0	2	1	0	1	2	1	4	0	5	0	2	2	4	2	2	5	6	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	1	0				50				
	5 schlecht	1	5	1	7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	1	3	4	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0				14				
Summe					71				34				14				29				34				46				33				43				32	336								
Allgemeine Degradation (Ökol. Potenzial)	1 sehr gut	0	4	0	4	1	0	0	1	0	0	1	1	1	0	1	2	0	0	0	0	1	0	1	2	0	1	0	1	2	3	0	5	0	0	0	0	0				16				
	2 gut	2	10	3	15	4	0	3	7	0	0	1	1	0	3	1	4	0	0	1	1	1	1	2	2	5	1	2	3	2	0	0	2	0	0	0	0	0				38				
	3 mäßig	0	5	5	10	1	0	0	1	2	0	0	2	2	2	0	4	0	1	0	1	1	1	1	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0				21				
	4 unbefriedigend	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	2	0	4	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0				7				
	5 schlecht	1	0	1	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0				3				
Summe					32				9				4				10				4				13				4				7				2	85								
Saprobie	1 sehr gut	Pie chart		Pie chart		Pie chart		Pie chart		Pie chart		Pie chart		Pie chart		Pie chart		Pie chart		Pie chart		Pie chart		Pie chart		Pie chart		Pie chart		Pie chart		Pie chart		Pie chart												
	2 gut	Pie chart		Pie chart		Pie chart		Pie chart		Pie chart		Pie chart		Pie chart		Pie chart		Pie chart		Pie chart		Pie chart		Pie chart		Pie chart		Pie chart		Pie chart		Pie chart		Pie chart												
	3 mäßig	Pie chart		Pie chart		Pie chart		Pie chart		Pie chart		Pie chart		Pie chart		Pie chart		Pie chart		Pie chart		Pie chart		Pie chart		Pie chart		Pie chart		Pie chart		Pie chart		Pie chart												
	4 unbefriedigend	Pie chart		Pie chart		Pie chart		Pie chart		Pie chart		Pie chart		Pie chart		Pie chart		Pie chart		Pie chart		Pie chart		Pie chart		Pie chart		Pie chart		Pie chart		Pie chart		Pie chart												
	5 schlecht	Pie chart		Pie chart		Pie chart		Pie chart		Pie chart		Pie chart		Pie chart		Pie chart		Pie chart		Pie chart		Pie chart		Pie chart		Pie chart		Pie chart		Pie chart		Pie chart		Pie chart												
Allgemeine Degradation (Ökol. Potenzial)	1 sehr gut	Pie chart		Pie chart		Pie chart		Pie chart		Pie chart		Pie chart		Pie chart		Pie chart		Pie chart		Pie chart		Pie chart		Pie chart		Pie chart		Pie chart		Pie chart		Pie chart		Pie chart												
	2 gut	Pie chart		Pie chart		Pie chart		Pie chart		Pie chart		Pie chart		Pie chart		Pie chart		Pie chart		Pie chart		Pie chart		Pie chart		Pie chart		Pie chart		Pie chart		Pie chart		Pie chart												
	3 mäßig	Pie chart		Pie chart		Pie chart		Pie chart		Pie chart		Pie chart		Pie chart		Pie chart		Pie chart		Pie chart		Pie chart		Pie chart		Pie chart		Pie chart		Pie chart		Pie chart		Pie chart												
	4 unbefriedigend	Pie chart		Pie chart		Pie chart		Pie chart		Pie chart		Pie chart		Pie chart		Pie chart		Pie chart		Pie chart		Pie chart		Pie chart		Pie chart		Pie chart		Pie chart		Pie chart		Pie chart												
	5 schlecht	Pie chart		Pie chart		Pie chart		Pie chart		Pie chart		Pie chart		Pie chart		Pie chart		Pie chart		Pie chart		Pie chart		Pie chart		Pie chart		Pie chart		Pie chart		Pie chart		Pie chart												

gemeine Degradation zeigte ein heterogeneres Bild. Im Oberlauf, in der die Ruhr durchgängig als NWB ausgewiesen ist, stellte sie sich zumeist mit einer guten Bewertung dar. Im weiteren Fließverlauf der Ruhr traten allerdings zunehmend strukturelle Defizite auf. Zusammenfassend waren von den insgesamt im Zeitraum von 2015 bis 2020 untersuchten 25 Probenahmestellen 12 % mit „sehr gut“, 12 % mit „gut“, 24 % mit „mäßig“, 24 % mit „unbefriedigend“ und 28 % mit „schlecht“ zu bewerten, d. h. 76 % der Probenahmestellen erreichten noch nicht den guten oder sehr guten Zustand bzw. ein gutes ökologisches Potenzial.

mit „gut“ oder „sehr gut“ bewertet werden. Von den insgesamt im Zeitraum 2015 bis 2020 untersuchten 421 Probenahmestellen in der Ruhr und ihren Nebengewässern zeigten fast alle einen guten oder sehr guten saprobiellen Zustand. Mit Blick auf die Allgemeine Degradation wiesen 205 Probenahmestellen, entsprechend 49 % der im Zeitraum 2015 bis 2020 untersuchten Probenahmestellen im Einzugsgebiet der Ruhr, einen guten bzw. sehr guten Zustand bzw. ein gutes oder besseres Potenzial auf. Ursache für den defizitären Zustand an der Hälfte der Probenahmestellen waren vielfach die nutzungsbedingt veränderten Gewässerstrukturen.

Im Rahmen der gewässerökologischen Untersuchungen an der Ruhr und ihren Nebengewässern konnten im Jahr 2020 74 von 76 Stellen im Hinblick auf den saprobiellen Zustand

## 5 Trophische Situation in der Ruhr

### Planktonuntersuchungen

Die trophische Situation der unteren Ruhr mit ihren Flusstausen wird von den physikalisch-chemischen Gegebenheiten und biologischen Prozessen wie der planktischen Primär- und Sekundärproduktion beeinflusst. Seit etwa zwei Jahrzehnten haben sich die in der Vergangenheit klassischen Verhältnisse mit zwei Planktonblüten im Frühjahr und Spätsommer und einem durch die Zooplanktonentwicklung bedingten, dazwischenliegenden Klarwasserstadium deutlich verändert und sind nun nicht mehr in jeder Vegetationsperiode erkennbar. So hat das verstärkte Aufkommen von Makrophyten zunehmend die planktischen Algen in ihrer Bedeutung für die Trophie verdrängt. Als neue Größe gewinnen seit einigen Jahren zudem fädige Grünalgen zunehmend an Bedeutung. Auf Grund der guten Durchlichtung des Wasserkörpers bilden sie zum Teil dichte Teppiche am Gewässergrund und überwuchern die Wasserpflanzen. Aber auch das vermehrte Auftreten von algivoren Körbchenmuscheln ist für das Nahrungsnetzgefüge und die Ausprägung der Trophie in der Ruhr zunehmend von Belang und schmälert die Bedeutung des Zooplanktons als Phytoplankton-Konsument.

### Phytoplankton

Zur Bewertung der planktischen Primärproduktion (Algenwachstum) wird routinemäßig der Chlorophyll-a-Gehalt herangezogen. Ergänzt werden diese Ergebnisse durch qualitative und quantitative Bestimmungen des Phytoplanktons (Primärproduzenten) und des Zooplanktons (v. a. Primärkonsumenten). In den folgenden Abschnitten werden die Untersuchungsergebnisse aus dem Jahr 2020 gemeinsam mit den langjährigen Untersuchungen unter Berücksichtigung abiotischer (Globalstrahlung, Wassertemperatur und Abfluss) und biotischer Faktoren (algenkonsumierende Zooplankter bzw.

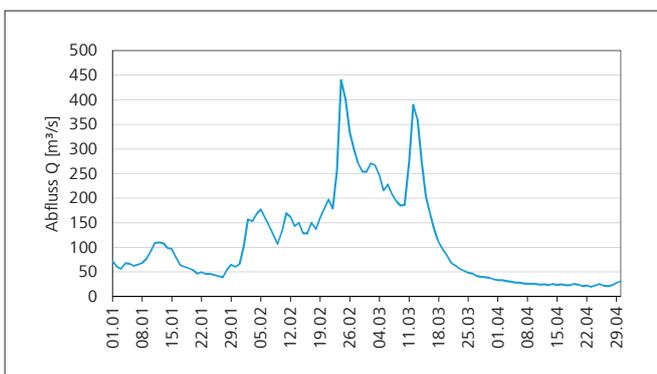


Bild 5.1: Abflussganglinie der Ruhr am Pegel Hattingen in den Monaten Januar bis Ende April 2020 (Tagesmittelwerte)

Fig. 5.1: Runoff hydrograph at the Hattingen gauging station from January to the end of April 2020 (daily means)

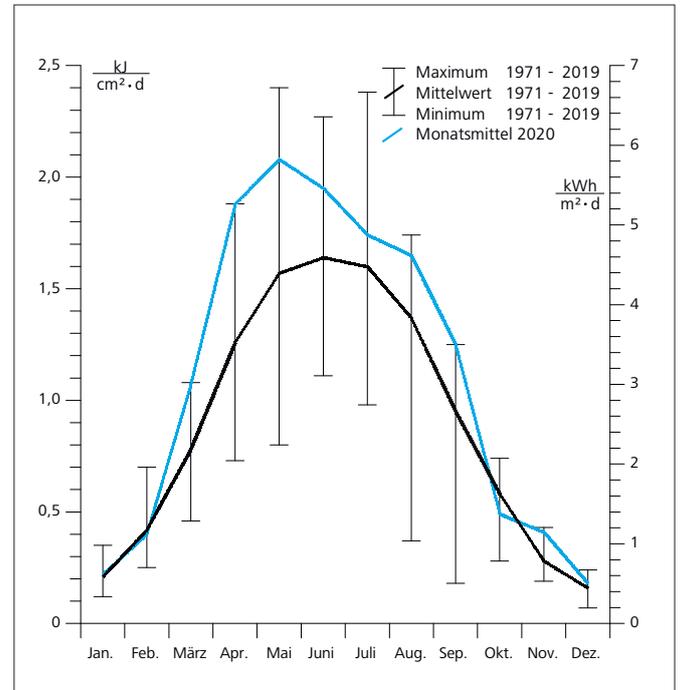


Bild 5.2: Monatsummen der Globalstrahlung bei Essen im Jahr 2020 und Spannweite der Mittelwerte der Jahre 1971 bis 2019

Fig. 5.2: Monthly means of global radiation at Essen 2020 and spectrum of mean values from 1971 to 2019

Muscheln sowie Makrophyten) dargestellt und erläutert. Seit dem Jahr 2019 wird die zeitgleiche Beprobung des Phytoplanktons im Zu- und Auslauf des Baldeneysees durchgeführt, um die Produktion des Stausees unter den sich ändernden klimatischen Bedingungen und unter dem Einfluss einer fortschreitenden Invasion von Neobiota beschreiben zu können. Das Jahr 2020 war wie das Vorjahr gekennzeichnet durch außergewöhnlich hohe Temperaturen und geringe sommerliche Niederschläge. Bis auf Mai 2020 fielen alle Monate zu warm aus. In der Jahressumme wurden für Essen durch den Deutschen Wetterdienst 757 mm Niederschlag registriert, was 81 % des langjährigen Mittels entspricht [5.1]. Den durchweg niederschlagsarmen Frühlings- und Sommermonaten gingen im Laufe des Februars zwei Sturmtiefs voraus, die zu überdurchschnittlichen Regenmengen und zu einem langgezogenen Abflussereignis mit zwei Spitzen größer 350 m³/s am Pegel Hattingen bis etwa Mitte März führten (Bild 5.1). Der März überschritt mit 70,8 mm Niederschlag nur gering das langjährige Mittel. Alle folgenden Monate blieben weit hinter ihren Mittelwerten zurück. Herauszuheben ist der Mai, der mit nur 14,4 mm Niederschlag der trockenste Monat des Jahres war. Bezüglich der Lufttemperaturen war besonders der sehr heiße August ungewöhnlich. Dieser Monat war um 3,2° C

[5.1] Deutscher Wetterdienst (DWD): Deutschlandwetter im Jahr 2020; [www.dwd.de/presse](http://www.dwd.de/presse) (abgerufen am 23.02.2021)

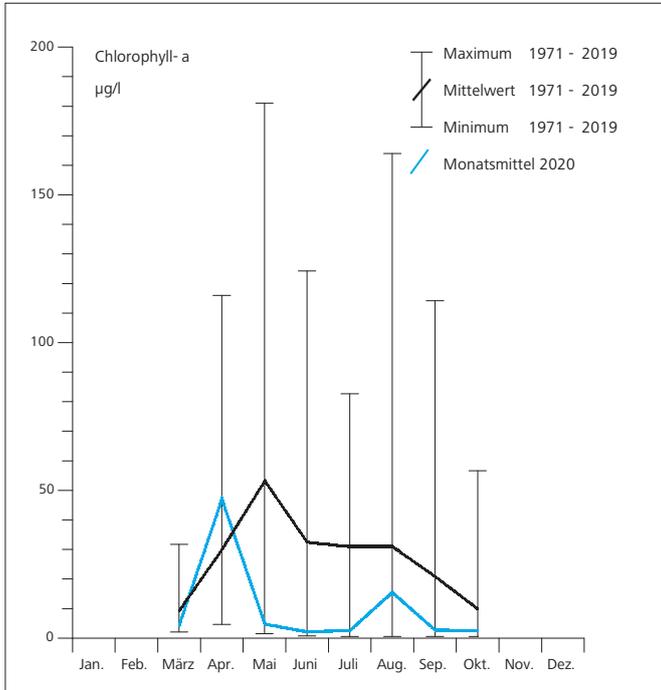


Bild 5.3: Monatsmittelwerte des Chlorophyll-a-Gehalts in der Ruhr bei Essen-Rellinghausen im Jahr 2020 und Spannweite der Mittelwerte der Jahre 1971 bis 2019

Fig. 5.3: Monthly means of the chlorophyll-a concentration in the Ruhr at Essen-Rellinghausen 2020 and spectrum of mean values from 1971 to 2019

wärmer als die Durchschnittstemperatur des Vergleichszeitraums 1981 bis 2010. Das Jahr 2020 war nach dem Jahr 2018 das zweitwärmste seit Messbeginn im Jahr 1881.

Aufgrund dieser klimatischen Bedingungen wurde im Berichtsjahr in den Sommermonaten auch eine überdurchschnittlich hohe Globalstrahlung gemessen (Bild 5.2). Im Jahresmittel ist sie mit  $1,11 \text{ kJ} / (\text{cm}^2 \cdot \text{d})$  um 23 % höher als im langjährigen Mittel der letzten 49 Jahre ( $0,90 \text{ kJ} / (\text{cm}^2 \cdot \text{d})$ ). Bereits im März lag die Globalstrahlung mit  $1,07 \text{ kJ} / (\text{cm}^2 \cdot \text{d})$  über dem langjährigen Mittelwert. Auch der April zeigte mit  $1,88 \text{ kJ} / (\text{cm}^2 \cdot \text{d})$  den bisherigen Mittelwert und lag damit sogar 49 % über dem langjährigen Mittel. Über die gesamte Vegetationsperiode hinweg, von März bis September, wurden in allen Monaten die langjährigen Mittelwerte der Globalstrahlung überschritten. Nur im Oktober unterschreitet der Wert mit  $0,49 \text{ kJ} / (\text{cm}^2 \cdot \text{d})$  den langjährigen Mittelwert von  $0,58 \text{ kJ} / (\text{cm}^2 \cdot \text{d})$ .

Die zwei Hochwasserwellen und der lang andauernde erhöhte Abfluss zu Beginn des Jahres verhinderte die Bildung eines frühen Frühjahrsplanktons, da die Phytoplanktonzellen durch den erhöhten Abfluss ausgespült wurden und sich hierdurch zudem die Aufenthaltsdauer in den Flusstauseen reduzierte. Die Verweilzeiten waren somit zu kurz, um die Planktonverluste durch Ausschwemmung über Reproduktion kompensieren zu können. Diese Situation ähnelt sehr stark der Hochwasserlage

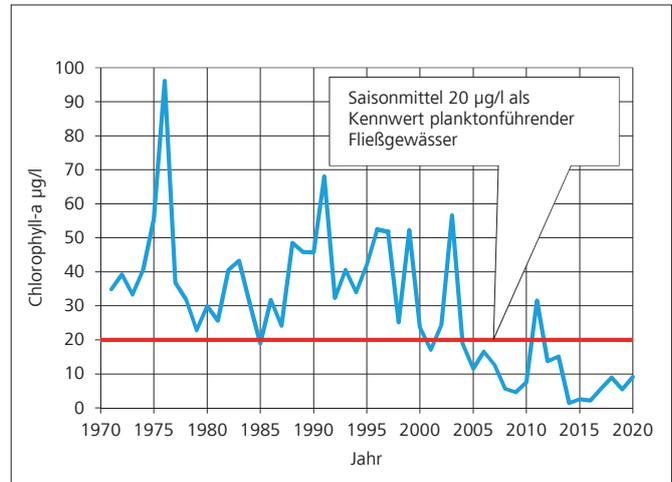


Bild 5.4: Jahresmittelwerte des Chlorophyll-a-Gehalts in der Ruhr bei Essen Rellinghausen in der Vegetationsperiode April bis Oktober der Jahre 1971 bis 2020

Fig. 5.4: Annual means of the chlorophyll-a concentration in the Ruhr at Essen-Rellinghausen during vegetation period (April to October), 1971 to 2020

im Frühjahr des Vorjahres, in der sich ebenfalls erst in der letzten Februarwoche der Pegel bei Hattingen auf einen Normalwert von unter  $50 \text{ m}^3/\text{s}$  einpendelte. Der Mittelwert der Chlorophyll-a-Konzentration lag im März mit  $4,2 \text{ µg/l}$  am Einlauf des Baldeneysees nahe dem langjährigen Minimum von  $2,1 \text{ µg/l}$  (Bild 5.3). Nach Rückgang des erhöhten Abflusses waren im April die klimatischen Bedingungen mit warmen Temperaturen und hoher Strahlungsintensität günstig für die Phytoplanktonentwicklung. In diesem Monat wurde der in diesem Jahr höchste Tageswert mit einem Chlorophyll-a-Gehalt von  $74 \text{ µg/l}$  gemessen, mehr als das Vierfache des gleichen Zeitraums (April) im Vorjahr. Das Biovolumen des Phytoplanktons betrug in diesem Zeitraum  $5,2 \text{ mm}^3/\text{l}$ . Es bestand zu 80 % aus kleinen zentralen Diatomeen und Kieselalgen, die typisch sind für die Planktonentwicklung im Frühjahr. Diese boten für das schnell wachsende kleine Zooplankton, welches überwiegend aus Rotorarien bestand, eine gute Nahrungsquelle. Bereits im Folgemonat Mai ging daraufhin die Chlorophyll-a-Konzentration auf im Mittel  $4 \text{ µg/l}$  zurück. Ab Juni war die Ruhr in Essen-Rellinghausen mit einer Chlorophyll-a-Konzentration unter  $2 \text{ µg/l}$  praktisch ohne Phytoplankton-Gemeinschaft. Im Sommer kam es in diesem Jahr erstmalig seit 15 Jahren zu einer zweiten Phytoplanktonblüte im August mit einem maximalen Chlorophyllwert von  $58 \text{ µg/l}$ . Dieser wurde jedoch innerhalb von 10 Tagen auf  $3 \text{ µg/l}$  reduziert. Die Reduzierung war maßgeblich verursacht durch das intensive „Grazing“ von Blattfuß- und Ruderfußkrebse und die Filtrationsleistung der Asiatischen Korbchenmuscheln. Dieser Verlauf gleicht der Phytoplanktonentwicklung im See vor der Ausbreitung von Elodea vor etwa 20 Jahren und der starken Entwicklung der Asiatischen Korbchenmuschel in der Ruhr. Allerdings sind die Chlorophyllwerte beider Planktonblüten im Jahr 2020 nur etwa halb so hoch wie vor etwa 20 Jahren (Bild 5.4). Die Konkurrenz des Phyto-

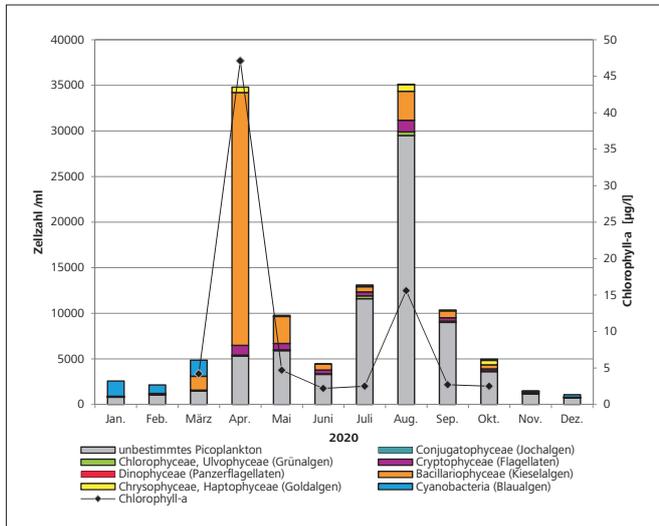


Bild 5.5: Jahreszeitliche Sukzession der Planktonalgen in der Ruhr bei Essen-Rellinghausen im Jahr 2020  
 Fig. 5.5: Seasonal succession of phytoplankton in the Ruhr River at Essen-Rellinghausen 2020

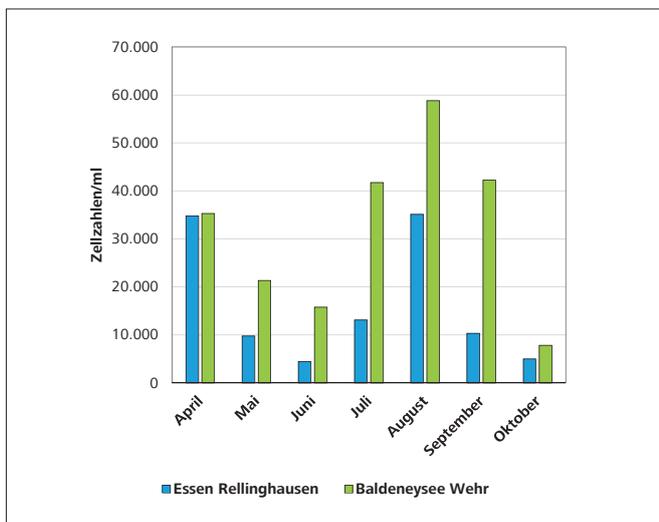


Bild 5.6: Jahreszeitliche Sukzession der Zelldichten des Phytoplanktons in Zulauf (Ruhr in Essen Rellinghausen) und am Ende des Baldeneysees vor dem Wehr in der Vegetationsperiode 2020.  
 Fig. 5.6: Seasonal succession of cell density of phytoplankton at the inflow (Ruhr at Essen-Rellinghausen) and the end of Lake Baldeney in front of the weir during the vegetation period 2020

planktons mit Elodea um die Nährstoffe und der gleichzeitige Fraßdruck des Zooplanktons und der Körbchenmuschel auf das Phytoplankton verhindern höhere Chlorophyllkonzentrationen.

Die im Vergleich zum Vorjahr stärkere Algenentwicklung in der Ruhr bei Essen-Rellinghausen findet sich auch in der Darstellung der jahreszeitlichen Sukzession der Planktonalgen wieder (Bild 5.5). Die Abbildung beruht auf der mikroskopischen Zählung der Algenarten. Hierzu wurden aus den dreimal wöchent-

lich in Essen-Rellinghausen entnommenen Proben Monatsmischproben hergestellt und ausgezählt. Nach gleicher Methode wurden Phytoplanktonproben aus dem Baldeneysee auf Höhe des Wehres untersucht. Durch den Vergleich beider Proben kann über Eintrag und Austrag von Phytoplankton unter Berücksichtigung des „Grazings“ der Zuwachs an Algenbiomasse im Baldeneysee im Verlauf der Vegetationsperiode quantifiziert werden (Bild 5.6). Im Vergleich zum Jahr 2019 (durchschnittlich ca. 23.000 Zellen/ml im Monat) lagen die Zellzahlen im Berichtszeitraum auf einem leicht höheren Niveau mit von April bis Oktober mittleren Monatswerten um 24.000 Zellen/ml. Von den in den 1990er Jahren gemessenen Größenordnungen, in denen Mittelwerte von 100.000 Zellen/ml über mehrere Monate im Jahr überschritten wurden, ist die Ruhr auch in diesem Jahr weit entfernt. Das lang andauernde Hochwasser mit zwei Hochwasserwellen im Februar und März und die noch niedrigen Temperaturen führten zu Jahresbeginn zu geringen Phytoplanktondichten und Chlorophyllgehalten in Essen-Rellinghausen, dem Zulaufbereich des Baldeneysees. Erst mit Rückgang des Abflusses und günstigen klimatischen Bedingungen für das Algenwachstum (erhöhte Wassertemperatur, geringer Abfluss, hohe Globalstrahlung) bildeten sich in den Monaten April und Mai höhere Algendichten mit 35.000 bzw. 10.000 Zellen/ml. Dominiert wurde diese Algenblüte zunächst von Diatomeen (Kieselalgen). Diese Planktongruppe wurde in den Monaten April und Mai vor allem durch sehr kleine radiäre Formen zwischen 5 und 15 µm aus der stillwassertypischen Gruppe der Centrales bestimmt. Ursache für den nachfolgenden Rückgang der Zellzahlen im Juni ist der Fraß durch das Zooplankton und durch die bei den erhöhten Wassertemperaturen besonders aktiven Körbchenmuscheln der Gattung *Corbicula*, die in den letzten Jahren hauptsächlich zwischen den beiden Stauseen Kemnader See und Baldeneysee siedelten. Sie sind in der Lage, die in den Baldeneysee eingetragene Planktondichte auf dieser Fließstrecke drastisch zu reduzieren. Mit ihrer Nahrungspräferenz für Partikel kleiner 15 µm [5.2] finden sie gerade in den kleinzelligen Diatomeen und im Pikoplankton ein optimales Nahrungsangebot.

Anders als in den letzten Jahren blieben die Zellzahlen des Phytoplanktons aber nicht auf diesem niedrigen Niveau. Die Chlorophyllwerte stiegen Mitte August am Einlauf des Baldeneysees noch einmal auf Tageswerte bis 58 µg/l (15 µg/l im Monatsmittel) und Zellzahlen von über 35.000 Zellen/ml (Bild 5.5). Die Rolle des Baldeneysees für eine vermehrte Planktonentwicklung mit Zunahme von Biovolumen und Zellzahlen zeigt Bild 5.6. Dargestellt sind die Zellzahlen pro Milliliter im Jahresverlauf, die in Essen-Rellinghausen dem Baldeneysee zufließen und diesen am Wehr wieder verlassen. Während im April die Vermehrung des eingetragenen Planktons innerhalb des Sees noch gering war, führte die hohe Globalstrahlung ab Mai mit stark ansteigenden Temperaturen dazu, dass sich das

[5.2] Ruhrverband: Vorkommen und Bedeutung der neozooischen Körbchenmuschel *Corbicula* in der Ruhr. – Ruhrgütebericht 2016. S. 99-104.

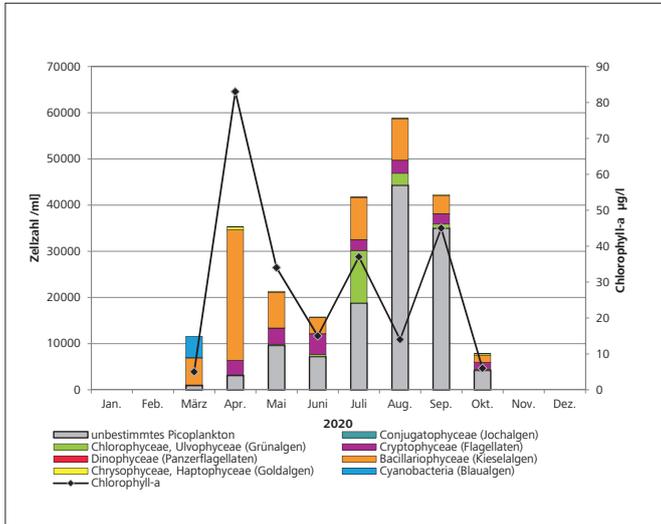


Bild 5.7: Jahreszeitliche Sukzession der Planktonalgen im Baldeneysee vor dem Wehr im Jahr 2020

Fig. 5.7: Seasonal succession of plankton algae in Lake Baldeney in front of the weir during the year 2020

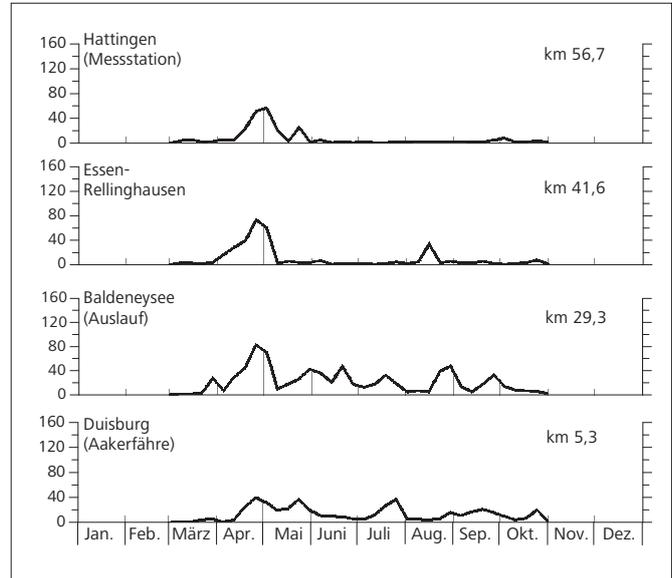


Bild 5.8: Algenentwicklung (als Chlorophyll-a-Gehalt) an verschiedenen Stellen der Ruhr im Verlauf des Jahres 2020

Fig. 5.8: Development of phytoplankton (as chlorophyll-a concentration) determined in various cross-sections of the Ruhr River in 2020

Phytoplankton im Baldeneysee zwischen Mai und September jeweils mehr als verdoppelte. Der Rückgang der Zellzahlen im Baldeneysee im Mai und Juni bei weiterhin für das Phytoplankton günstigen Bedingungen ist auf die Entstehung hoher Zooplanktendichten, hier vor allem von Rotatorien (Rädertieren), zurückzuführen. Diese sind in der Lage, im Frühjahr bei guten Bedingungen aus Latenzkeimern am Grund des Sees zu schlüpfen, sich ungeschlechtlich über Parthenogenese („Jungferzeugung“) schnell zu vermehren und das reiche Nahrungsangebot zügig zu nutzen. Die Körbchenmuscheln als weitere relevante Phytoplanktonfresser sind dagegen mit ihren langen Generationszyklen nicht in der Lage, so kurzfristig auf das veränderte Nahrungsangebot zu reagieren. Sie entnahmen daher im Berichtsjahr wahrscheinlich eine weitgehend gleichbleibende Menge an Phytoplankton, welche maßgeblich nur durch die Temperatur beeinflusst wurde.

Analog zu Bild 5.5 ist in Bild 5.7 die taxonomische Zusammensetzung des Phytoplanktons am Wehr, d. h. am Auslass des Baldeneysees, dargestellt. Der im April im Vergleich zum Jahr 2019 mehr als doppelt so hohe Eintrag an Phytoplankton von insgesamt etwa 35.000 Zellen/ml in den See (Messstation Essen Rellinghausen) bestand in erster Linie aus Diatomeen, während die hohen Zellzahlen der zweiten Planktonblüte des Jahres im Hochsommer sich vornehmlich aus dem sehr kleinen unbestimmten Picoplankton zusammensetzten. Die Diatomeen waren konstant in der Phytoplanktongemeinschaft am Wehr des Baldeneysees enthalten, standen aber ab Mai nicht mehr im Vordergrund. Im Juli nahmen kurzzeitig die Chlorophyceen (Grünalgen) als typisches Sommerplankton, das warme Temperaturen zum Wachstum benötigt, zu. Die frei

beweglichen Flagellaten (Cryptophyceen) hatten die gesamte Vegetationsperiode über mit gleichbleibend niedrigen Zellzahlen zwischen 2.000 und 4.000 Zellen/ml Anteil an der Population.

Von Dezember 2019 bis März 2020 wurden geringe Mengen der Gattung *Planktothrix* in den See eingetragen. Diese zu den Cyanobakterien (Blaualgen) gehörende Gattung (Bild 5.5) ist in beinahe jedem Winter in geringen Zellzahlen in der Planktonpopulation des Baldeneysees zu beobachten. Im März 2020 nahmen ihre Zellzahlen im See kurzzeitig auf fast 5.000 Zellen/ml zu. Das sind etwa ein Drittel mehr als 2019. Schon im April ist die Gattung aber nicht mehr nachweisbar. Andere Cyanobakterien spielten im Berichtsjahr keine bedeutsame Rolle.

Der Eintrag des sogenannten Sommerphytoplanktons mit Vertretern der Crypto- und Chrysophyceen (Flagellaten und Goldalgen) sowie der Chlorophyceen in den Baldeneysee ab Mai war im Vergleich zum Jahr 2019 etwa doppelt so hoch. Zwischen Juni und September 2020 umfassten diese drei Gruppen zusammen zwischen 7 % und 11 % des Phytoplanktons. Im Baldeneysee stellte das Sommerphytoplankton, welches von den Chlorophyceen dominiert wurde, im Juli sogar 33 % der Zellen des gesamten Phytoplanktons im Jahr 2020. Liegt der Bezug nicht auf der Zellzahl, sondern auf dem Biovolumen, wodurch größere Zellen eine höhere Bedeutung bekommen, liegen die drei Gruppen des Sommerplanktons im Baldeneysee von Mai bis Juli 2020 in Summe sogar bei Volumenanteilen von etwa 70 %.

Damit entspricht das Phytoplankton mit seinen dominierenden Gruppen der Zusammensetzung, wie sie typischerweise für das Plankton natürlicher Stillgewässer beschrieben wird. Hinweise auf Effekte der ungewöhnlichen klimatischen Bedingungen mit hoher Globalstrahlung, untypisch hohen Luft- und Wassertemperaturen und fehlenden Niederschlägen sind anhand der Untersuchungsergebnisse auf Basis der Algengruppen nicht erkennbar. Erst bei Analyse des Artenspektrums der nachgewiesenen Phytoplanktonarten war ein möglicher Effekt der ungewöhnlich warmen und niederschlagsarmen Sommer der letzten drei Jahre ersichtlich, denn die im Jahr 2018 erstmals nachgewiesene Diatomeenart *Bacillaria paxillifer*, die als wärmeliebend gilt [5.3], war sowohl in Essen Rellinghausen als auch im Baldeneysee mehrfach in der Vegetationsperiode in geringen, aber etwa gleichbleibenden Dichten anzutreffen.

Zu den abiotischen Einflussgrößen für die Intensität von Algenentwicklungen zählt neben dem Nährstoffangebot, der Strahlungsintensität und der Temperatur auch die für das Wachstum und die Vermehrung zur Verfügung stehende Zeit. Diese wird durch das Abflussgeschehen bzw. die Aufenthaltszeit des Wassers in der Ruhr maßgeblich bestimmt. In der mittleren und unteren Ruhr von Echthausen bis zur Mündung in den Rhein beträgt die Fließzeit des Wassers bei Trockenwetter etwa 20 Tage. Die räumliche und zeitliche Entwicklung des Algenvorkommens auf der Fließstrecke von Hattingen bis Duisburg ist für die in der Vegetationsperiode gemessenen Chlorophyll-a-Gehalte in Bild 5.8 dargestellt. Oberhalb der Messstation Hattingen sind die Chlorophyllwerte schon seit vielen Jahren durchweg gering. Abweichend von den letzten Jahren zeigte sich an den beiden Messstellen oberhalb des Baldeneysees nicht nur im Frühjahr eine nennenswerte Primärproduktion mit planktischen Algen, sondern bei Essen-Rellinghausen, dem Einlauf des Baldeneysees, auch im August. Die aus dem Kemnader See im Jahr 2020 ausgeschwemmte Frühjahrsalgenblüte lag mit maximal 74 µg/l auf einem etwas höheren Niveau als im Vorjahr, in dem Werte von 60 µg/l nicht überschritten wurden. Ungewöhnlich ist der zweite Chlorophyllertrag von im Maximum 34 µg/l als Wochenmittel (33. KW) Mitte August in den Baldeneysee nach mehreren Monaten ohne nennenswerte Chlorophyllentwicklung. Im See selbst erhöht sich dieser Wert im Laufe von zwei Wochen um noch einmal 40 % auf 48 µg/l in der letzten Augustwoche.

Die beiden Messstationen unterhalb des Einlaufs des Baldeneysees zeigen zwar auch vergleichbar zu den beiden oberhalb liegenden Messstationen ein erkennbares Frühjahrsmaximum der Chlorophyll-a-Gehalte, jedoch gingen die Konzentrationen ab Mai nicht so deutlich zurück wie oberhalb des Baldeneysees. Daher hebt sich die zweite Phytoplanktonblüte im Baldeneysee im August auch weniger deutlich von den restlichen Wochenwerten ab.

Chlorophyll-a-Gehalte zwischen 30 und 40 µg/l konnten an der Station in Essen Werden unterhalb des Baldeneysees bis Ende September gemessen werden. An der Messstation Duisburg bewegte sich die Chlorophyll-a-Konzentration im Be-

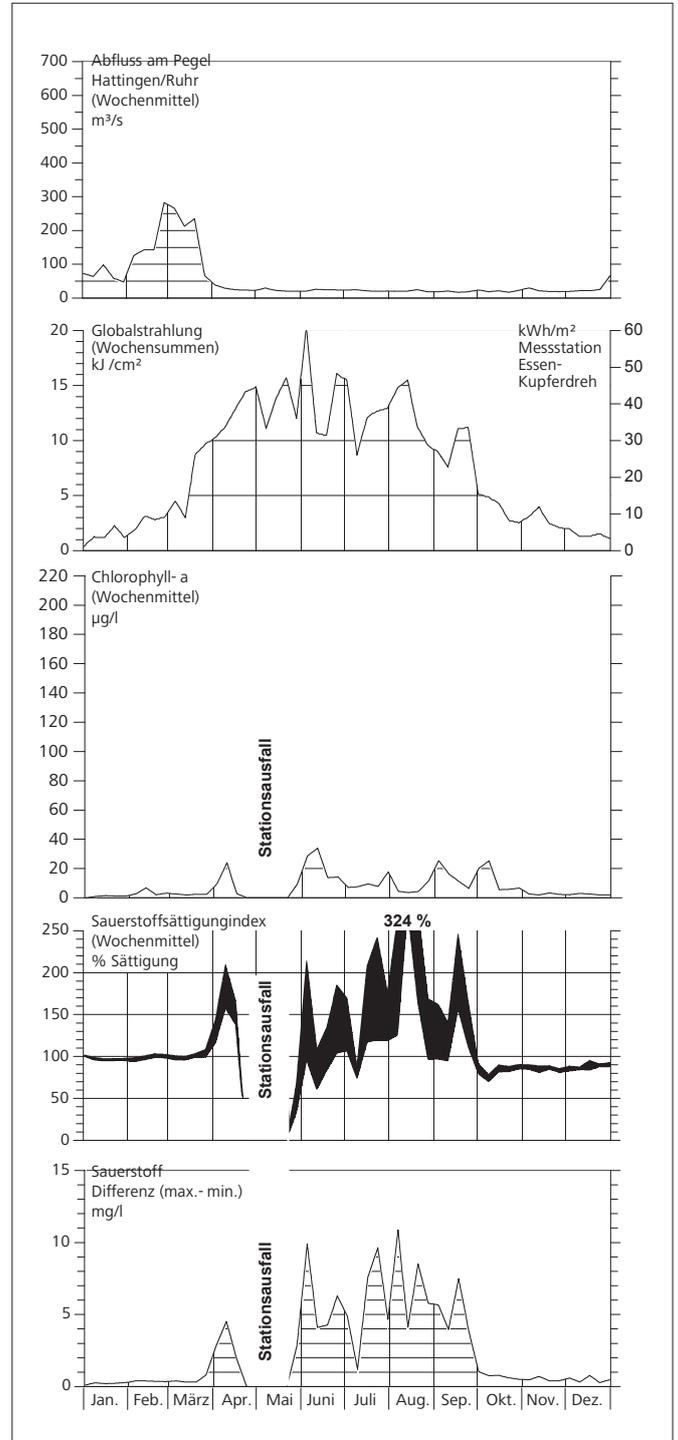


Bild 5.9: Einfluss der Wasserführung und der Globalstrahlung auf die Algenentwicklung im Baldeneysee und deren Auswirkung auf den Sauerstoffgehalt im Jahr 2020

Fig. 5.9: Influence of river flow and total radiation on phytoplankton growth in Lake Baldeney and the resulting impact on the oxygen balance in 2020

[5.3] Lange-Bertalot, H.: Diatomeen im Süßwasser-Benthos von Mitteleuropa, 2. korrigierte Auflage 2013, Koeltz Scientific Books, Königstein.

richtsjahr in der Regel zwischen 5 und 40 µg/l, ohne dass die Schwankungen direkt kausal erklärbar sind. Insgesamt lagen die zwischen Hattingen und Duisburg wöchentlich gemessenen Chlorophyll-a-Gehalte im Berichtsjahr im Vergleich zum Jahr 2019 wieder auf einem ähnlichen Niveau.

Die deutlichen Unterschiede in den Chlorophyll-a-Gehalten an den Messstationen ober- und unterhalb des Baldeneysees sind bei günstigen abiotischen Bedingungen für die Entwicklung von Phytoplankton (hohe Globalstrahlung, warme Temperaturen und keine Niederschläge) vor allem durch die unterschiedlichen Aufenthaltszeiten des Wassers in den einzelnen Stauseen und durch deren unterschiedliche Morphologie erklärbar. In den drei oberen Ruhrstauseen sind die Aufenthaltszeiten verglichen mit dem Baldeneysee relativ gering, so dass hier dem Austrag von Phytoplankton eine größere Rolle zukommt als dessen Neubildung. Ein weiterer Faktor, der die Biomasseproduktion der Ruhr in dem dargestellten Bereich reduziert, ist wie oben bereits beschrieben das Vorkommen der Körbchenmuschel *Corbicula*. In dem deutlich größeren und tieferen Baldeneysee haben die benthisch, d. h. am Gewässergrund lebenden Muscheln dagegen keine Möglichkeit, das Phytoplankton so effektiv wie in den flacheren Gewässerabschnitten oberhalb des Sees zu reduzieren. Daher kommt im Baldeneysee dem Zooplankton eine größere Bedeutung bei der Phytoplanktonreduktion zu als oberhalb. Da die Dichte des Zooplanktons aber in starkem Maß von Nahrungsangebot und Räuberdruck abhängig ist, sind die unregelmäßigen Schwankungen im Chlorophyll-a-Gehalt im und unterhalb des Baldeneysees sehr wahrscheinlich durch die trophischen kurzen Nahrungsnetz-Interaktionen bedingt.

In der Ruhr, einem auf den letzten 80 km mehrfach gestauten Gewässer, sind biologische Prozesse wie Photosynthese, Atmung und Biomasseaufbau bzw. -abbau eng mit abiotischen Gegebenheiten wie Abfluss, Strahlung und physikalisch-chemischen Verhältnissen verknüpft. Einige dieser Faktoren und ihre Auswirkungen auf den Sauerstoffhaushalt zeigt Bild 5.9 am Beispiel des Baldeneysees. Für die Wasserführung und den Chlorophyll-a-Gehalt, der aus der kontinuierlich gemessenen In-vivo-Fluoreszenz errechnet wurde, werden hier die aus Tageseinzelwerten der Überwachungsstation am Wehr des Baldeneysees berechneten Wochenmittel und für den Sauerstoffgehalt die Wochenmittelwerte der Tagesminima und -maxima des Sättigungsindex herangezogen. Die Globalstrahlung ist als Wochensumme dargestellt.

Das Bild 5.9 belegt, welche Bedeutung die Abflussdynamik für die Intensität der Primärproduktion hat. Durch die sechs Wochen andauernde Hochwasserphase zu Beginn des Jahres 2020 mit ihrer ausschwemmenden Wirkung und durch die Verkürzung der Aufenthaltszeiten des Wassers konnten sich erst bei Rückgang des Abflusses auf unter 50 m<sup>3</sup>/s nennenswerte Mengen an Phytoplankton bilden. Durch den Ausfall der Überwachungsstation Essen-Werden ist die erste Phytoplanktonblüte im April/ Mai des Jahres 2020 in dieser Graphik nicht dargestellt. Bild 5.8 zeigt aber diese Phytoplanktonblüte am

Auslauf des Baldeneysee. Die Chlorophyllkonzentration steigt in diesem Zeitraum einmalig auf ein Jahresmaximum von über 80 µg/l. Erkennbar ist auch, dass die Schwankungen in der Primärproduktion nicht nur durch Änderungen im Abflussschehen oder Schwankungen in der Globalstrahlung verursacht sein können. Vielmehr ist hier die Produktion von Phytoplanktonbiomasse im Wechselspiel mit dem „Grazing“ durch das Zooplankton für den Verlauf der Kurve des Chlorophyll-a-Gehalts ursächlich. Da diese Nahrungsnetzinteraktionen aber auf sehr niedrigem Niveau stattfinden, sind die Auswirkungen schneller, aber auch weniger langanhaltend. Erstmals seit den 1990er Jahren bildete sich im Baldeneysee die klassische Abfolge von zwei Phytoplanktonblüten im Frühjahr und Hochsommer aus, die jeweils durch den Fraßdruck des Zooplanktons reduziert wurden.

Die kurzzeitigen Phytoplankton-Maxima bedingen hauptsächlich die ausgeprägten Tag-Nacht- Wechsel von sauerstoffproduzierenden Photosyntheseprozessen und sauerstoffzehrenden Dissimilationsvorgängen (Atmung). Eine für Fische kritische Sauerstoffuntersättigung von unter 40 % trat zu keinem Zeitpunkt auf. Die maximale Amplitude zwischen den Sauerstoffminima und -maxima, bedingt durch den Tag- und Nachtrhythmus von Photosynthese und Atmung, entwickelte sich Anfang Juni in einer Periode von Tagestemperaturen bis über 28 °C. Am 02. Juni 2020 lag der Höchstwert der Tagesdifferenz bei 19,8 mg/l. Gleichzeitig wurde an diesem Tag kurzzeitig eine der höchsten Jahreswerte der Sauerstoffübersättigung mit 324 % gemessen. Obwohl auch eine solche hohe Sauerstoffübersättigung für Fische Stress bedeutet und bei empfindlichen Fischarten zur Gasblasenkrankheit führen kann, kam es im Baldeneysee nicht zu Ausfällen bei den Fischen, auch wenn an einigen wenigen Tagen nachts Sauerstoffminima von etwa 6 mg/l gemessen wurden.

## Zooplankton

Bis zum Jahr 2004 hatten das Vorkommen und die Fraßaktivität („Grazing“) des Zooplanktons neben Nährstoffsituation, Abfluss und Strahlung einen wesentlichen Einfluss auf die zeitliche Abfolge und das Ausmaß der Phytoplanktonentwicklung im Baldeneysee. Umgekehrt muss algenfressendes Zooplankton ausreichend Phytoplankton als Futter zur Verfügung haben, um eine Population entwickeln zu können. Bild 5.10 zeigt deutlich den Rückgang der Zooplanktondichten im Baldeneysee seit dem Jahr 2004, so dass außer im Jahr 2011 das Biovolumen immer unter 1,0 mm<sup>3</sup>/l lag. Diese im Vergleich zu der Zeit vor den 1990er Jahren geringe planktische Aktivität des Baldeneysees ist der Grund dafür, dass es zu Zeiten des Absterbens und bakteriellen Abbaus des Planktons nicht mehr zu kritischen Sauerstoffminima im Baldeneysee und der Ruhr unterhalb des Sees kommt, die früher zeitweise ein Belüften durch Überfall des Wassers über die Wehrkante notwendig machten.

Bei der Betrachtung der taxonomischen Zusammensetzung des Zooplanktons im Verlauf des Jahres 2020 (Bild 5.11) sind

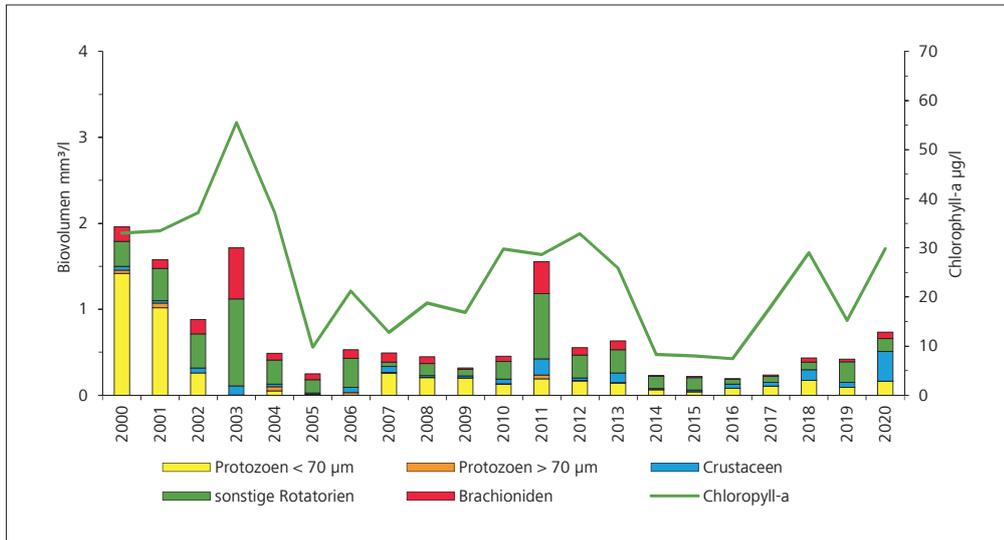


Bild 5.10: Zooplankton und Chlorophyll-a im Baldeneysee (Saisonmittel März bis Oktober)  
 Fig. 5.10: Zooplankton and chlorophyll-a in Lake Baldeney (seasonal means March to October)

im Vergleich zu den letzten Jahren wieder in höherem Maße trophische Interaktionen zwischen Phyto- und Zooplankton erkennbar, auch wenn diese auf einem immer noch reduzierten Intensitätsniveau liegen und schneller als vor 20 Jahren ablaufen. Im Berichtsjahr 2020 folgten hohe Zooplanktondichten jeweils auf die Phytoplanktonblüten im Frühling und im Hochsommer. Im Frühling dominierten verschiedene Rotatorienarten, in erster Linie *Brachionus* und *Synchaeta*, und ab Anfang Mai dann auch die Gattung *Asplanchna*. Dieses ist ein räuberisch lebendes Rädertier, das sich von kleineren Rota-

torien und Ciliaten (Protozoen < 70 µm), die in dieser Zeit auch in größeren Dichten im See vorkamen, ernährt. Durch das „Grazing“ der Rotatorien, die ein Biovolumen von 0,31 mm<sup>3</sup>/l erreichten, und den sich im Laufe des Mai verringernden Phytoplanktoneintrag in den See reduzierte sich die Chlorophyllkonzentration am Wehr von 83 µg/l am 20. April auf 15 µg/l am 15. Juni. Damit wurden die Rotatorien selbst nahrungslimitiert und gingen in ihren Dichten von 0,4 mm<sup>3</sup>/l auf 0,06 mm<sup>3</sup>/l zurück. Mit Auftreten des Sommerplanktons im Juli und August, hier vor allem Grünalgen und unbestimmbar kleines Picoplankton, nahmen in Folge auch Crustaceen, v.a. Cladoceren (Wasserflöhe), von 0,11 mm<sup>3</sup>/l im Juni auf 1,63 mm<sup>3</sup>/l im August zu. Im September gingen sie allerdings durch Nahrungslimitierung, aber wahrscheinlich auch durch Prädation durch Fische wieder in ihren Abundanzen zurück. Auch die Rotatorien, bestehend aus denselben Gattungen wie bereits im Frühjahr, erreichten im August mit 0,51 mm<sup>3</sup>/l ein größeres Biovolumen als im Frühjahr. Sie spielten aber dennoch in der Zooplanktonpopulation zu dieser Zeit nur eine untergeordnete Rolle. Den Hauptanteil des Zooplanktons machten im August erstmalig die Crustaceen (Cladoceren und Copepoden) aus. Auch in diesem Jahr handelte es sich bei den Sommerplankton-fressenden Cladoceren in großen Anteilen um *Ceriodaphnia reticulata* und *Diaphanosoma brachyurum* (Bild 5.12). Beide Arten weisen eine Nahrungspräferenz für eher kleinzellige Grünalgen auf. Das Vorkommen beider Arten kann auf Grund ihrer Temperaturpräferenzen zudem als ein Hinweis auf die Auswirkungen der heißen Sommer der letzten drei Jahre interpretiert werden [5.4]. *Ceriodaphnia reticulata* gilt als thermophile Form mit einem Temperaturoptimum bei

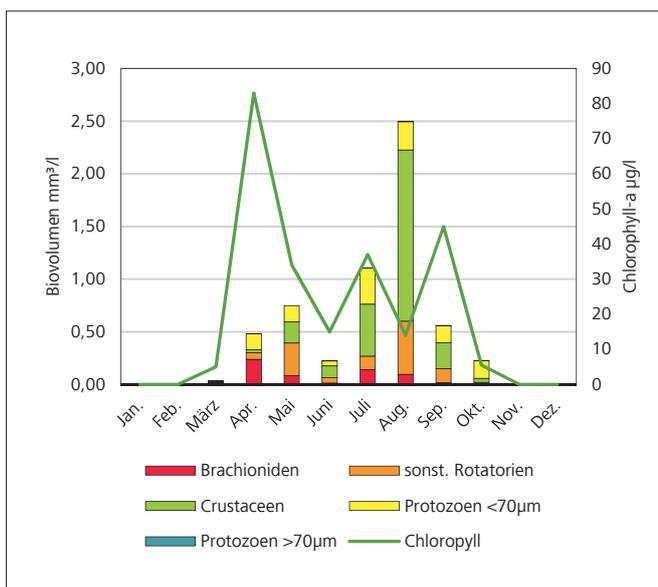


Bild 5.11: Jahreszeitliche Sukzession des Zooplanktons der Ruhr bei Essen-Werden im Jahr 2020  
 Fig. 5.11: Seasonal succession of zooplankton in the Ruhr at Essen-Werden in 2020

[5.4] Flößner, D.: Die Haplozoa und Cladocera Mitteleuropas, 2000, Backhuys Publishers.



Bild 5.12: Mikroskopische Aufnahme von *Diaphanosoma brachyurum*  
 Fig. 5.12: Microscopic picture of *Diaphanosoma brachyurum*

19 bis 22 °C. Diese Art kommt erst seit dem Jahr 2015 im Baldeneysee vor und wies in den letzten Jahren eine mittlere Dichte von ca. 7.800 Individuen/m<sup>3</sup> auf. Im Jahr 2020 betrug ihre Dichte fast 45.000 Individuen/m<sup>3</sup>. Auch *Diaphanosoma brachyurum* hat in den letzten beiden Jahren deutlich zugenommen. Im Jahr 2020 betrug ihre Dichte 118.000 Individuen/m<sup>3</sup>, das Fünffache des Vorjahreswertes und etwa das Vierfache des Mittelwerts der letzten zehn Jahre. Diese Art bevorzugt klares, nicht zu tiefes Wasser und verschwindet bei starker Eutrophierung und Trübung [5.4]. Den größten Anteil an der Cladocerenpopulation im Hochsommer 2020 hatte mit über 200.000 Individuen/m<sup>3</sup> jedoch *Bosmina longirostris*, eine in der Region weit verbreitete Cladocere. Diese immens hohen Dichten hatte diese Art, die schon seit vielen Jahren im Baldeneysee vertreten ist, zuletzt im Jahr 2011 erreicht. Auch sie hat eine Nahrungspräferenz für Picoplankton und kleine Algen von 1,5 µm bis etwa 40 µm [5.5].

Auch die Copepoden (Hüpfertlinge), die gemeinsam mit den Cladoceren die Crustaceen-Gemeinschaft im Baldeneysee ausmachen, sind in ihrer Dichte mit in der Summe über 300.000 Individuen/m<sup>3</sup> in diesem Jahr um ein 5-faches höher als im Vorjahr. Zurückzuführen sind die hohen Zahlen der Crustaceen-Gemeinschaft sicher auf die zweite Planktonblüte im August 2020, die so in den letzten 15 Jahren im Baldeneysee nicht mehr aufgetreten ist. Aber auch im Vergleich zum Jahr

2011, in dem der Phytoplanktoneintrag in den See sogar noch höher als im Berichtsjahr gewesen ist, sind die Anteile der Crustaceen enorm gestiegen (Bild 5.10) und machen in diesem Jahr mit einem Mittelwert von 0,344 mm<sup>3</sup>/l erstmals den größten Anteil des Gesamtbiovolumens des Zooplanktons aus. Diese großen Mengen an in erster Linie planktivoren Crustaceen riefen auch immer größere Anteile an carnivoren Cladoceren (Raubwasserflöhe) auf den Plan. *Leptodora kindii* ist z.B. von im letzten Jahr 775 Individuen/m<sup>3</sup> auf 9.225 Individuen/m<sup>3</sup> gestiegen und erstmalig wurde in diesem Jahr auch *Polyphemus pediculus* mit 620 Individuen/m<sup>3</sup> nachgewiesen. Beide ernähren sich vornehmlich von den Nauplien (Jugendstadien) der Copepoden und von kleinen Bosminen [5.6]. Sie fanden somit im Hochsommer 2020 ideale Nahrungsbedingungen vor.

### Makrophytenuntersuchungen

Das Vorkommen von aquatischen Makrophyten (d. h. mit bloßem Auge sichtbare Wasserpflanzen) in den Ruhrstauseen war seit den 1950er Jahren auf Teichrosen in Ufernähe beschränkt. Dieser Zustand dauerte etwa 50 Jahre lang an [5.7]. Eine hohe Nährstoffkonzentration förderte zu dieser Zeit die Phytoplanktonentwicklung und führte während der Vegetationsperiode zu einer Trübung des Wassers. Da durch das dunkle trübe Wasser kein Licht bis zum Gewässergrund dringen konnte, war das Wachstum submerser, d. h. untergetaucht wachsender Wasserpflanzen nicht möglich. Nach Ausbau und Optimierung der Abwasserreinigung der Kläranlagen sank der Phosphorgehalt in der Ruhr so stark, dass das Algenwachstum in den Ruhrstauseen durch Nährstoffmangel limitiert wurde



Bild 5.13: Bestände von *Elodea nuttallii* im Baldeneysee, Juli 2020.  
 Foto: K. v.d.Weyer, lanaplan.  
 Fig. 5.13: Growth of *Elodea nuttallii* in lake Baldeney, July 2020.  
 Photo: K. v.d.Weyer, lanaplan.

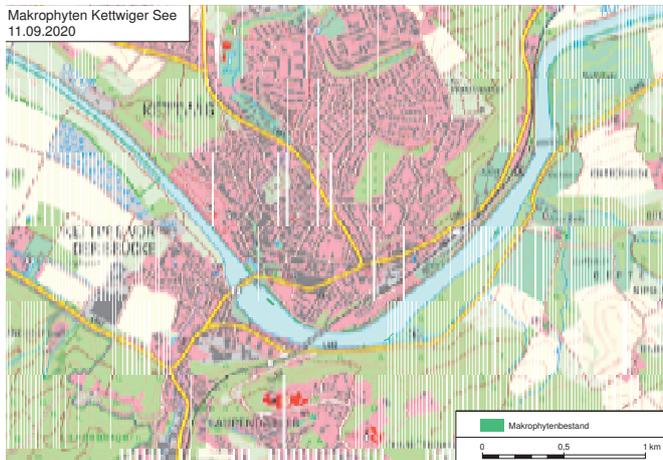


Bild 5.14: Kartographische Darstellung der Makrophytenflächen im Kettwiger See  
 Fig. 5.14: Cartographic representation of macrophyte surfaces in Lake Kettwig

und die Algendichte deutlich zurückging. Mit Rückgang der Trübung durch planktische Algen setzte ab dem Jahr 2000 das verstärkte Wachstum von Makrophyten, vor allem der Schmalblättrigen Wasserpest *Elodea nuttallii* (Bild 5.13), ein. Ein Jahrzehnt lang wechselten sich nun Jahre mit hohen Makrophytendichten mit Jahren ab, in denen die Makrophytenaufkommen von untergeordneter Bedeutung waren [5.8; 5.9]. Das Jahr 2010 war das letzte mit nur geringem Wasserpflanzenaufkommen [5.10]. Im Verlauf der Jahre 2011 bis einschließlich 2020 wurde der sommerliche Vegetationsaspekt der beiden Ruhrstauseen Harkort und Kemnade durchgehend durch Makrophyten-Massenaufkommen geprägt [5.11 - 5.17]. Auch im Baldeneysee bildeten sich im Jahr 2020 Makrophytenbestände, die weitgehend auf den Bereich oberhalb des Hafens Scheppen beschränkt waren; im Vergleich zum Jahr 2019 allerdings mit deutlich geringerer Ausbreitung. Die Makrophytenbestände im Hengsteysee waren im Jahr 2020 im Vergleich zu den Jahren 2018 und 2019 deutlich größer. Im Kettwiger Stausee zeigten sich minimale Bestände mit einer Fläche von 0,46 ha (Bild 5.14). Im Jahr 2020 ist somit das Makrophytenwachstum in den Ruhrstauseen nicht einheitlich.

Mit dem durch den Rückgang der Nährstoffkonzentrationen hervorgerufenen Wechsel von einem quasi makrophytenfreien, Phytoplankton-dominierten Zustand in den potenziell natürlichen Zustand der Makrophyten-dominierten, mesotrophen Flachseen zeigte sich in den Ruhrstauseen in den letzten Jahren eine aus ökologischer Sicht positive Entwicklung.

Neben der neophytischen *Elodea nuttallii* besiedeln inzwischen auch heimische Wasserpflanzenarten in zunehmenden Abundanzen die Ruhrstauseen und treten damit in Raumkonkurrenz zu den dominierenden *Elodea*-Beständen.

Im Jahr 2020 fand die Auswertung der Makrophytenbestände durch die Auswertung von Luftbildern aus Überfliegungen der Stauseen statt. Die Auswertung von Satellitenbildern ist zukünftig geplant.

## Kemnader See

Das Jahr 2020 ist für den Kemnader See das zehnte Jahr in Folge mit ausgedehnten Makrophytenbeständen. Bild 5.15 zeigt die maximalen Makrophytenflächen im Kemnader See in ihrer zeitlichen Entwicklung über die Jahre 2001 bis 2020. Abweichend zum Vorjahr wurde im Jahr 2020 die Auswertung der Daten wieder per Luftbild vorgenommen (Bild 5.16). Im Jahr 2020 betrug die ermittelte Fläche 47 ha; diese ist damit geringer als in den vergangenen Jahren bis einschließlich des Jahres 2013. Das Jahr 2020 reiht sich dennoch in die Jahre mit Makrophyten-Massenbeständen ein. Der maximale Abfluss im März bis April war im Jahr 2020 ähnlich dem des Jahres 2019 und lag knapp unterhalb 400 m<sup>3</sup>/s (Bild 5.17). In den Jahren 2002, 2006 und 2010 führten vergleichbar hohe Abflussspitzen zu deutlich geringeren Makrophytenbeständen [5.17]. Die aufsummierte Wassertagstemperatur des Betrachtungszeitraums März bis April lag im Jahr 2020 mit 575 °C leicht über dem Mittelwert von 571 °C der Periode 2001 bis 2019 (Bild 5.18). Das Jahr 2020 war das wärmste Jahr im Einzugsgebiet der Ruhr seit Beginn der Temperaturlaufzeichnungen im Jahr 1881. Der Sommer 2020 und besonders der August 2020 gehörten dabei zu den heißesten Monaten der letzten 140 Jahre.

- [5.5] Lieder, U.: Süßwasserfauna von Mitteleuropa 8/2-3 Crustacea:Cladocera: Bosminidae, 1999, Spektrum Akademischer Verlag, Gustav Fischer
- [5.6] Einsle, U.: Süßwasserfauna von Mitteleuropa 8/4-1; Crustacea, Copepoda, Calanoida und Cyclopoidea, 1993, Gustav Fischer Verlag
- [5.7] Ruhrverband: Makrophyten in den Ruhrstauseen – Vergangenheit und Gegenwart. Ruhrgütebericht 2004, S. 80 – 85.
- [5.8] Ruhrverband: Untersuchungen zur Massenentwicklung von Wasserpflanzen in den Ruhrstauseen und Gegenmaßnahmen. Abschlussbericht des Forschungsvorhabens im Auftrag des Ministeriums für Umwelt und Naturschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz des Landes NRW 2008.
- [5.9] Ruhrverband: Untersuchungen zur Massenentwicklung von Wasserpflanzen in den Ruhrstauseen und Gegenmaßnahmen. Broschüre der Kurzfassung des Forschungsvorhabens im Auftrag des Ministeriums für Umwelt und Naturschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz des Landes NRW 2009.
- [5.10] Ruhrverband: Elodea-Vorkommen in den Ruhrstauseen. Ruhrgütebericht 2010, S. 93 - 98
- [5.11] Ruhrverband: Elodea-Vorkommen in den Ruhrstauseen. Ruhrgütebericht 2011, S. 54 - 68.
- [5.12] Ruhrverband: Die Ruhr und ihre Nebengewässer – Trophische Situation der Ruhr. Ruhrgütebericht 2012, S. 58 – 70.
- [5.13] Ruhrverband: Die Ruhr und ihre Nebengewässer – Trophische Situation der Ruhr. Ruhrgütebericht 2013, S. 60 – 75.
- [5.14] Ruhrverband: Die Ruhr und ihre Nebengewässer – Trophische Situation der Ruhr. Ruhrgütebericht 2014, S. 63 – 72.
- [5.15] Ruhrverband: Die Ruhr und ihre Nebengewässer – Trophische Situation der Ruhr. Ruhrgütebericht 2015, S. 85 - 95.
- [5.16] Die Ruhr und ihre Nebengewässer – Trophische Situation der Ruhr. Ruhrgütebericht 2018, S. 67 - 74.
- [5.17] Ruhrverband: Die Ruhr und ihre Nebengewässer – Trophische Situation der Ruhr. Ruhrgütebericht 2019, S. 76 – 84.

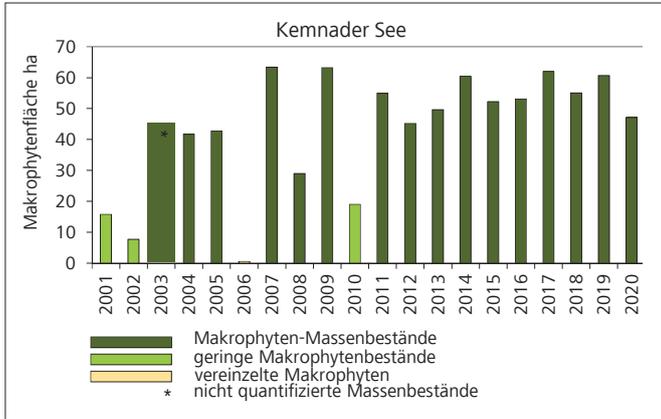


Bild 5.15: Bestandsflächen von *Elodea nuttallii* im Kemnader See in den Jahren 2001 bis 2020 (Daten auf Basis von Satelliten- und Luftbildauswertungen sowie Vor-Ort-Kartierung, in den Jahren 2008, 2012, 2014, 2015, 2016, 2017, 2018, 2019 und 2020 Bestände durch Mahd reduziert)

Fig. 5.15: Vegetation cover of *Elodea nuttallii* in Lake Kemnade from 2001 to 2020 (data based on satellite and aerial view pictures as well as field mapping, occurrence reduced through mowing in 2008, 2012, 2014, 2015, 2016, 2017, 2018, 2019 and 2020)

Dies könnte erneut förderlich für das Wachstum der Makrophyten und besonders der wärmeliebenden Wasserpest *Elodea nuttallii* gewesen sein.

Die mittlere Chlorophyll-a-Konzentration in den Monaten März und April des aktuellen Berichtsjahres war mit 25 µg/l deutlich höher als im Vorjahr mit 11 µg/l (Bild 5.19). Die mittlere Trübung in den Monaten März und April 2020 lag mit 6,39 FNU höher als im Vorjahr mit einem Mittelwert von 4,57 FNU (Bild 5.20). Die Trübung innerhalb des aktuellen Berichtsjahres lag damit auch höher als alle zurückliegenden Jahre bis zum Jahr 2010. Letzteres war ein Jahr mit geringem Makrophytenaufkommen bei einer gemessenen Trübung von 8,00 FNU. Im Jahr 2009 lag die Trübung mit 6,72 FNU ähnlich hoch wie im Jahr 2020. Beide Jahre weisen Makrophyten-Massenbestände auf.

Um das Ausmaß der Makrophytenentwicklung in den jeweiligen Jahren beschreiben und mit möglichst hoher Wahrscheinlichkeit auch bereits zu Beginn der Vegetationsperiode prognostizieren zu können, wendet der Ruhrverband bereits seit dem Jahr 2010 für den Kemnader See ein Verfahren der bivariaten Kausalanalyse an, das auf den dominierenden bestandsbestimmenden abiotischen Faktoren Strömung, Wassertemperatur und Trübung beruht [5.9; 5.11 - 5.14; 5.17]. Die bisher vorliegenden Ergebnisse zeigen, dass bei einem Produkt kleiner 2.000 FNU · m<sup>3</sup>/s die Lichtbedingungen und Abflusssituationen für *Elodea nuttallii* und die anderen Wasserpflanzenarten so günstig sind, dass sie die Bildung ausgedehnter Makrophytenmassenbestände im Laufe des Sommers fördern [5.17].

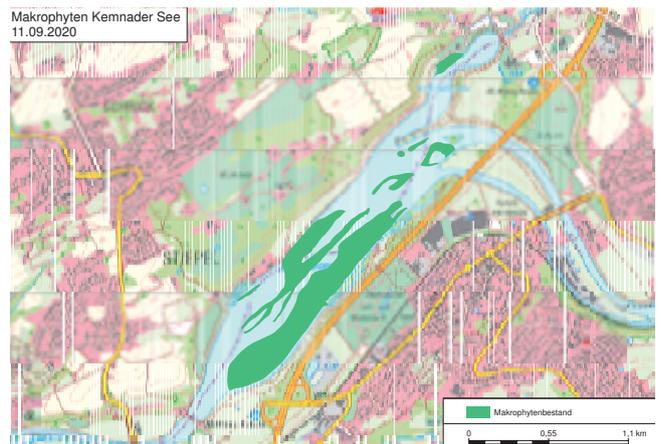
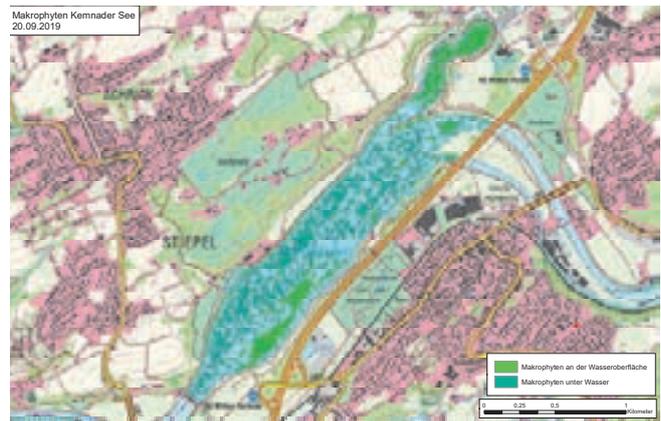
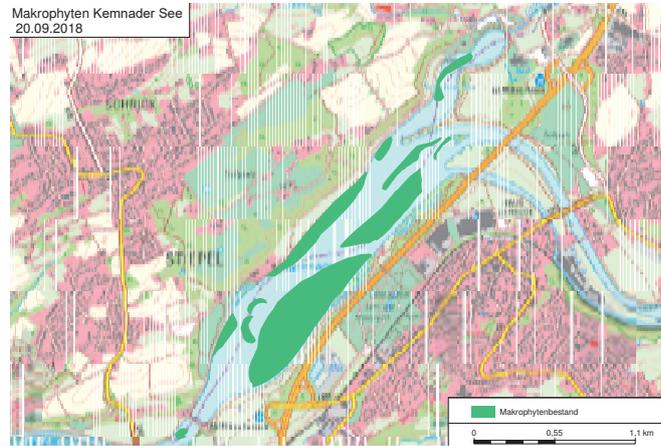


Bild 5.16 a bis c: Kartographischer Vergleich der Makrophytenflächen im Kemnader See der Jahre 2018, 2019 und 2020.

Fig. 5.16 a to c: Cartographic comparison of macrophyte cover in Lake Kemnade in 2018, 2019 and 2020.

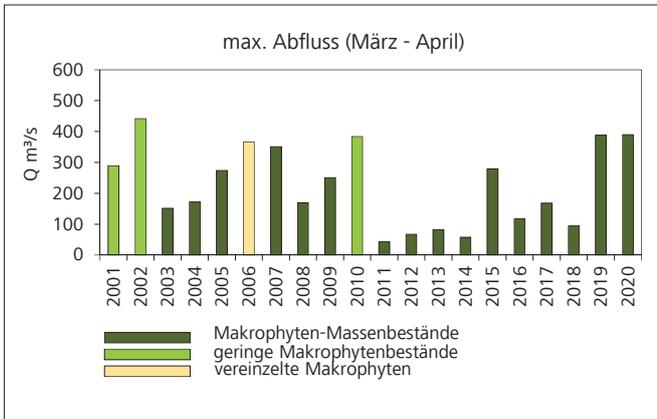


Bild 5.17: Maximaler Abfluss (Tagesmittelwerte) im Zeitraum März bis April am Pegel Hattingen (= unterhalb Kemnader See) in den Jahren 2001 bis 2020 mit Zuordnung zu der entsprechenden Elodea-Bestandssituation.

Fig. 5.17: Maximum discharge (daily means) in March and April at Hattingen gauging station (downstream of Lake Kemnade) from 2001 to 2020 in relation to Elodea abundance.

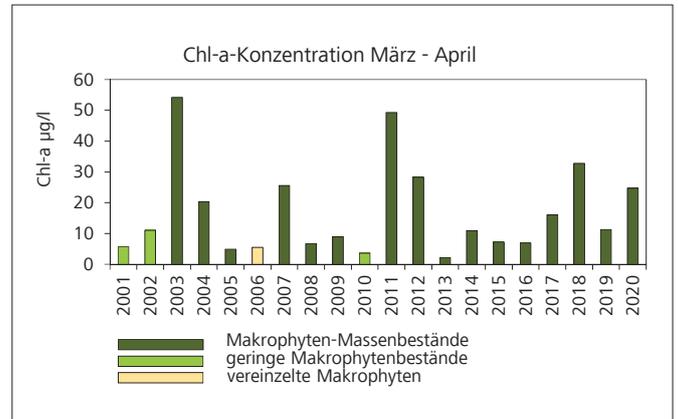


Bild 5.19: Mittelwerte der Chlorophyll-a-Konzentrationen des Zeitraums März bis April an der Messstation Hattingen (= unterhalb Kemnader See) in den Jahren 2001 bis 2020 mit Zuordnung zu der entsprechenden Elodea-Bestandssituation.

Fig. 5.19: Mean concentration of chlorophyll-a in March and April at Hattingen gauging station (downstream of Lake Kemnade) from 2001 to 2020 in relation to Elodea abundance.

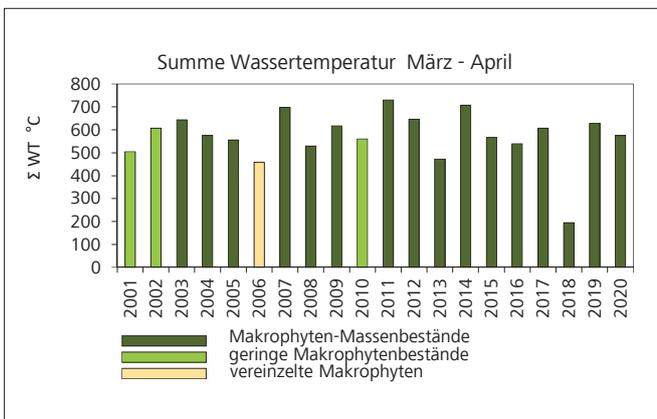


Bild 5.18: Summe der mittleren Tageswassertemperaturen des Zeitraums März bis April an der Messstation Hattingen (= unterhalb Kemnader See) in den Jahren 2001 bis 2020 mit Zuordnung zu der entsprechenden Elodea-Bestandssituation.

Fig. 5.18: Sum of daily mean water temperatures during March and April at Hattingen gauging station (downstream of Lake Kemnade) from 2001 to 2020 in relation to Elodea abundance.

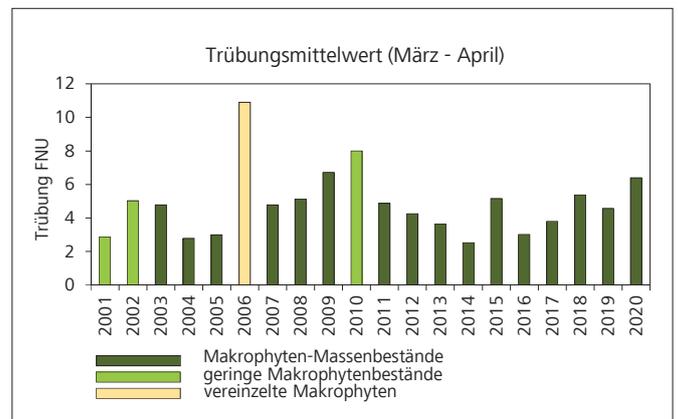


Bild 5.20: Mittelwerte der Trübung des Zeitraums März bis April an der Messstation Hattingen (= unterhalb Kemnader See) in den Jahren 2001 bis 2020 mit Zuordnung zu der entsprechenden Elodea-Bestandssituation.

Fig. 5.20: Mean turbidity in March and April at Hattingen gauging station (downstream of Lake Kemnade) from 2001 to 2020 in relation to Elodea abundance.

Das Produkt von  $2.493 \text{ FNU} \cdot \text{m}^3/\text{s}$  im Jahr 2020 liegt über diesem Schwellenwert (Bild 5.21). Damit wären die Habitatbedingungen für die Ausbildung eines Makrophyten-dominierten Zustands nicht erreicht. Die vorliegenden Daten des aktuellen Berichtsjahres zur Luftbildauswertung bestätigen diesen Zusammenhang nicht. Es kam zu großflächigen Makrophytenbeständen, die in ihrer Fläche zwar geringer als die der Vorjahre ausfielen, aber dennoch als Massenvorkommen zu bezeichnen sind.

Die bis einschließlich zum Jahr 2018 vorliegenden Daten zeigen zudem, dass bei der bivariaten Darstellung, die den maximalen Abfluss in den Monaten März und April zu der Summe

der Wassertemperatur-Tagesgrade in Relation setzt (Bild 5.22), bei einem Quotienten kleiner  $0,55 \text{ m}^3/(\text{s} \cdot ^\circ\text{C})$  ein Makrophyten-dominiertes Zustand eintritt [5.17]. Die hydraulischen Bedingungen und die Wassertemperaturen wirkten sich über ihre antagonistische Beziehung in der anfänglichen Wachstumsphase auf die Bildung dichter ausgedehnter Wasserpflanzenbestände günstig aus [5.15; 5.17]. Der beschriebene Quotient für das aktuelle Berichtsjahr lag bei  $0,68 \text{ m}^3/(\text{s} \cdot ^\circ\text{C})$  (Bild 5.22) und damit, wie auch im Jahr davor, über dem bisher verfassten Schwellenwert. Der im Vorjahresbericht formulierte mögliche neue Schwellenwert von  $0,65 \text{ m}^3/(\text{s} \cdot ^\circ\text{C})$  ist damit ebenfalls überschritten. Dies bietet die Möglichkeit, die bivariate Kausalanalyse in Zukunft zu optimieren.

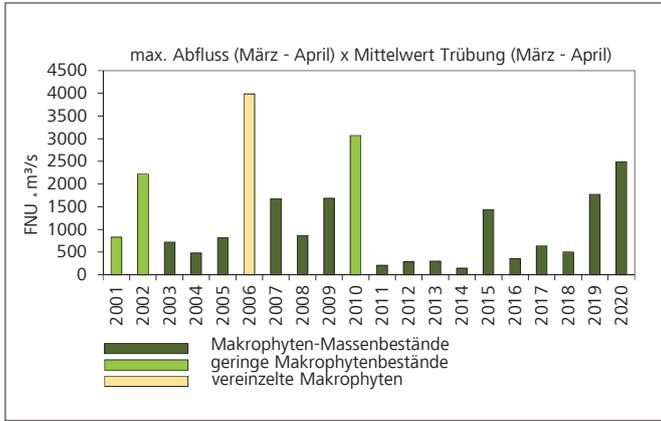


Bild 5.21: Produkt aus maximalem Abfluss und Mittelwert der Trübung des Zeitraums März bis April an der Messstation Hattingen (unterhalb Kemnader See) in den Jahren 2001 bis 2020 mit Zuordnung zu der entsprechenden Elodea-Bestandssituation.  
 Fig. 5.21: Product of the maximum discharge and mean turbidity in March and April at Hattingen gauging station (downstream of Lake Kemnade) from 2001 to 2020 in relation to Elodea abundance.

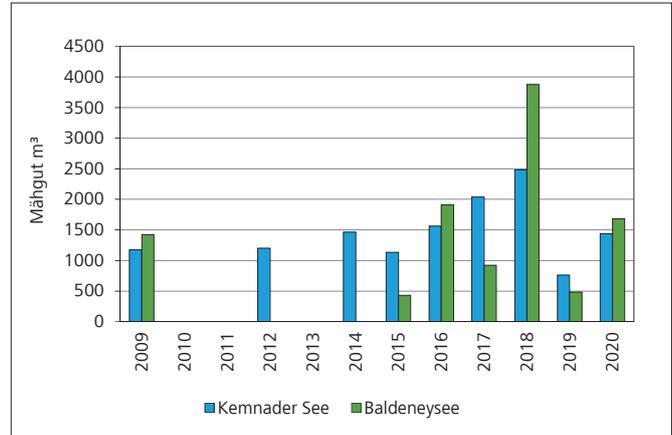


Bild 5.23: Jährliche Mähgutmengen aus dem Baldeneysee und Kemnader See im Zeitraum 2009 bis 2020.  
 Fig. 5.23: Annual amounts of water plant cuttings from Lake Baldeney and Lake Kemnade between 2009 and 2020.

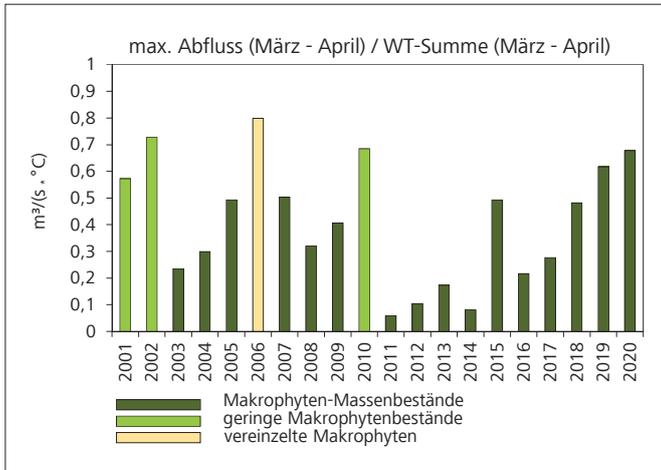


Bild 5.22: Verhältnis des maximalen Tagesabflusses zu der Summe der Tagesmittlertemperaturen des Zeitraums März bis April an der Messstation Hattingen (= unterhalb Kemnader See) in den Jahren 2001 bis 2020 mit Zuordnung zu der entsprechenden Elodea-Bestandssituation.  
 Fig. 5.22: Ratio of the maximum daily discharge to the sum of daily mean water temperatures in March and April at Hattingen gauging station (downstream of Lake Kemnade) from 2001 to 2020 in relation to Elodea abundance

Mit der Mahd auf dem Kemnader See wurde Ende Juni begonnen. Insgesamt sind im Jahr 2020 1.440 m³ Mähgut angefallen und damit fast doppelt so viel wie im Jahr davor (Bild 5.23).

### Hengstey- und Harkortsee

Die Makrophytenflächen im Harkort- und Hengsteysee können im Jahr 2020 jeweils wieder als Massenaufkommen bewertet werden. Bild 5.24 gibt eine Übersicht der Makrophytenflächen im Harkortsee für das Jahr 2020. Sowohl Harkort- und Hengsteysee sind mit 45 ha zu etwa einem Drittel mit Makrophyten bewachsen.

Das Phänomen aus den Jahren 2018 und 2019, bei dem diese Stauseen trotz ihrer räumlichen Nähe und den damit verbundenen ähnlichen hydraulisch und klimatischen Bedingungen stark unterschiedliche Bewuchsmengen aufwiesen, ist im Jahr 2020 nicht aufgetreten.

Im Hengsteysee ist im Vergleich zu den Luftbildern aus den Jahren 2018 und 2019 eine deutliche Zunahme der Makrophytenflächen im Jahr 2020 zu erkennen (Bild 5.25 a-c). Der Bewuchs war im Mai 2020 deutlich höher als im April 2019 und bei Wuchshöhen zwischen 0,2 bis 0,3 m durchgängig vorhanden. Im Gegensatz dazu ist die Makrophytenfläche im Harkortsee geringer als im Vorjahr (56 ha). Tauchuntersuchungen im Mai zeigten zudem, dass nur wenige kleinwüchsige Bestände von *Elodea nuttallii* (Wuchshöhe bis 0,1 m) auftraten. Stattdessen konnten in zwei Abschnitten höherwüchsige Bestände von zwei Klein-Laichkräutern (*Potamogeton trichoides*, *P. bertholdii*) nachgewiesen werden, welche Wuchshöhen von bis zu 0,9 m erreichten.

Im Harkortsee bildet sich seit dem Jahr 2011 eine vergleichsweise ähnlich große Makrophytenfläche, die zwischen 31 % (2017) und 54 % (2014) schwankt und im Mittel bei einem Anteil von 39 % liegt. Auch im aktuellen Berichtsjahr liegt der Flächenanteil mit 33 % in diesem Bereich. Die Flächenausdehnung der Makrophyten im nahegelegenen Hengsteysee schwankt dagegen auf niedrigerem Niveau zwischen 11 % (2018) und 43 % (2011) und liegt im Mittel bei 30 %. Im Jahr 2020 liegt der Anteil der Makrophytenfläche mit 33 % nahe dem bisherigen Durchschnitt. Bild 5.26 gibt den Treibgutanteil im Jahr 2020 an der Wasserkraftanlage des Hengsteysees im Vergleich zu den Vorjahren wieder. Die große Menge Treibgut im Februar (408 m³) ist mit hoher Wahrscheinlichkeit auf die beiden Hochwässer im selben Zeitraum zurückzuführen. Von Juni bis Oktober fiel die Treibgutmenge im Jahr 2020 geringer aus als die durchschnittliche Menge in den Vorjahren.

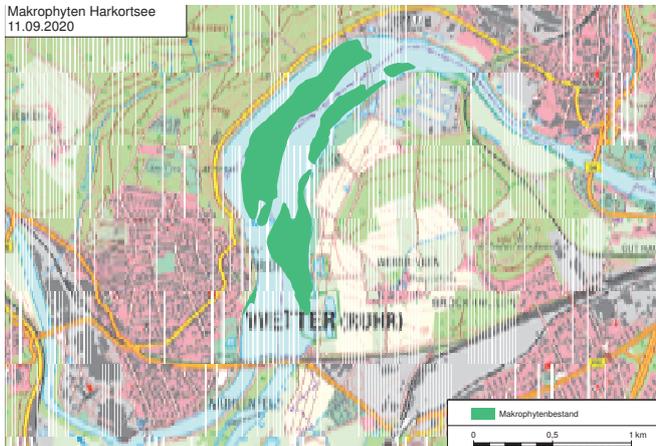


Bild 5.24: Kartographische Darstellung der Makrophytenflächen im Harkortsee.

Fig. 5.24: Cartographic presentation of macrophyte cover in Lake Harkort.

### Baldeneysee

Seit dem Jahr 2015 hat es auch auf dem Baldeneysee in jedem Jahr Flächen gegeben, auf denen es zu einem massenhaften Makrophytenwachstum gekommen ist (Bild 5.27). Im Jahr 2018 lag die gesamte von Makrophyten bewachsene Fläche mit 15 ha aufgrund einer intensiven Mahd erstmals deutlich unter den Werten der Jahre 2015 bis 2017 (Bild 5.28). Die für das Jahr 2020 erfasste Makrophytenfläche von 26 ha ist nahe dem bisherigen Gesamtdurchschnitt der letzten 20 Jahre (34 ha), aber erneut auf einem niedrigeren Niveau im Vergleich zum Zeitraum 2015 bis 2017. Aus der Makrophytenuntersuchung im April dieses Berichtsjahres ging hervor, dass der Makrophytenbewuchs zum Untersuchungszeitpunkt gering ausfiel und deswegen eine Massenentwicklung als unwahrscheinlich galt. Um die Oberfläche auch für Wassersport frei zu halten, wurden im Jahr 2020 mit dem Mähboot „Nimmersatt“ 280 t Mähgut zusammengetragen. Die Mahd startete am 26. Juni und endete am 1. September 2020. Die Mähgutmenge (Bild. 5.23) ist vergleichbar mit der aus dem Jahr 2016. Dort war die ermittelte Makrophytenfläche mit 108 ha allerdings weitaus größer. Trotz der vergleichsweise geringeren Makrophytenfläche wurde nach Tauchuntersuchungen Ende August 2020 deutlich, dass auch das aktuelle Berichtsjahr ein Jahr mit mindestens lokalen Massenentwicklungen von *Elodea nuttallii* war.

Der Schwerpunkt des im Jahr 2018 gestarteten Forschungsvorhabens „Elodea II“ lag im Jahr 2020 auf der Umsetzung praktischer Maßnahmen, die potenziell geeignet sind, das Wachstum von Makrophyten, besonders von *Elodea nuttallii*, zu verlangsamen oder die Menge zu reduzieren. Dabei wurden sowohl eine mechanische Bearbeitung des Untergrundes mit Hilfe verschiedener Großgeräte als auch die Bepflanzung

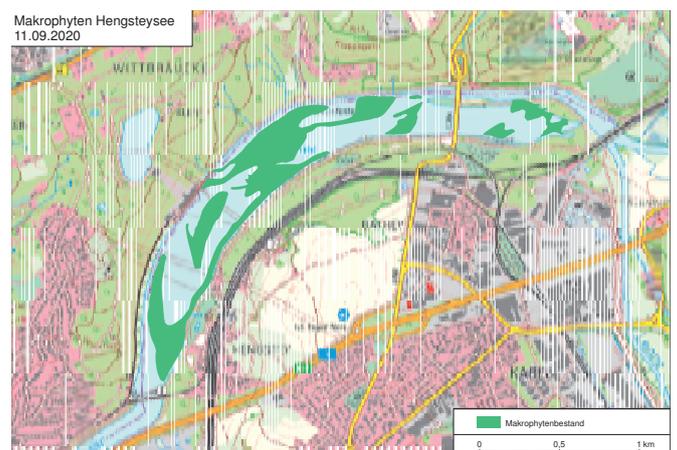
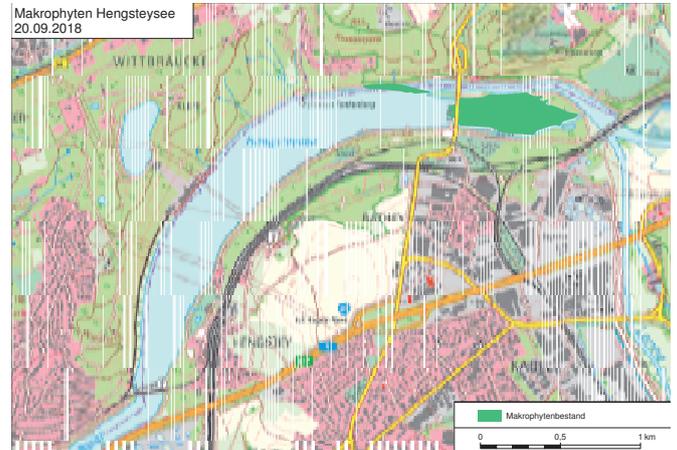


Bild 5.25 a bis c: Vergleich der Makrophytenflächen im Hengsteysee der Jahre 2018, 2019 und 2020

Fig. 5.25 a to c: Comparison of macrophyte cover in Lake Hengstey in 2018, 2019 and 2020

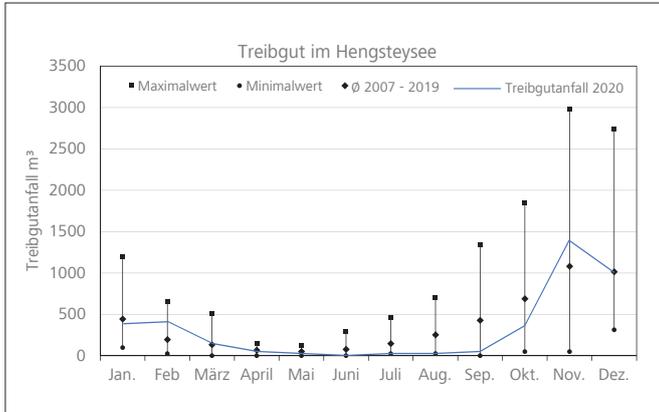


Bild 5.26: Mittelwerte des monatlichen Treibgutanteils [m³] mit Minimum- und Maximum-Werten an der Rechenanlage des Wasserkraftwerks am Hengsteysee im Zeitraum der Jahre 2007 bis 2019 sowie der zeitliche Verlauf der Treibgutanteile für das Jahr 2020

Fig. 5.26: Minimum, maximum, and mean amount of floating debris [m³] per month at the screening unit of the Hengsteysee hydropower plant from 2007 to 2019 and this amount in 2020.

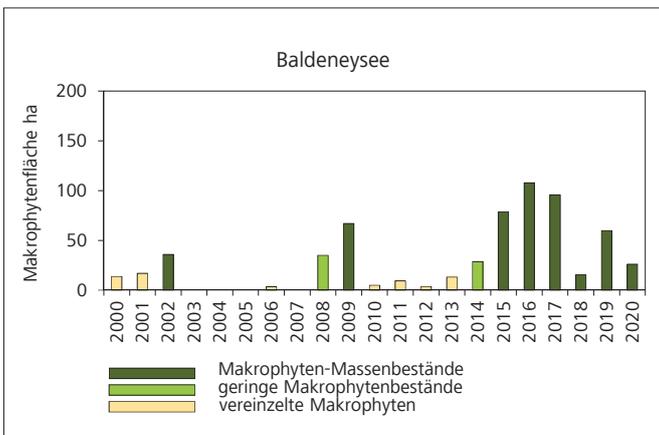


Bild 5.27: Bestandsflächen von *Elodea nuttallii* im Baldeneysee in den Jahren 2000 bis 2020 (Daten auf Basis von Satelliten- und Luftbildauswertungen sowie Vor-Ort-Kartierung, in den Jahren 2009, 2015, 2016, 2017, 2018, 2019 und 2020 Bestände durch Mahd reduziert)

Fig. 5.27: Vegetation cover of *Elodea nuttallii* in Lake Baldeney from 2000 to 2020 (data based on satellite and aerial view pictures as well as field mapping, occurrence reduced in 2009, 2015, 2016, 2017, 2018, 2019 and 2020 through mowing)

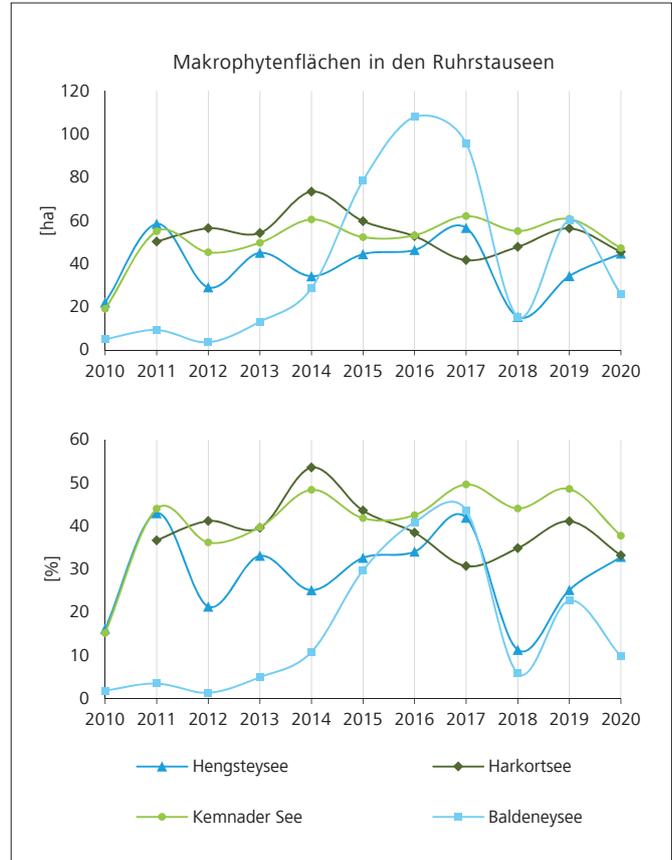


Bild 5.28: Makrophytenflächen in den Ruhrstauseen in den Jahren 2010 bis 2020 in Hektar (oben) und in prozentualem Anteil zur gesamten Wasserfläche (unten).

Fig. 5.28: Macrophyte surfaces in the Ruhr's impounding lakes from 2010 to 2020 in hectare (above) and as a percentage of the entire water surface (below).

mit verschiedenen Armleuchteralgenarten als Raumkonkurrenten untersucht. Die Auswertungen der Unterwasserkartierungen und der weiteren Untersuchungen werden zeigen, ob diese Maßnahmen geeignet sind, das Wachstum von *Elodea* nachhaltig einzudämmen.

### Zusammenfassung

Das Jahr 2020 zeichnete sich durch im Vergleich zum Vorjahr leicht erhöhte Algenkonzentrationen in der unteren Ruhr aus. Erstmals seit etwa 20 Jahren kam es im August des Berichtsjahrs zu einer zweiten Planktonblüte, jedoch auf einem sehr viel geringeren Niveau als in den Jahren vor dem Jahr 2003. Das Sommerphytoplankton wurde vom Zooplankton reduziert, welches von Crustaceen dominiert wurde. Das Jahr 2020 war das dritte in Folge mit überdurchschnittlich hohen Temperaturen und geringem Niederschlag. Dies beeinflusste die Zusammensetzung des Phyto- und Zooplanktons des Baldeneysee. In beiden Populationen konnten wärmeliebende Arten nachgewiesen werden. Als Ursachen für die geringe Dichte von Phyto- und Zooplankton werden seit Jahren, neben dem



Bild 5.29: Im Jahr 2020 im Baldeneysee gepflanzte zerbrechliche Armleuchteralge (*Chara globularis*). Foto: K. v.d.Weyer, lanaplan.  
Fig. 5.29: Fragile stonewort (*Chara globularis*) planted in Lake Baldeney in 2020. Photo: K. v.d.Weyer, lanaplan.

Rückgang der Phosphorkonzentrationen durch Optimierungsmaßnahmen auf den Kläranlagen, das in den oberen Ruhrstauseen verstärkte Auftreten von Makrophyten mit ihrem konkurrierenden Nährstoff- und Lichtbedarf bzw. der zunehmende Einfluss von algenfressenden *Corbicula*-Muscheln über die gesamte Fließstrecke angesehen.

Seit nunmehr zwölf Jahren werden die oberen Ruhrstauseen Harkortsee und Kemnader See in ihrer Trophie durch Makrophyten dominiert. Das Jahr 2020 ist da keine Ausnahme. Anders als im Vorjahr ist im Hengsteysee im Jahr 2020 wieder eine Zunahme der Makrophytenflächen zu verzeichnen. Der Baldeneysee wies im aktuellen Berichtsjahr ebenfalls wieder lokal dichte Massenbestände von Makrophyten auf. Im Hengsteysee ist im Jahr 2020 als einzigem Ruhrstausee eine Zunahme der Makrophytenflächen im Vergleich zum Vorjahr zu verzeichnen (Bild 5.28). Das Vorjahr blieb hier weitgehend frei von ausgedehnten Makrophytenbeständen, ohne dass eine Ursache hierfür erkennbar war. Die Bestände liegen bei drei Stauseen mit einer Bedeckung zwischen ca. 30 bis 40 % nahe beieinander, nur der Kemnader See liegt mit einer Makrophytenfläche von etwa 10 % außerhalb dieses Bereichs. Im Verlauf der letzten zehn Jahre gab es sowohl einige Jahre (z. B. 2015, 2016) mit ähnlichen Makrophytenflächenanteilen, aber auch immer wieder stark unterschiedlichen Makrophytenanteilen innerhalb der Stauseen (Bild 5.28). Die genauen Ursachen hierfür sind bisher unbekannt.

Im Rahmen des Forschungsprojektes Elodea II wurden im Jahr 2020 im Baldeneysee auf Testfeldern erneut Armleuchteralgen als Raumkonkurrenten von *Elodea nuttallii* angepflanzt. Die weitere Entwicklung der Armleuchteralgen (Bild 5.29) im Jahr 2020 wurde kontrolliert. Es erfolgte eine geringe Ausbreitung der Anpflanzungen aus dem Jahr 2018. Die Ergebnisse der Anpflanzungen 2020 und weiterer Untersuchungen im Rahmen des Forschungsprojektes Elodea II stehen noch aus.

## 6 Talsperrenuntersuchungen mit besonderem Blick auf die Ennepetalsperre

### Allgemeines

Der Ruhrverband besitzt und bewirtschaftet im Sauerland die Henne-, Möhne-, Sorpe-, Verse-, Fürwigge-, Ennepe-, Bigge- und Listertalsperre. Mit einem Gesamtstauinhalt von 463 Mio. m<sup>3</sup> dienen diese immer mehr der Niedrigwasseraufhöhung, um eine Trinkwassergewinnung durch Grundwasseranreicherung an der Ruhr auch in abflussarmen Zeiten zu gewährleisten. Durch das in Folge des Klimawandels bedingte Auftreten langer Trockenperioden hat der Wasserzuschuss aus den Talsperren zur Abflusssteuerung der Ruhr in den letzten Jahren deutlich an Bedeutung gewonnen. Dies war nach den Jahren 2018 und 2019 auch im Jahr 2020 in besonderem Maße der Fall (siehe Kapitel 1). In abflussreichen Zeiten stehen die Speicherauffüllung und der Hochwasserschutz im Vordergrund. Abflussspitzen können wirksam gemildert werden, so dass Überflutungen und deren Folgeschäden seltener und in einem deutlich geringeren Ausmaß auftreten als ohne den Wasserrückhalt in den Staukörpern. Neben diesen primären wasserwirtschaftlichen Aufgaben dienen die Talsperren sowohl der Energieerzeugung durch Wasserkraft als auch als Ausflugs- und Urlaubsziele mit zahlreichen Freizeitmöglichkeiten sowie als ökologische Refugien im Sinne des Naturschutzes.

Der Betrieb von Talsperren umfasst die Bewirtschaftung des Talsperrensystems und Untersuchungen zur Standsicherheit der Absperrbauwerke ebenso wie Analysen und Bewertungen der einzelnen Wasserkörper wie Haupt- und Vorbecken oder Zuläufe. Die limnologischen Untersuchungen dienen dazu, das Ziel der Verbesserung der Trophie bis zu mindestens mesotrophen Verhältnissen zu überprüfen, sonstige Güteveränderungen zu erkennen und ggf. zielgerichteten Handlungsbedarf zu entwickeln. Zahlreiche Maßnahmen, wie die Modernisierung und der Neubau von Kläranlagen, die zunehmende Niederschlagswasserbehandlung und die Phosphatentfernung sowie der Bau von Ringkanalisationen führten zu einer Reduzierung des Nährstoffeintrags in die Talsperren. Unterstützt wurden und werden die Maßnahmen zum Aufbau und Erhalt ökologisch intakter Talsperrengewässer durch die seit über 25 Jahren etablierte fischereiliche Bewirtschaftung, die lebensraumspezifisch durchgeführt wird. Dazu gehören u. a. der Besatz mit krautlaichenden Fischen und der Erhalt einer angepassten Alterspyramide durch Befischung. Das funktionierende Nahrungsnetz mit großen Zooplanktern, wie beispielsweise den Kleinkrebsen *Daphnia* und *Bosmina*, und deren erhöhter Fraßdruck auf das Phytoplankton unterstützen in den letzten 20 Jahren die Entwicklung, so dass negative Eutrophierungsercheinungen (z. B. Algenmassenentwicklungen) seltener werden.

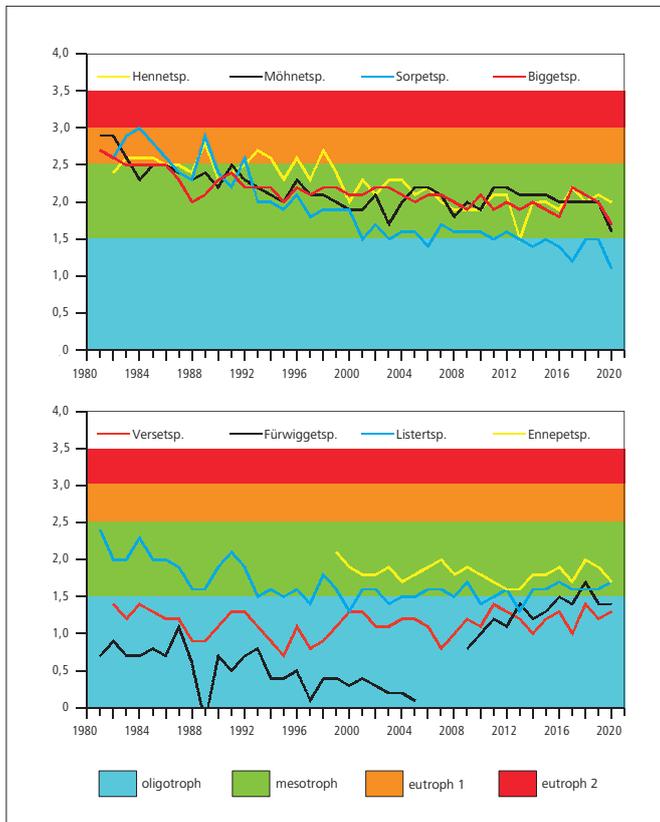


Bild 6.1: Entwicklung der Trophie in den letzten 40 Jahren in den Ruhrverbandstalsperren entsprechend der überarbeiteten Richtlinie für die Trophieklassifikation von Talsperren (LAWA 2013)

Fig. 6.1: Development of the trophic status in the Ruhrverband's reservoirs during the last 40 years according to the revised directive for the trophic classification of reservoirs (LAWA 2013)

Die limnologischen Untersuchungen der Ruhrverbandstalsperren einschließlich der verschiedenen Zuflüsse und der Ausläufe blicken auf eine 50-jährige Geschichte zurück. Dabei wurde das Untersuchungskonzept in Probenahmefrequenz und Untersuchungsumfang den sich ändernden Notwendigkeiten, Entwicklungen und Anforderungen angepasst. Dazu gehören die Umsetzung der EG-WRRL bzw. der Oberflächengewässerverordnung, der Klimawandel, die trophischen Verhältnisse und nicht zuletzt die Personalressourcen. Heute werden die Haupt- und Vorbecken der Talsperren im Winter zweimal an der Oberfläche und in der Vegetationsperiode siebenmal an der Oberfläche bzw. in mehreren Tiefen an ausgewählten Stellen physikalisch-chemisch und biologisch untersucht. Der jahreszeitlichen Veränderung der limnischen Gegebenheiten im Staukörper, die sowohl im Längs- als auch im Tiefenprofil in physikalischen (Temperaturschichtung) und biologischen (Planktonentwicklung) Einflüssen begründet liegt, wird durch die Wahl der Probenahmestellen und die Festlegung der jeweiligen Probenahmetiefen vor Ort durch Messsonden Rechnung getragen. Darüber hinaus werden die Nährstoffeinträge über die Zuflüsse und durch den auf die Talsperre fallenden Niederschlag bestimmt. Die Ergebnisse dieser limnologischen Unter-

suchungen dienen sowohl einer adäquaten fischereilichen Bewirtschaftung, dem frühzeitigen Handeln bei Gefährdungen des Ökosystems oder der Gewässernutzungen als auch der Überwachung und Bewertung entsprechend den Vorgaben der OGewV [6.1].

Zur zeitnahen Überwachung der Möhnetalsperre wird seit Ende 2018 als Pilotprojekt eine energetisch autarke Messboje in der Vegetationsperiode betrieben. Die dreimal in der Woche erfassten Echogrammen und täglich erstellten Tiefenprofile der Parameter Temperatur, Sauerstoff und pH-Wert stehen durch Datenfernübertragung sofort zur Verfügung. Die Messboje ergänzt die monatlichen Beprobungen des Wasserkörpers nicht nur in kritischen Zeiten, in denen ein ggf. erforderlicher Maßnahmenbedarf festgestellt und bei der Durchführung dieser Maßnahmen der Erfolg bewertet werden kann.

Die Bewertung stehender Gewässer, wie hier der Talsperren, erfolgt in erster Linie durch die Bestimmung des Trophiegrads. Diese wird entsprechend dem LAWA-Abschlussbericht 2013 [6.2] mit den Anpassungen zur „Vorläufigen Richtlinie für die Trophieklassifikation von Talsperren“ [6.3] durchgeführt. Dazu werden in der Vegetationsperiode sechs- bis siebenmal im Epilimnion der Chlorophyll-a-Gehalt, die Phosphorkonzentration und die Sichttiefe sowie zweimal die Phosphorkonzentration während der Vollzirkulation bestimmt. Allerdings wurden im Jahr 2020 aufgrund der Einschränkungen durch die Corona-Pandemie mehrere Probenahmen nicht bzw. nur teilweise durchgeführt. Daher konnten während der Vegetationsperiode an den Talsperren lediglich jeweils drei bis vier anstelle der üblichen sieben Untersuchungen durchgeführt werden. Dadurch ergeben sich Auswirkungen auf die diesjährige Bewertung in der Art, dass die Ergebnisse zwar eine Einstufung und Bewertung zulassen, diese jedoch nicht so belastbar wie üblicherweise sind. Dieses ist bei den Aussagen im weiteren Text zu berücksichtigen.

In Bild 6.1 ist die vierzigjährige Entwicklung der Trophie der Ruhrverbandstalsperren dargestellt. Im Vergleich zum Vorjahr befand sich die Trophie auf dem gleichen Niveau oder ging sogar weiter zurück. Lediglich an den beiden nährstoffarmen Talsperren Verse und Lister konnte ein geringfügiger Anstieg verzeichnet werden, der allerdings im Schwankungsbereich der letzten Jahre lag.

Die Möhne- und Biggetalsperre, die sich bis in die 1980er Jahre hinein zeitweise noch als eutrophe Gewässer darstellten, befinden sich seit nunmehr 30 Jahren stabil in einem mesotrophen Zustand. An der Hennetalsperre hat sich dieser Prozess aufgrund massiver Entwicklungen des Cyanobakteriums („Blualge“) Planktothrix (Oscillatoria) rubescens bis Ende der 1990er Jahre verzögert, so dass hier der mesotrophe Zustand seit gut 20 Jahren gegeben ist. Heute spielt diese als mesotrophe Zeigerart eingestufte „Blualge“ in der Hennetalsperre wie in anderen Talsperren des Ruhrverbands, in denen sie seit mehreren Jahren zwar ebenfalls regelmäßig vorkommt, meist eine untergeordnete Rolle.

Lediglich in der Biggetalsperre wurde in den vergangenen Jahren temporär ein vermehrtes Vorkommen bis hin zum Aufrahmen dieser Cyanobakterien an der Wasseroberfläche beobachtet. Die starken Massenentwicklungen, wie sie in den 1990er Jahren in der Hennetalsperre vorhanden waren, traten an der Biggetalsperre allerdings nicht auf. Im Jahr 2020 zeigte *Planktothrix rubescens* in den Monaten Februar und Dezember bei hohen Strahlungsintensitäten und höheren Phosphorgehalten als im Sommer sowie aufgrund von Konkurrenzvorteilen gegenüber anderen Algengruppen eine ausgesprochen hohe Primärproduktion. Die im gleichen Zeitraum präsenten Kieselalgen spielten eine untergeordnete Rolle. Die genannten Algenentwicklungen im Winter können für eine Trophiebewertung nicht herangezogen werden, da laut den Vorgaben der Oberflächengewässerverordnung eine Bewertung auf Grund der Verhältnisse in der Vegetationsperiode vorgenommen werden muss. Die Algenentwicklungen in der Vegetationsperiode waren in diesem Jahr vergleichsweise niedrig. Dies ist wahrscheinlich auch durch die fehlenden Frühjahrswerte beeinflusst, was sich in dem guten Trophieindex niederschlägt.

Die größte Entwicklung hinsichtlich der Reoligotrophierung erfuhr die Sorpetalsperre. Diese hat schon aufgrund ihrer Beckenmorphologie – ein fast 60 m tiefes U-Tal – gute Voraussetzungen für eine wasserwirtschaftliche Bewirtschaftung. Im Nachgang zur Reduzierung der Phosphoreinträge durch die Außerbetriebnahme der Kläranlage Sundern-Amecke und der Überleitung der Abwässer zur Kläranlage Sundern im Dezember 2005 hat sich der Trophiegrad tendenziell verbessert. In den Vorjahren war die Sorpetalsperre erfreulicherweise als oligotroph zu bewerten. Die im Jahr 2018 und 2019 während einer ausgedehnten Schönwetterperiode aufgetretene Anstiege der sommerlichen Chlorophyll-a- und Phosphorgehalte waren im Jahr 2020 nicht zu beobachten. In diesem Jahr lagen bei allen sechs Probenahmen (vier davon in der Vegetationsperiode) ausgesprochen geringe, im Sommer sogar die niedrigsten Chlorophyll-a- und Phosphorgehalte seit Beginn der Untersuchungen an der Sorpetalsperre vor. Die Trophiebewertung als oligotrophes Gewässer bleibt erhalten. In der Listertalsperre stiegen zwar die sommerlichen Chlorophyll-a- und frühjährlichen Phosphorgehalte geringfügig an, die Trophie verbleibt aber auf dem Niveau der letzten 25 Jahre im Übergangsbereich zwischen Oligotrophie und Mesotrophie.

Die Trophie der im Jahr 1997 vom Ruhrverband übernommenen Ennepetalsperre zeigte zunächst eine Tendenz zu einem abnehmenden Trophiezustand, der in den Jahren 2012 und 2013 die Nähe des Grenzbereichs zur Oligotrophie erreichte. Diese Tendenz setzte sich seitdem allerdings nicht weiter fort. Vielmehr waren in den letzten sechs Jahren mittlere mesotrophe Verhältnisse in dieser Talsperre vorhanden. Hier spielen die Verlängerung der Vegetationsperiode und der leicht angestiegene Phosphoreintrag eine Rolle. Im diesjährigen Berichtszeitraum allerdings konnte bei den drei Untersuchungen in der Vegetationsperiode wieder ein leichter Rückgang zu trophieärmeren Verhältnissen beobachtet werden.

Die trockenen und strahlungsreichen Wetterbedingungen waren wie in den Jahren 2018 und 2019 auch im Sommer 2020 vorhanden und erreichten sowohl hinsichtlich Dauer als auch Intensität annähernd die Verhältnisse des Rekordjahrs 2018. Eine hohe Sonneneinstrahlung sowie fehlende Niederschläge waren im Jahr 2020 nahezu für den ganzen Zeitraum ab März bis September sowie für die letzten beiden Monate des Jahres gegeben. Mit Ausnahme der drei Talsperren Fürwigge, Lister und Verse waren in den Spätsommermonaten an allen Talsperren niedrigere Chlorophyll-a-Konzentrationen als im Vorjahr festzustellen.

Durch die im Jahr 2020 ausgesprochen warmen und strahlungsreichen Verhältnisse verlängerten sich die Vegetationsperiode und dadurch bedingt der Zeitraum einer thermischen Schichtung. Der im kühlen Tiefenwasser unter Sauerstoffverbrauch stattfindende Abbau abgestorbener Biomasse gehört zum typischen Kreislauf eines temperaturgeschichteten Gewässers. Kommt es im Spätsommer zu einem Algenabbau von leichterem Sommerplankton im Metalimnion (Sprungschicht), hier vor allem Cyanobakterien (Blualgen), kann sich auch noch im Herbst dort eine stabile sauerstofffreie Schicht ausbilden. Durch die weiterhin stattfindende Sauerstoffzehrung im Tiefenwasser entstanden wie auch in den letzten Jahren in der Möhne-, Ennepe- und Hennetalsperre dann oft kritische Sauerstoffverhältnisse für die kälteliebenden Fische, wie z. B. die Kleinen Maräne. Dank engmaschiger Kontrolluntersuchungen sowohl in der Ennepe- als auch der Hennetalsperre konnte festgestellt werden, dass eine zusätzliche hypolimnische Sauerstoffbegasung im Jahr 2020 nicht erforderlich war. Zu erwähnen ist in diesem Zusammenhang, dass die an der Ennepetalsperre in den Sommermonaten üblicherweise eingesetzte, fest installierte Tiefenwasserbelüftung im Jahr 2020 wieder in Betrieb genommen werden konnte. Diese Belüftungsanlage stand in den letzten beiden Jahren aufgrund einer Revision nicht zur Verfügung. Durch die aufgrund von Sanierungsarbeiten an der Dammdichtung stark abgesenkte Hennetalsperre (Bild 6.2) und ihrer damit einhergehenden geringeren Leistungsfähigkeit im Hinblick auf die Niedrigwasseraufhöhung wurde im Jahr 2020 die Möhnetalsperre durch die Aufrechterhaltung des Mindestabflusses in der Ruhr hydrologisch stark beansprucht. Durch den daraus folgenden niedrigen Füllstand zusammen mit der langen Vegetationsperiode musste in der

[6.1] Verordnung zum Schutz der Oberflächengewässer (OGewV). In: Bundesgesetzblatt, 2016, Teil I, Nr. 28, S. 1373 - 1443

[6.2] Länderarbeitsgemeinschaft Wasser (LAWA) – ProjektNr. O 4.10 Abschlussbericht: Ökologische Bewertung von natürlichen, künstlichen und erheblich veränderten Seen mit der Biokomponente Phytoplankton nach den Anforderungen der EU-Wasserrahmenrichtlinie, Stand Mai 2013

[6.3] Länderarbeitsgemeinschaft Wasser (LAWA) 2001 (Hrsg.): Gewässerbewertung – stehende Gewässer. Vorläufige Richtlinie für die Trophieklassifikation von Talsperren, Schwerin: Kulturbuch Verlag Berlin GmbH 2001. ISBN 3889612377



Bild 6.2: Hennetalsperre mit niedrigem Wasserstand aufgrund der durchgeführten Dammsanierung im Jahr 2020  
 Fig. 6.2: The Henne Reservoir with a low level of water due to the renovation of the dam in 2020

Möhnetalsperre noch im Spätsommer 2020 eine Tiefenwasserbegasung mit Sauerstoff erfolgen, um Schädigungen der hypolimnischen Fischbiozönose vorzubeugen. Dabei blieb aufgrund der weiterhin sonnigen, niederschlags- und windarmen Witterungsbedingungen die thermische Schichtung bis in den Oktober 2020 erhalten. Deswegen musste eine im September bei ausreichenden Sauerstoffbedingungen ausgesetzte Begasung nach kurzer Zeit wieder in Betrieb genommen werden. In der zweiten Oktoberwoche konnte die hypolimnische Sauerstoffanreicherung dann beendet werden.

Dass das Tiefenwasser von Talsperren mit Sauerstoff angereichert werden muss, ist nicht außergewöhnlich. So hatte der Ruhrverband bereits in den vergangenen Jahren in der Möhne-, Henne- und der Ennepetalsperre einem Fischsterben vorgebeugt. Abnehmende Sauerstoffgehalte im Tiefenwasser gehören bei temperaturgeschichteten stehenden Gewässern zu dem üblichen Jahreszyklus und stehen jedoch nicht zwingend in Zusammenhang mit der Wasserqualität, die auch im Jahr 2020 in allen Talsperren des Ruhrverbands ausgezeichnet war. Als Folge der durch den Klimawandel verursachten Situation treten allerdings metalimnische Sauerstoffabnahmen auf, die der Auslöser für kritische Verhältnisse auch in trophiearmen Gewässern sein können. Durch die z. B. an der Ennepe- und der Möhnetalsperre fest installierten bzw. in der Installation befindlichen Belüftungs- oder Begasungseinrichtungen kann auf diese veränderten Bedingungen bedarfsgerecht und noch schneller reagiert werden.

Die besonderen klimatischen Bedingungen, insbesondere in den letzten drei Jahren, und die im Jahresverlauf stärker abnehmenden Stauinhalte führten auch im Jahr 2020 zwar nach

wie vor zu einer erhöhten Belastung des Ökosystems Talsperre, beeinträchtigt jedoch in keiner Weise die Wasserqualität und den limnischen Lebensraum Talsperre. Hier wirken sich die abwassertechnischen Maßnahmen im Einzugsgebiet sowie die Talsperrenbewirtschaftung mit der Berücksichtigung wassermengenwirtschaftlicher, ökologischer und fischereilicher Aspekte positiv auf die einzelnen Talsperrensysteme aus.

### Ennepetalsperre

Am 27. Mai 1905 wurde die Ennepetalsperre (Bild 6.3) in Betrieb genommen. Ohne diese Talsperre, der größten im Ennepe-Ruhr-Kreis, wäre die Entwicklung der von der Wasserkraft abhängigen Eisen- und Stahlindustrie mit zahlreichen Schmelzen und Hammerwerken im Ennepetal nicht möglich gewesen. Weitere von einer ausreichenden Wasserversorgung abhängige Nutzungen waren bzw. sind die Bewässerung landwirtschaftlicher Flächen und die Fischzucht über aufgestaute Fischeiche. Heute spielt die Bereitstellung von Betriebswasser allerdings nur noch eine geringe Rolle. Neben den wasserwirtschaftlichen Aufgaben (Niedrigwasseraufhöhung, Hochwasserschutz) und der Stromerzeugung nahm seit Mitte des letzten Jahrhunderts der Aspekt der Trinkwasserversorgung einen immer größeren Raum ein. Die Trinkwasserentnahme stieg in dieser Zeit von 6 Mio. m<sup>3</sup>/a bis auf maximal 11,3 Mio. m<sup>3</sup>/a. Seit dem Jahr 2005 wurden von der Aktiengesellschaft für Versorgungsunternehmen (AVU) jährlich etwa 8,5 Mio. m<sup>3</sup>/a und seit vier Jahren etwa 7,8 Mio. m<sup>3</sup>/a Rohwasser zur Trinkwassergewinnung entnommen.

Sieben Jahre nach der Fertigstellung der Ennepetalsperre wurde im Jahr 1912 durch bauliche Maßnahmen das Stauziel von



Bild 6.3: Luftaufnahme der Ennepetalsperre  
Fig. 6.3: Aerial photograph of the Ennepe Reservoir

304,8 auf 307,3 m ü. NN und damit die Speicherkapazität von 10,3 auf 12,3 Mio. m<sup>3</sup> erhöht. 1981 musste diese Erhöhung aufgrund noch nicht abgeschlossener Standsicherheitsuntersuchungen wieder auf 305,5 m ü. NN abgesenkt werden. Im Jahr 1997 hat der Ruhrverband die Ennepetalsperre übernommen, auch mit dem Ziel, diese Sicherheitsuntersuchungen und die entsprechenden Sanierungsmaßnahmen zur Anpassung der Talsperre an die allgemein anerkannten Regeln der Technik durchzuführen. Im Frühjahr 2002 wurde das geplante Stauziel von 307,47 m ü. NN erreicht, bei einer Speicherfläche von 1,03 km<sup>2</sup> und einem Stauinhalt von 12,6 Mio. m<sup>3</sup>. Die theoretische Aufenthaltszeit des Wassers beträgt bei einem mittleren jährlichen Zufluss von knapp 40 Mio. m<sup>3</sup> etwa 113 Tage.

Das 48 km<sup>2</sup> große Einzugsgebiet weist eine für die Trinkwassergewinnung günstige Nutzungsstruktur auf. So sind lediglich knapp 10 % befestigte Flächen, und fast 40 % werden landwirtschaftlich, zum überwiegenden Teil extensiv als Viehweiden, genutzt. Über die Hälfte des Einzugsgebietes besteht aus Wald. Aufgrund der Nutzung als Trinkwassertalsperre sind im direkten Einzugsgebiet Wasserschutzgebiete ausgewiesen. So sind bis auf die „stille Erholung“, wie Wandern und Angeln, Freizeitaktivitäten weder am noch auf oder im Wasser erlaubt.

Nach der Sanierung der Staumauer wurde im Laufe des Jahres 1998 auch an der Ennepetalsperre das limnologische Untersuchungsprogramm aufgenommen, das sich in vielen Jahren an den anderen Ruhrverbandstalsperren bewährt hat. Das Bild 6.4 zeigt die Lage der untersuchten Probenahmestellen zu-

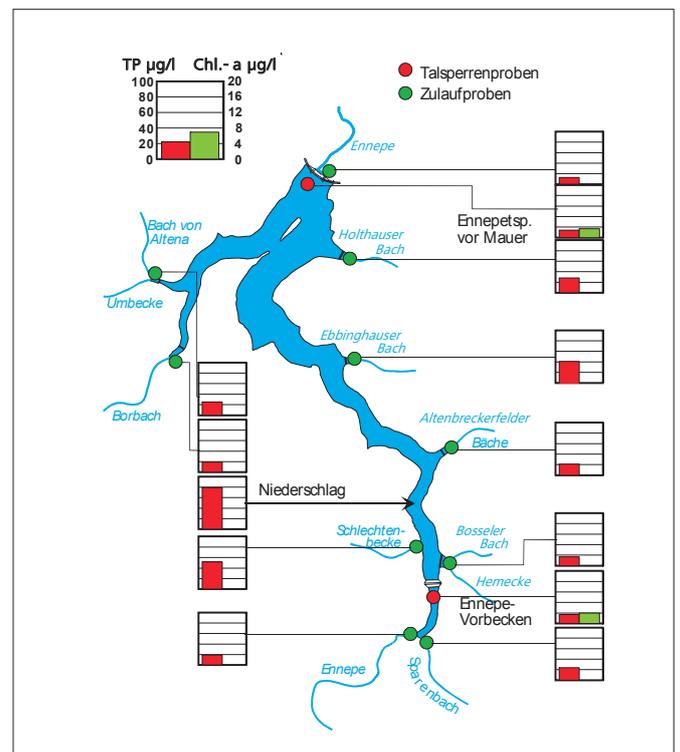


Bild 6.4: Probenahmestellen an der Ennepetalsperre mit Phosphor- und Chlorophyll-a-Konzentrationen im Talsperrensystem 2020  
Fig. 6.4: Sampling points at the Ennepe Reservoir together with phosphorus and chlorophyll-a concentrations in the reservoir system in 2020

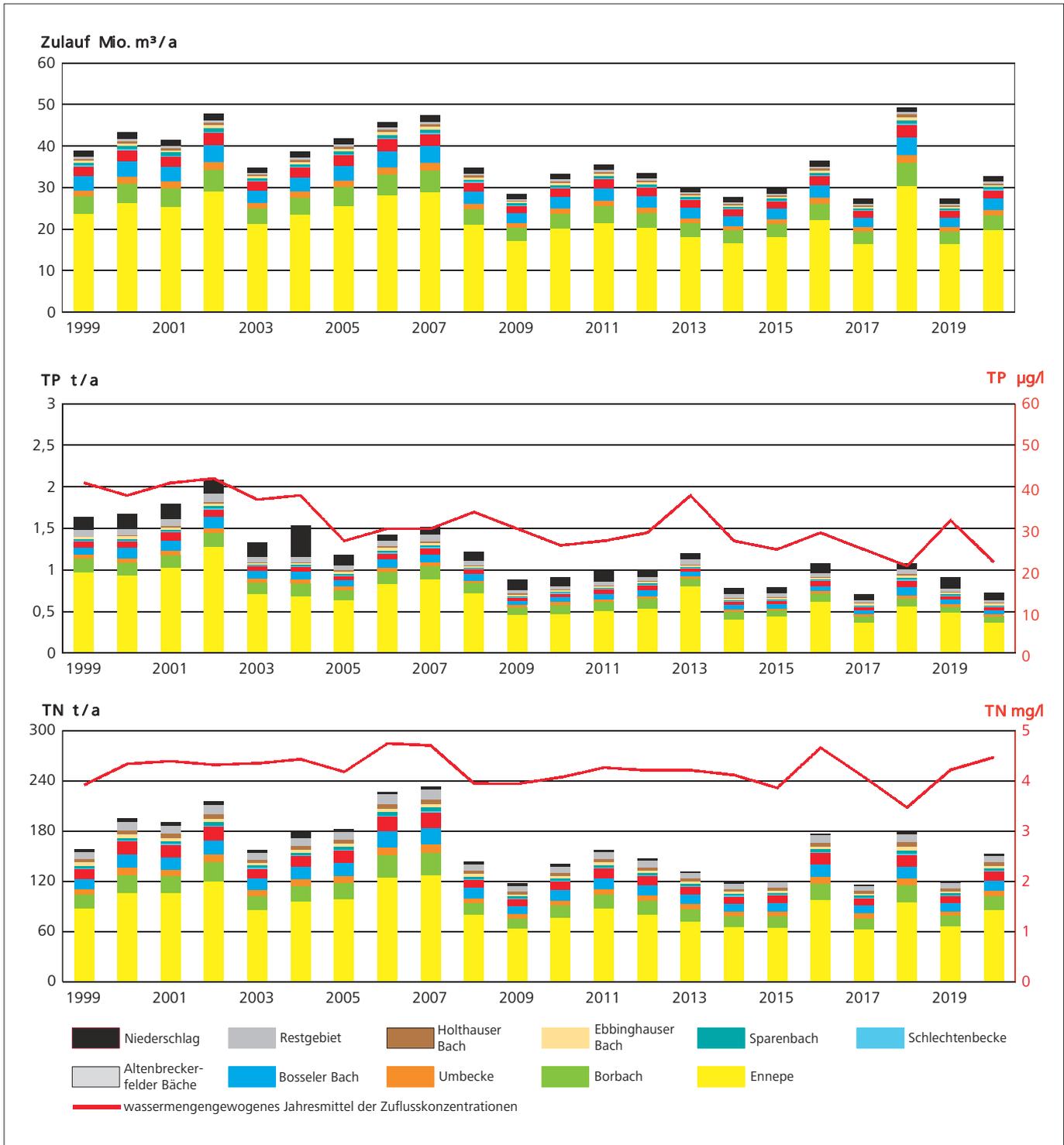


Bild 6.5: Zulauffrachten und wassermengengewichtete Jahresmittel aller untersuchten Zulaufkonzentrationen an der Ennepetalsperre in den letzten 22 Jahren

Fig. 6.5: Input loads and flowweighted annual means of analysed inflow concentrations at the Ennepe Reservoir during the last 22 years

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

Der Gesamtzufluss zur Ennepetalsperre bewegte sich über die Jahre 1999 bis 2007 auf einem Niveau um 44 Mio. m<sup>3</sup>/a (Bild 6.5). Nach dem Jahr 2008 ging dieser auf eine Zuflussmenge von durchschnittlich 34,0 Mio. m<sup>3</sup>/a zurück. Dies ist auf die klimabedingte Abnahme der Niederschläge im Einzugsgebiet zurückzuführen, die im letzten Jahrzehnt im Mittel etwa 10 % betrug. Niederschläge wirken sich erst ab einer bestimmten Intensität auf den Abfluss aus. Vor allem, wenn diese wie in den letzten Jahren auf ausgetrocknete Böden fallen, wird der Regen in den oberen Bodenschichten zurückgehalten und gelangt weder ins Grundwasser noch in die Fließgewässer. Dieser Sachverhalt schlägt sich im Vergleich zu den Niederschlagsmengen in einer proportional höheren Abnahme des Zuflusses von gut 20 % nieder.

Die Abnahme des Gesamtzuflusses führte zu geringeren in das Talsperrensystem eingetragenen Frachten von Phosphor und Stickstoff. Weil durch den Rückgang von Niederschlagsereignissen - insbesondere in den letzten drei Jahren - zudem oberflächennahe Abschwemmungen aus den landwirtschaftlich genutzten Flächen seltener auftraten, bewegten sich die Gesamtposphor-Konzentrationen im Gesamtzufluss auf einem erkennbar niedrigeren Niveau. Im Jahr 2020 lag die mittlere Konzentration bei 22 µg/l TP. Auswirkungen auf die Konzentrationen von Gesamtstickstoff waren durch diese Einflüsse nicht erkennbar, da bei den Stickstoffverbindungen die Stoffkonzentrationen weniger vom Abfluss- und Eintragsgeschehen abhängig sind. Im Berichtszeitraum lag die Konzentration von Gesamtstickstoff mit 4,5 mg/l TN im oberen Bereich der letzten zehn Jahre.

Das Bild 6.3 zeigt die durchschnittlichen Phosphor- und Chlorophyll-a-Konzentrationen im Talsperrensystem der Ennepe für das Jahr 2020. Es lagen sowohl hinsichtlich der Fracht als auch der Konzentrationen geringe Phosphoreinträge in das Vor- und Hauptbecken der Talsperre vor. Dies führte dazu, dass im Vorbecken, das üblicherweise eine etwas höhere Phosphorkonzentration aufweist, im Jahr 2020 mit 4,5 µg/l Chlorophyll-a eine ausgesprochen niedrige Primärproduktion und Phytoplanktondichte vorhanden war. In der Talsperre finden Produktions-, Abbau- und Sedimentationsprozesse statt, so dass dem Wasserkörper bis zur Staumauer unter anderem Phosphorverbindungen entzogen werden. Die Folge ist eine Abnahme der Phosphor- und Chlorophyll-a-Konzentrationen im Talsperrenverlauf, die im Jahr 2020 aufgrund schon niedriger Ausgangskonzentrationen relativ gering ausfiel.

Die mittleren Konzentrationen an der Probenahmestelle Ennepetalsperre vor Mauer (Bild 6.6) betrugen in diesem Jahr 14 µg/l TP und 3,4 µg/l Chlorophyll-a und lagen damit auf dem gleichen niedrigen Niveau wie in den letzten fünf Jahren mit Ausnahme des abflussreichen Jahres 2018. Hinsichtlich der

Stickstoffbelastung bewegten sich die mittleren Konzentrationen seit fünf Jahren im Bereich zwischen 2,3 und 2,8 mg/l TIN. Die Sauerstoff-Verbrauchsrate im Hypolimnion, die vor allem durch den mikrobiellen Biomasseabbau, aber auch durch die Atmung pflanzlicher und tierischer Organismen beeinflusst wird, lag mit mittleren 0,08 g/(m<sup>2</sup>•d) O<sub>2</sub> etwas niedriger als in den Jahren zuvor.

In Bild 6.7 ist die Entwicklung der Primär- und Sekundärproduktion an der Hauptprobenahmestelle „Ennepetalsperre vor Mauer“ für den Verlauf der letzten 23 Jahre dargestellt. Dieses zeigt neben dem Chlorophyll-a-Gehalt das Biovolumen des Phytoplanktons in der euphotischen Zone sowie das Biovolumen des Zooplanktons, das aus einem Vertikalfang über die gesamte Wassersäule erhalten wird. Die diesjährige Primärproduktion zeigt ein niedriges Niveau, wobei bei einer Bewertung die fehlenden Probenahmen berücksichtigt werden müssen. Allerdings zeigen auch die drei untersuchten Sommermonate, in denen Chlorophyll-a-Gehalte von maximal 4 µg/l auftraten, im langjährigen Vergleich eine sehr geringe Algenentwicklung an. Die Kieselalgen (Bacillariophyceae) stellten zusammen mit den Flagellaten (Cryptophyceae) die artenstärksten Algengruppen dar. Kieselalgen gehören zu den Vertretern planktischer pflanzlicher Organismen, die überwiegend in Gewässern mit einem niedrigen oder mäßigen Trophiegrad anzutreffen sind. Algen des typischen Sommerplanktons, wie z. B. die Gruppen der Grünalgen (Chlorophyceae) und Panzerflagellaten (Dinophyceae), traten kaum auf. Zu dieser Lebensgemeinschaft gehörten überwiegend Arten, die im mesotrophen Bereich zu Hause sind. Blaualgen (Cyanophyceae), die meist in meso- bis eutrophen Gewässern ihren Verbreitungsschwerpunkt haben,



Bild 6.6: Probenahmestelle der Ennepetalsperre vor Mauer  
Fig. 6.6: Sampling site Ennepe Reservoir before the dam

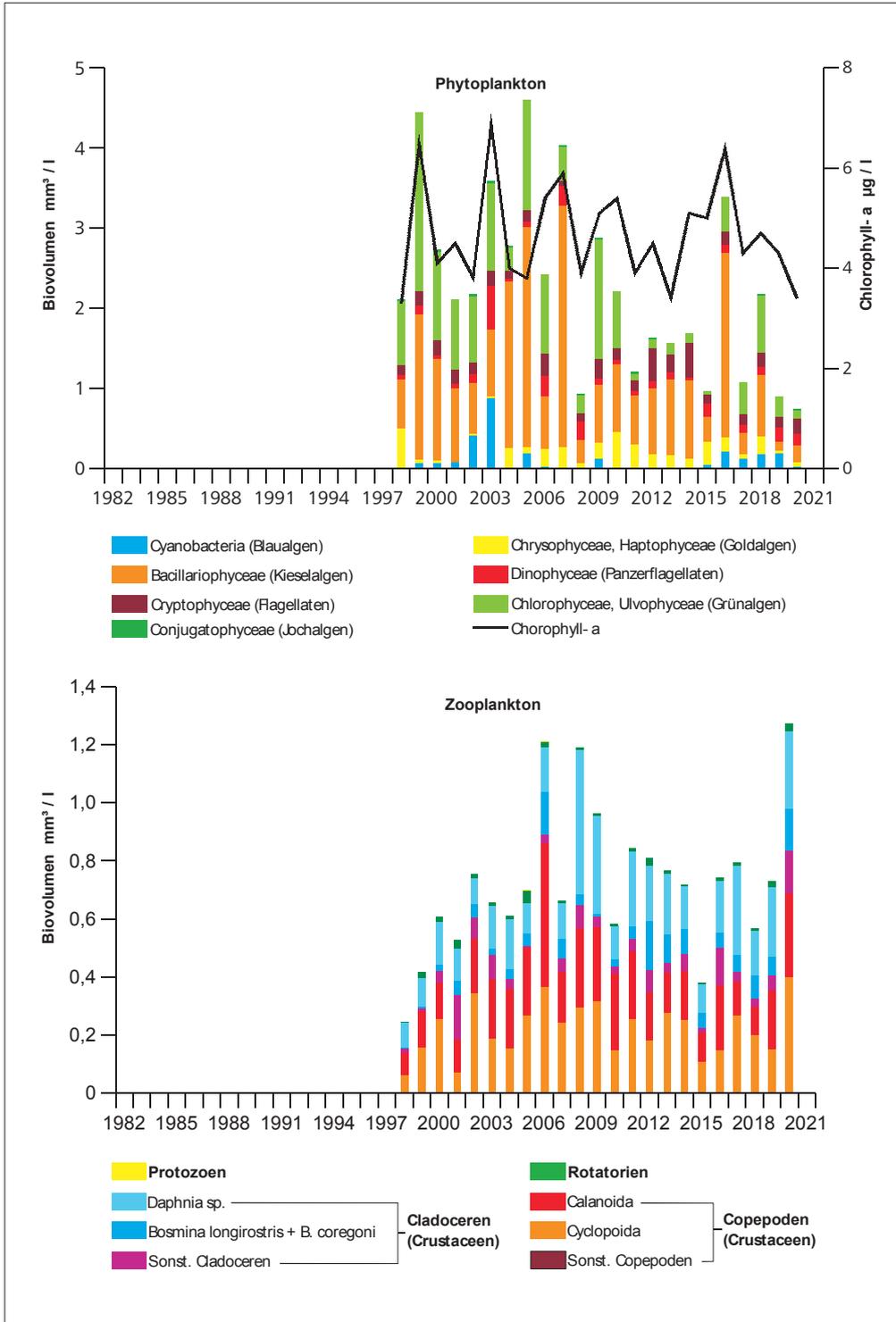


Bild 6.7: Phyto- und Zooplankton an der Probenahmestelle „Ennepetalsperre vor Mauer“ in den letzten 22 Jahren (Jahresmittel)

Fig. 6.7: Phytoplankton and Zooplankton at the sampling point "Ennepe Reservoir before the dam" during the last 22 years (annual means)

kommen seit Jahren in der Ennepetalsperre nur noch vereinzelt vor. Vor diesem Hintergrund ist die aktuelle Zusammensetzung des Phytoplanktons in der Ennepetalsperre mit einem artenreichen, an oligo- bis mesotrophe Verhältnisse angepassten Algenspektrum als positiv zu bewerten.

Das Zooplankton der Ennepetalsperre weist seit vielen Jahren eine ähnliche Artenzusammensetzung auf, nur die Anteile der einzelnen Individuengruppen am Gesamtzooplankton sind in den einzelnen Jahren etwas unterschiedlich. Auch hier ist zu berücksichtigen, dass der Berechnung des mittleren Biovolumens

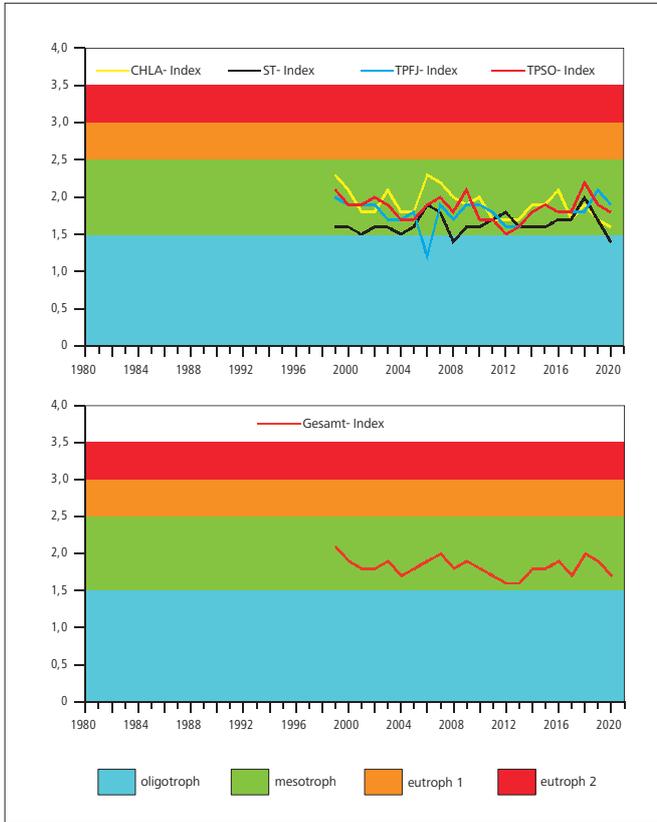


Bild 6.8: Entwicklung der Trophie in den letzten 22 Jahren in der Ennepetalsperre entsprechend der überarbeiteten Richtlinie für die Trophieklassifikation von Talsperren (LAWA 2013) [CHLA: Chlorophyll-a; ST: Sichttiefe; TP: Gesamtphosphor; FJ: Frühjahr; SO: Sommer]

Fig. 6.8: Development of the trophic status during the last 22 years in the Ennepe Reservoir according to the preliminary directive for the trophic classification of reservoirs (LAWA 2013) [CHLA: chlorophyll a; ST: Secchi depth; TP: total phosphorus; FJ: spring; SO: summer]

im Jahr 2020 aufgrund der Probenahmeinschränkungen nur drei statt sieben Werte zugrunde liegen. So rührt das im Vergleich zum Phytoplankton relativ hohe mittlere Biovolumen des Zooplanktons in diesem Jahr u. a. auch daher, dass in der zooplanktonarmen Phase im Jahr, dem Klarwasserstadium, keine Probenahme durchgeführt werden konnte. Das Zooplankton besteht, wie auch an anderen oligo- bis mesotrophen Talsperren, hinsichtlich des Biovolumens zu 99 % aus Kleinkrebsen (Crustaceen). Diese spielen im Nahrungsnetz einer Talsperre eine entscheidende Rolle, reduzieren sie doch durch ihren Fraßdruck die planktische Algen und sorgen so für ein ausgeglichenes und trophiearmes Ökosystem. Diese Ausgewogenheit wird auch durch die hohe Anzahl an filtrierenden Organismen deutlich, wie z. B. *Bosmina longirostris*, *Daphnia spec.*, *Cyclops* und *Eudiaptomus*, die ein typisches Merkmal trophisch intakter Gewässer sind. Sowohl die sehr kleinen Protozoen, die sich überwiegend von kleinsten organischen Partikeln ernähren, als auch die Rotatorien spielen hinsichtlich des Fraßdrucks auf das Phytoplankton kaum eine Rolle.

Die Trophie für die Ennepetalsperre wurde nach den Vorgaben des Abschlussberichts der LAWA 2013 [6.2] bestimmt und ist in Bild 6.8 für die vergangenen 22 Jahre sowohl mit dem Gesamttrophieindex als auch den vier Einzelindizes dargestellt. Bei der folgenden Bewertung ist zu berücksichtigen, dass für die zu bestimmenden Indices in der Vegetationsperiode (TPSO, CHL, ST) statt mindestens sechs nur drei Werte herangezogen werden konnten. Ein Vergleich mit vorangegangenen Jahren zeigte jedoch, dass die hier gezogenen Schlussfolgerungen plausibel sind. Mit einem Gesamttrophieindex von 1,7 befindet sich die Ennepetalsperre wie schon seit vielen Jahren im unteren bis mittleren mesotrophen Bereich. Mit einer Sichttiefe von im Mittel fünf Metern, einem Indiz für klares Wasser, wurden im Jahr 2020 zusammen mit dem ebenfalls planktonarmen Jahr 2008 überdurchschnittliche Werte für die Sichttiefe im Sommer gemessen. Der Mittelwert der letzten fünf Jahre beträgt in dem Vergleichszeitraum zu diesem Jahr vier Meter. Die Phosphorkonzentrationen bzw. -indices in der eisfreien Phase der Vollzirkulation (TPFJ) und in der Vegetationsperiode (TPSO) lagen im Mittel der letzten Jahre und zeigen mesotrophe Verhältnisse an. Insgesamt kann die Ennepetalsperre als ein stabiles mesotrophes Gewässer mit einer intakten, an diese Verhältnisse angepassten Biozönose eingestuft werden, das auch den besonderen klimatischen Bedingungen in den letzten Jahren standhält.

## 7 Organische Spurenstoffe in der Ruhr

Die Ruhr wurde im Jahr 2020 elfmal im Rahmen der Ruhr-längsuntersuchungen auf organische Substanzen untersucht. Die in diesem Zusammenhang entnommenen und analysierten Wasserproben stammen von zwölf Probenahmestellen im Fließverlauf der Ruhr sowie einer Stelle in der Lenne kurz vor deren Mündung in die Ruhr. Messergebnisse der im Rahmen des Niedrigwassermanagements zusätzlich durchgeführten Untersuchungen an ausgewählten, repräsentativen Probenahmestellen des Jahres 2020 fanden bei der hier vorliegenden Datenauswertung ebenfalls Berücksichtigung. Darüber hinaus erfolgte eine wöchentliche Beprobung der Ruhr an der Entnahmestelle in Essen-Rellinghausen. Im Folgenden werden ausgewählte Ergebnisse durchgeführter Analysen auf organische Substanzen, deren Gehalte sich im Spurenbereich bewegen, vorgestellt. Eine Auswahl der insgesamt mehr als 440 organischen Substanzen, auf welche die Wasserproben untersucht wurden, ist in Tabelle 7.1 dargestellt. Das Substanzspektrum umfasst beispielsweise Pharmaka, Komplexbildner, Pestizide, endokrin aktive Substanzen, Flammschutzmittel und Weichmacher. Der Analysenumfang richtet sich u. a. nach gesetzlichen Regelungen wie der Oberflächengewässerverordnung (OGewV) [7.1] und der europäischen Wasserrahmenrichtlinie (EG-WRRL) [7.2; 7.3; 7.4]. In den genannten Vorgaben enthalten sind Stoffe und Stoffgruppen, die zum Teil mit Umweltqualitätsnormen (UQN) versehen sind. Als zusätzliche Qualitätskriterien werden verschiedene nicht gesetzlich geregelte Werte wie zum Beispiel der für Trinkwasser geltende gesundheitliche Orientierungswert (GOW) und der Orientierungswert (OW) verwendet, die hier aber für Oberflächengewässer herangezogen werden (siehe Kapitel 2).

Neben den in diesem Kapitel durchgeführten Betrachtungen finden organische Spurenstoffe auch im Kapitel 11 sowie in den Kapiteln 16 und 24 Erwähnung. Diese unterscheiden sich teilweise in den Untersuchungsumfängen und -häufigkeiten sowie Probenahmestellen und -zeitpunkten sowie in den erreichten Bestimmungsgrenzen. Zudem werden bei der Bewertung stellenweise unterschiedliche Betrachtungszeiträume zugrunde gelegt. Alle erwähnten Aspekte haben Auswirkungen auf die genannten Konzentrationen und Frachten. Generell weisen die Auswertungen jedoch die gleiche Tendenz auf.

### Pharmaka, Diagnostika und deren Metabolite

Arzneimittel sind in der modernen Humanmedizin unverzichtbar und finden auch in der kommerziellen Tierhaltung breite Anwendung. Sie helfen Krankheiten zu heilen und zu diagnostizieren sowie Symptome, wie beispielsweise Schmerzen, zu lindern und darüber hinaus Krankheiten vorzubeugen. Die eingesetzten Wirkstoffe, unter anderem Schmerzmittel, Blutdruckmittel, Antibiotika und Diagnostika, wie z. B. Röntgen-

kontrastmittel, gehören zu den humantoxikologisch am besten untersuchten Substanzen. Zu den ökotoxikologischen Folgen der zum Teil in vergleichsweise geringen Konzentrationen vorkommenden Stoffe bzw. ihrer Metaboliten in Gewässern sind erst wenige Erkenntnisse vorhanden. Denkbar sind insbesondere chronische Schädigungen der aquatischen Biozönose. Um Effekte auf die menschliche Gesundheit zu haben, werden die in den Gewässern gemessenen Konzentrationen jedoch im Allgemeinen als zu gering angesehen [7.5]. Arzneimittel werden vom menschlichen Organismus häufig nicht oder nur unvollständig abgebaut. Vielfach entstehen Metabolite, die in einigen Fällen erst die therapeutisch wirksame Form darstellen. Über Ausscheidungen oder durch die Körperreinigung bei äußerlicher Anwendung, z. B. Cremes, zum Teil leider aber auch über die unsachgemäße Entsorgung von Medikamenten in Abfluss und Toilette, werden diese mit dem Abwasser über die Kanalisation in die Kläranlagen transportiert. Da auch in modernen konventionellen Anlagen nicht immer eine vollständige Elimination möglich ist, gelangen die Wirkstoffe selbst oder ihre Abbauprodukte in Oberflächengewässer. Arzneimittel aus der intensiven Tierhaltung erreichen meist mit Gülle und Mist landwirtschaftliche Flächen und werden bei Regenereignissen in Gewässer gespült, ohne dass die Möglichkeit besteht, diese zurückzuhalten.

In Deutschland wurden im Jahr 2012 etwa 8.100 t Wirkstoffe mit einer potenziellen Umweltrelevanz zur Behandlung von Menschen eingesetzt. Die Zahl der insgesamt verabreichten Substanzen betrug etwa 2.300, von denen etwa 150 in Oberflächengewässern als nachgewiesen gelten [7.6]. Unter den Wirkstoffen dominieren einige wenige. So entfielen zwei Drittel dieser Menge auf nur 16 verschiedene Wirkstoffe. 40 % der Gesamtmenge wiederum wurden allein durch drei Vertre-

[7.1] Verordnung zum Schutz der Oberflächengewässer (OGewV). In: Bundesgesetzblatt, 2016, Teil I, Nr. 28, S. 1373 - 1443

[7.2] Richtlinie 2000/60/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 23. Oktober 2000 zur Schaffung eines Ordnungsrahmens für Maßnahmen der Gemeinschaft im Bereich der Wasserpolitik. In: Amtsblatt der Europäischen Union, 2000, L 327, S. 1 - 72

[7.3] Richtlinie 2008/105/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 16. Dezember 2008 über Umweltqualitätsnormen im Bereich der Wasserpolitik und zur Änderung und anschließenden Aufhebung der Richtlinien des Rates 82/176/EWG, 83/513/EWG, 84/156/EWG, 84/491/EWG und 86/280/EWG sowie zur Änderung der Richtlinie 2000/60/EG. In: Amtsblatt der Europäischen Union, 2008, L 348, S. 84 - 97

[7.4] Richtlinie 2013/39/EU des Europäischen Parlaments und des Rates vom 12. August 2013 zur Änderung der Richtlinie 2000/60/EG und 2008/105/EG in Bezug auf prioritäre Stoffe im Bereich der Wasserpolitik. In: Amtsblatt der Europäischen Union, 2013, L 226, S. 1 - 17

[7.5] Ebert, I., Amato, R., Hein, A., Konradi, S.: Arzneimittel in der Umwelt – vermeiden, reduzieren, überwachen. In: Hintergrundpapier, Umweltbundesamt, April 2014

[7.6] Arzneimittelrückstände in Trinkwasser und Gewässern. In: Drucksache 19/16430, Deutscher Bundestag, Januar 2020

Tabelle 7.1: Ausgewählte organische Einzelverbindungen des Untersuchungsprogramms für das Jahr 2020  
Table 7.1: Selected organic compounds of the investigation program 2020

Röntgenkontrastmittel	Antibiotika	Fenoprop	PAK
Amidotrizoensäure <sup>3</sup>	Azithromycin <sup>3</sup>	Fenoxaprop	Acenaphthen <sup>4</sup>
Iohexol	Ciprofloxacin	Fenpropimorph <sup>2</sup>	Acenaphthylen
Iopamidol <sup>3</sup>	Clarithromycin <sup>4</sup>	Fipronil	Anthracen <sup>1,2</sup>
Iopromid	Clindamycin <sup>4</sup>	Flufenacet <sup>2,3</sup>	Benzo[a]anthracen <sup>4</sup>
Ioversol	Erythromycin, dh-Erythromycin	Fluroxypyr	Benzo[a]pyren <sup>1,2</sup>
Iomeprol	Piperacillin	Furtamon <sup>2,3</sup>	Benzo[b]fluoranthen <sup>1,2,4</sup>
Ioxithalaminsäure	Roxythromycin	Haloxypol	Benzo[g,h,i]perylene <sup>1,2</sup>
<b>Medikamente und ihre Metabolite</b>	Sulfadiazin	HCH ( $\alpha$ -, $\beta$ -, $\delta$ -, $\epsilon$ -, und $\gamma$ -) <sup>1,2</sup>	Benzo[k]fluoranthen <sup>1,2,4</sup>
10,11-Dihydro-10,11-dihydroxycarbamazepin	Sulfamethoxazol <sup>4</sup>	Heptachlor, Heptachlorepoxid <sup>1,2</sup>	Chrysen
4-Acetamidoantipyrin	Sulfapyridin	Hexachlorbenzol	Fluoranthen <sup>1,2</sup>
4-Aminophenazon	Trimethoprim	Hexachlorbutadien	Fluoren <sup>4</sup>
4-Formylaminoantipyrin	<b>Süßstoffe</b>	Hexazinon <sup>2</sup>	Indeno[1,2,3-cd]pyren <sup>1,2,4</sup>
Acetyl-Sulfametaxazol	Acesulfam	Imazail	Naphthalin <sup>1,2</sup>
Amisulprid	Cyclamat	Imidacloprid <sup>2</sup>	Phenanthren <sup>2</sup>
Atenolol	Saccharin	Ioxynil <sup>4</sup>	Pyren <sup>4</sup>
Bezafibrat	Sucralose	Isoproturon <sup>1,2</sup>	<b>Flammschutzmittel, Weichmacher</b>
Bisoprolol	<b>Synthetische Komplexbildner</b>	Linuron <sup>2</sup>	BDE 28, 47, 99, 100, 153, 154 <sup>1,2</sup> , 183
Buflomedil	DTPA	MCPA <sup>2</sup>	Hexabromcyclododecan (HBDCD) <sup>2</sup>
Candesartan <sup>3</sup>	EDTA <sup>4</sup>	MCPB <sup>4</sup>	2,4,6-Tribromphenol
Carbamazepin <sup>3,4</sup>	NTA <sup>4</sup>	Mecoprop (MCP) <sup>2</sup>	PCB 28, 52, 101, 138, 153, 180 <sup>2</sup> , 194
Carbamazepinepoxyd	MGDA	Mesotriol	Tributylphosphat (TBP) <sup>4</sup>
Clenbuterol	<b>Pestizide und ihre Metabolite</b>	Metalaxyl <sup>3</sup>	Triethylphosphat (TEP)
Clofibrinsäure <sup>4</sup>	2,4,5-T <sup>4</sup>	Metazachlor <sup>2,3</sup>	Triphenylphosphat (TPP) <sup>4</sup>
Desmethyltramadol	2,4,5-TP	Metazachlor ESA	Tripropylphosphat
Diazepam	2,4-D <sup>2</sup>	Methabenzthiazuron <sup>2</sup>	Tris(butoxyethyl)phosphat (TBEP)
Diclofenac <sup>3,4</sup>	2,4-DB	Methiocarb	Tris(chloroethyl)phosphat (TCEP) <sup>4</sup>
Fenoprofen	2,4-DP (Dichlorprop)	Methoxychlor	Tris(chlorisopropyl)phosphat (TCPP) <sup>3</sup>
Fexofenadin	Acetamiprid	Methyldephenylchloridazon	Tris(dichlorisopropyl)phosphat (TDCCP)
Gabapentin <sup>3</sup>	Aclonifen <sup>1,2</sup>	Metolachlor <sup>2,3</sup>	Tritolylphosphat
Gabapentin-Lactam <sup>3</sup>	Alachlor <sup>1,2</sup>	Metolachlor CGA 37735	Diethylphthalat
Gemfibrozil	alpha-, beta-Endosulfan	Metolachlor CGA 50267	Dimethylphthalat
Hydrochlorothiazid	Atrazin, Simazin <sup>1,2</sup>	Metolachlor ESA	Butylbenzylphthalat <sup>4</sup>
Hydroxydiclofenac	Azinphos-methyl-, -ethyl <sup>2</sup>	Metoxuron <sup>4</sup>	Bis(2-ethylhexyl)phthalat <sup>1,2</sup>
Hydroxymetoprolol	Azoxystrobin <sup>3</sup>	Metribuzin <sup>2</sup>	Di(2-ethylhexyl)adipat
Ibuprofen <sup>3,4</sup>	Bentazon <sup>2</sup>	Mirex	2-Ethylhexyl-4-methoxycinnamat
Indoprofen	Bifenox <sup>1,2</sup>	Monolinuron <sup>2</sup>	Bisphenol A <sup>4</sup>
Irbesartan	Boscalid	Nicosulfuron <sup>2</sup>	Bisphenol F
Ketoprofen	Bromacil <sup>2</sup>	Nitenpyram	Tetrabrombisphenol A
Lamotrigin <sup>3</sup>	Bromocyclen <sup>4</sup>	Phenmedipham <sup>4</sup>	<b>Alkylphenole, -ethoxylate</b>
Metoprolol <sup>4</sup>	Bromoxynil <sup>2</sup>	Pirimicarb <sup>2</sup>	Nonylphenol <sup>1,2</sup>
Nadolol	Carbendazim <sup>2</sup>	Prometryn <sup>2</sup>	4-tert-Octylphenol <sup>1,2</sup>
Naproxen	Carbetamid	Propazin <sup>4</sup>	4-OP-1-EO
N-Desethylvardenafile	Carfentrazon-ethyl	Propiconazol <sup>2</sup>	4-NP-1-EO
N-Desmethylsildenafil	Carflutrazon-ethyl	Prosulfocarb	4-OP-2-EO
Oxazepam	Chlorfenvinphos <sup>1,2</sup>	Quinmerac <sup>3</sup>	4-NP-2-EO
Oxipurinol <sup>3</sup>	Chloridazon <sup>2,3</sup>	Quinoxifen <sup>1,2</sup>	<b>Perfluorierte Verbindungen</b>
Paracetamol	Chloroxuron <sup>4</sup>	Sebuthylazin	Perfluorbutansäure (PFBA)
Phenazon <sup>3,4</sup>	Chlorpropham	Sulcotrion <sup>2</sup>	Perfluorbutansulfonsäure (PFBS)
Phenylethylmalonamid	Chlorpyrifos-ethyl <sup>1,2</sup>	Tebuconazol <sup>4</sup>	Perfluordecansäure (g-PFDA) <sup>3</sup>
Pregabalin	Chlorthalonil <sup>3</sup>	Terbutylazin <sup>2</sup>	Perfluorheptansäure (g-PFHpA) <sup>3</sup>
Primidon <sup>3</sup>	Chlorthalonil R417888	Terbutryn <sup>1,2</sup>	Perfluorhexansäure (g-PFHxA)
Propranolol	Chlortaluron <sup>2</sup>	Thiacloprid <sup>3</sup>	Perfluorhexansulfonsäure (g-PFHxS)
Propyphenazon <sup>3</sup>	Clodinafop	Thiamethoxam	Perfluornonansäure (g-PFNA)
Ramipril	Clopyralid	Trifluralin <sup>1,2</sup>	Perfluorooctansäure (g-PFOA)
Ritalinsäure	Clothianidin	<b>Leichtfl. org. Stoffe, VOC</b>	Perfluorooctansulfonsäure (g-PFOS) <sup>1,2</sup>
Salbutamol	Cyanazin <sup>4</sup>	1,1,1-Trichlorethan <sup>4</sup>	Perfluorpentansäure (PFPeA) <sup>3</sup>
Sildenafil	Cybutryn <sup>1,2</sup>	1,2-Dichlorethan <sup>1,2</sup>	1H,1H,2H,2H-PFOS (H4PFOS) <sup>3</sup>
Sitagliptin	Cyclodien Pestizide <sup>2</sup>	Benzol <sup>1,2</sup>	<b>Benzotriazole</b>
Sotalol	Desethyl-, Desisopropylatrazin	Chlorbenzol <sup>2</sup>	1H-Benzotriazol <sup>3</sup>
Sulfamethoxazol-, -Glucuronid	Desethylterbutylazin	Dichlormethan <sup>1,2</sup>	4-Methyl-1H-Benzotriazol
Sulpirid	Desmedipham	Ethylbenzol <sup>4</sup>	5-Methyl-1H-Benzotriazol
Tadalafil	Desphenylchloridazon	Hexachlorbutadien <sup>1,2</sup>	<b>Moschus-Duftstoffe</b>
Telmisartan	Diazinon <sup>2</sup>	Isopropylbenzol <sup>4</sup>	Galaxolide <sup>4</sup>
Temazepam	Dichlorvos <sup>1,2</sup>	o-, m/p-Xylol <sup>4</sup>	Tonalide <sup>4</sup>
Timolol	Diffufenican <sup>2</sup>	Tetrachlorethen <sup>2</sup>	<b>Weitere org. Spurenstoffe</b>
Tolbutamid	Dimethylsulfamid	Tetrachlormethan <sup>2</sup>	Anilin <sup>2</sup>
Tolfenaminsäure	Dimoxystrobin <sup>2</sup>	Trichlormethan (Chloroform) <sup>1,2</sup>	Benzothiazol
Tramadol	Dinoterb	<b>Steroidhormone</b>	Chlornitrobenzole <sup>2,4</sup>
Valsartan <sup>3</sup>	Diuron <sup>1,2,4</sup>	Estron	Nitrobenzol <sup>2</sup>
Valsartansäure <sup>3</sup>	Epoxiconazol <sup>2</sup>	17-beta-Estradiol <sup>4</sup>	TMDD
Vardenafil	Ethidimuron	17-alpha-Ethinylestradiol <sup>4</sup>	TOSU <sup>3</sup>
Venlafaxin	Ethofumesat <sup>4</sup>	Testosteron	Triclosan <sup>2,4</sup>

<sup>1</sup> prioritärer Stoff der EG-WRRL

<sup>2</sup> Substanz besitzt eine UQN gemäß EG-WRRL und/oder OGEV

<sup>3</sup> Substanz besitzt einen GOW

<sup>4</sup> Substanz besitzt einen OW

ter bestritten, nämlich von dem Antidiabetikum Metformin, dem Schmerz- und Rheumamittel Ibuprofen sowie dem Schmerzmittel Metamizol [7.7].

Zurzeit erfolgt im Kooperationslabor die Analyse von mehr als 110 Arzneimittelsubstanzen und -metaboliten, die im Jahr 2020 in über 210 Proben der Ruhr bestimmt wurden. Anforderungen an die Konzentration von Arzneimittelwirkstoffen in Oberflächengewässern sind bisher nicht Bestandteil der OGewV oder der EG-WRRL. Allerdings existieren für einige im Ruhreinzugsgebiet relevante Diagnostika, Arzneimittelwirkstoffe und -metabolite gesetzlich nicht verbindliche OW, die hier auf Gewässer übertragen werden. Zusätzlich können GOW herangezogen werden, deren Unterschreitung einen unbedenklichen, lebenslangen Trinkwassergenuss für Menschen indiziert (siehe Kapitel 2).

Die zu den Diagnostika gehörenden, in radiologischen Praxen und Krankenhäusern verabreichten iodierten Röntgenkontrastmittel (RKM) absorbieren bei entsprechenden Untersuchungen eingesetzte Strahlung stärker als normales Weichteilgewebe und helfen so gezielt, bestimmte Gewebestrukturen sichtbar zu machen. Durchschnittlich erhalten Patienten pro Untersuchung eine Kontrastmitteldosis, die etwa 30 g Iod enthält [7.8]. Aufgrund ihrer Struktur und damit einhergehender durchaus beabsichtigter Eigenschaften werden sie kurz nach der Applikation unverändert und vollständig über die Nieren ausgeschieden und gelangen über die konventionelle Abwasserbehandlung mit dem gereinigten Abwasser in die Oberflächengewässer. Ökotoxikologisch besitzen die Substanzen keine bekannte Relevanz. Eine Akkumulation ist wegen ihrer hohen Polarität nicht zu erwarten [7.9].

Die Ruhr wurde im Berichtszeitraum auf insgesamt sieben iodierter RKM untersucht. Ohne jegliche Befunde oberhalb ihrer Bestimmungsgrenze von 0,1 µg/l blieb wie in den Vorjahren die

**loxithalaminsäure**. Das RKM **loversol** war mit vereinzelt Befunden oberhalb der Bestimmungsgrenze von 0,05 µg/l in der Ruhr zu finden. Die jeweiligen Jahresmittelwerte an den verschiedenen Probenahmestellen überschritten die Bestimmungsgrenze allerdings nur an zwei Probenahmestellen geringfügig. Relevante Befunde im Ruhrlängsverlauf ließen sich für **lopamidol** in den Jahren 2018 und 2019 erst ab der achten Probenahmestelle bei Ruhr-km 95,15 beobachten. Im Jahr 2020 waren nennenswerte Konzentrationen in der Ruhr erst bei km 80,66 an der Probenahmestelle Wetter festzustellen. Der Jahresmittelwert lag bei 0,28 µg/l. Grund für den Anstieg ist die Lenne, die in ihrem Mündungsbereich eine mittlere Konzentration von 0,56 µg/l aufwies. Die Konzentration von lopamidol blieb an der nächsten Probenahmestelle weitgehend konstant und erreichte an der Stelle Ü.-Station Essen-Werden mit 0,55 µg/l ihren höchsten Jahresmittelwert, der auch an der Probenahmestelle Duisburg Bestand hatte. Für die Substanzen **lomeprol** und **lopromid** waren im Jahr 2020 signifikante Konzentrationen ab Fluss-km 160,72 in Höhe Oeventrop festzustellen. Ihre maximalen Konzentrationen erreichten die beiden Vertreter jedoch in der unteren Ruhr. lomeprol wies an der Probenahmestelle Ü.-Station Hattingen einen Jahresmittelwert von 0,84 µg/l auf, lopromid einen Wert von 0,23 µg/l an der Probenahmestelle bei Duisburg. Die Konzentrationen von **Amidotrizoesäure** und **lohexol** nahmen von der Quelle bis zur Probenahmestelle Essen-Werden zu und erreichten an dieser Stelle Werte von 0,33 bzw. 0,86 µg/l. Die mittleren Konzentrationen für Amidotrizoesäure und lopamidol unterschritten an allen Probenahmestellen der Ruhr den jeweils geltenden GOW von 1 µg/l. Nur in einer Einzelmessung wurde dieser für lopamidol überschritten.

Unter den in der Ruhr untersuchten Röntgenkontrastmitteln war lohexol die Substanz mit der höchsten Jahresfracht an der Probenahmestelle Essen-Rellinghausen. Ermittelt wurde diese durch die an erwähnter Stelle gemessene Konzentration unter

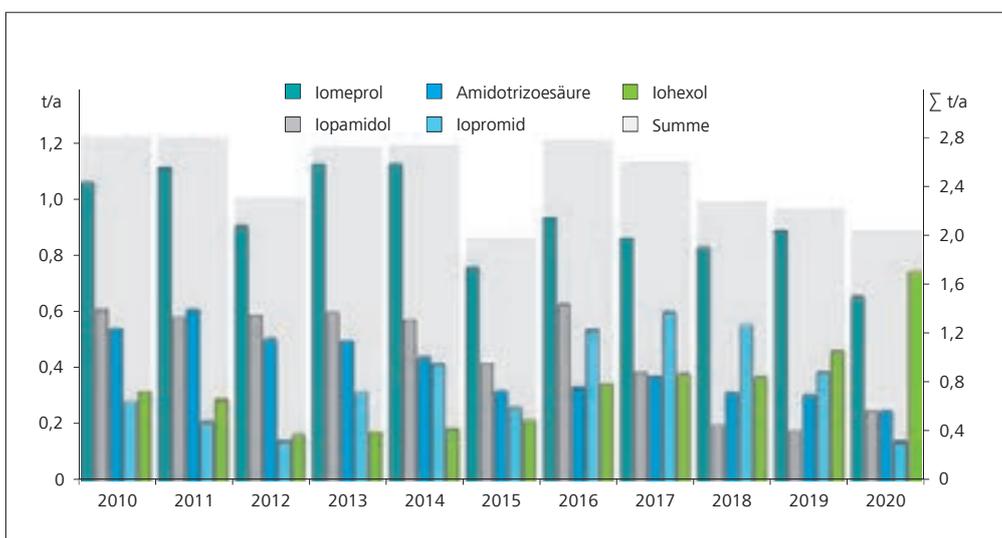


Bild 7.1: Entwicklung der Jahresfrachten von Amidotrizoesäure, lopromid, lohexol, lopamidol und lomeprol in der Ruhr bei Essen-Rellinghausen

Fig. 7.1: Development of annual loads of Amidotrizoic acid, lopromide, lohexol, lopamidol and lomeprol in the river Ruhr at Essen-Rellinghausen.

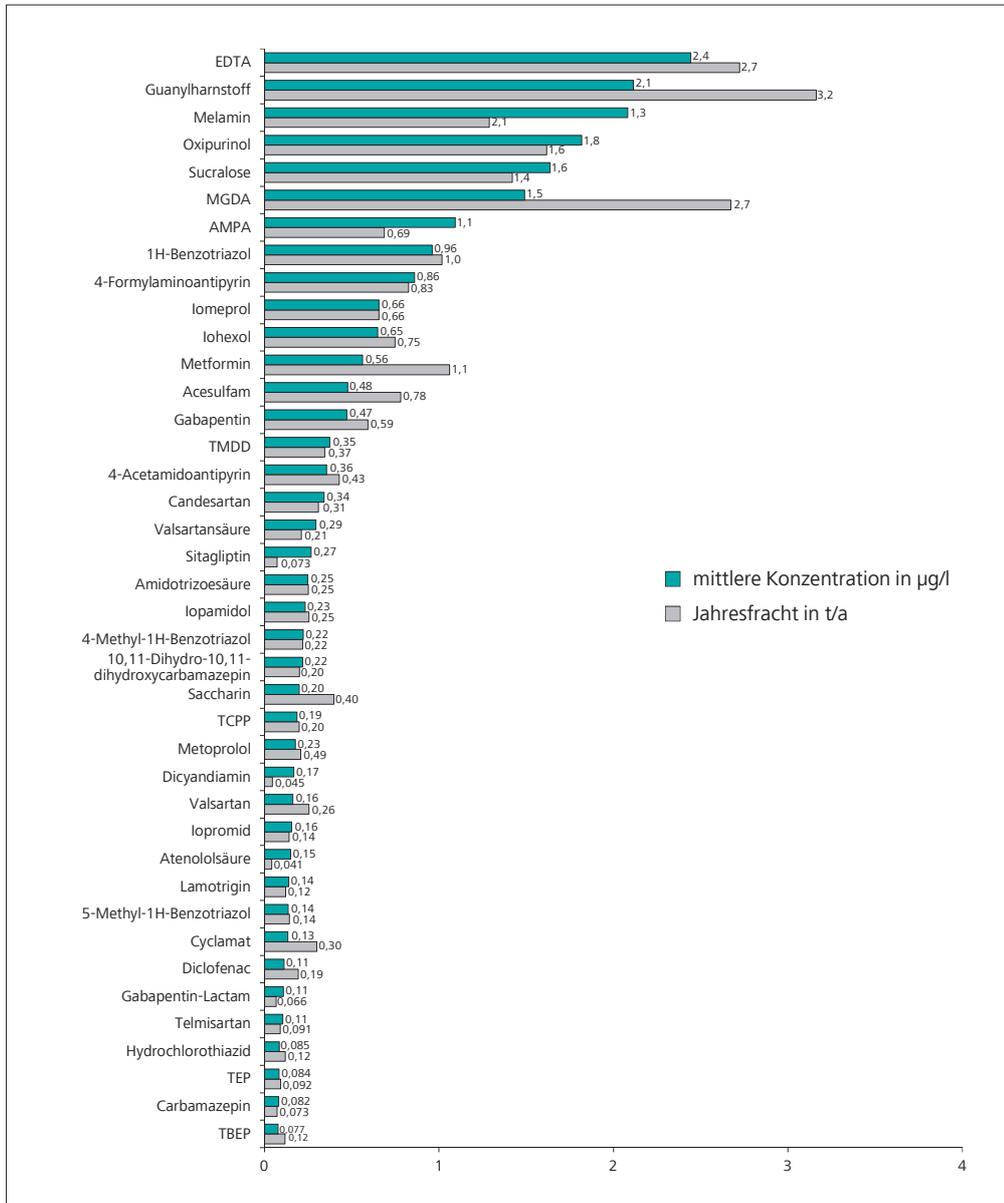


Bild 7.2: Ausgewählte organische Spurenstoffe mit ihren Jahresfrachten und mittleren Konzentrationen in der Ruhr bei Essen-Rellinghausen im Jahr 2020

Fig. 7.2: Selected organic trace substances with their annual loads and mean concentrations in the river Ruhr at Essen-Rellinghausen 2020

Verrechnung mit dem korrespondierenden Tagesmittelwert des Abflusses der Ruhr am Pegel Hattingen. Der Wert von 0,75 t/a für Iohexol stellt eine deutliche Steigerung im Vergleich zu den Vorjahren dar und setzt den ansteigenden Trend fort. Damit einher ging auch ein Anwachsen der Jahresdurchschnittskonzentration, ein Umstand, der seit dem Jahr 2012 zu beobachten ist. Gegenteilig verhält es sich mit der errechneten Fracht des lomeprols. Diese sinkt seit Jahren und betrug mit 0,66 t/a für das Jahr 2020 nur noch 60 % des Wertes von 2010. Auch bezüglich der Jahresfrachten von Iopromid und Amidotrizoesäure war ein Rückgang festzustellen. Fracht und zugehörige Konzentration von Iopamidol in der Ruhr bei Essen-Rellinghausen wuchsen auf 0,25 t/a bzw. 0,23 µg/l an, nachdem im Vorjahr die niedrigsten seit Messbeginn im Jahre

2010 festzustellen waren. Die Summe der Fracht der fünf mit relevanten Gehalten in der Ruhr nachgewiesenen RKM nahm auch im fünften Jahr in Folge geringfügig ab (Bild 7.1).

**Oxipurinol**, selbst kein Arzneimittel, ist der sogenannte aktive Metabolit des verbreiteten Gichtmittels Allopurinol. Die Substanz wird erst nach der Einnahme durch das Enzym Xan-

[7.7] [https://www.kompetenz-wasser.de/wp-content/uploads/2017/05/abschlussbericht\\_rkm-p2.pdf](https://www.kompetenz-wasser.de/wp-content/uploads/2017/05/abschlussbericht_rkm-p2.pdf), Zugriff 02. April 2021

[7.8] Viotoris, F. et al: Mikroschadstoffe in Gewässern. Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft Wasser, März 2016

[7.9] <https://www.arzneimittel-atlas.de/arzneimittel/a10-antidiabetika/verbrauch/>, Zugriff 20. Februar 2021

thinoxidase im menschlichen Körper gebildet. Oxipurinol hemmt das genannte Enzym und verhindert so die Synthese von Harnsäure [7.10].

In der Ruhr konnte Oxipurinol ab der Probenahmestelle unterhalb Meschede bei Fluss-km 175,32 in allen untersuchten Proben oberhalb der Bestimmungsgrenze von 0,05 µg/l nachgewiesen werden. Die mittleren Konzentrationen im Fließverlauf stiegen bis kurz vor der Mündung relativ gleichmäßig an und erreichten mit einem Jahresmittelwert von 2,2 µg/l ihr Maximum bei Essen-Werden. Damit ist der GOW von 0,3 µg/l dort und an vielen anderen Probenahmestellen der Ruhr deutlich überschritten. An der Dauermessstelle Essen-Rellinghausen konnte mit 1,8 µg/l eine höhere mittlere Durchschnittskonzentration als im Vorjahr ermittelt werden. Zudem war die Jahresfracht an dieser Stelle etwas höher als im Jahr zuvor. Oxipurinol zählte mit 1,6 t/a zu den Stoffen, die im Jahr 2020 eine hohe Fracht in der Ruhr aufwiesen (Bild 7.2). Gleichfalls wurde es in vielen anderen deutschen Oberflächengewässern mit hohem Anteil an gereinigtem Abwasser nachgewiesen. Die Konzentrationen lagen zwischen 0,09 und 22,6 µg/l [7.11].

Das Schmerzmittel Metamizol war vor mehr als 100 Jahren eines der ersten Medikamente, das synthetisiert und eingesetzt wurde ohne ein Naturstoffvorbild zu besitzen. Die Verordnungsmengen zeigen eine kontinuierliche Zunahme von metamizolhaltigen Medikamenten und dies obwohl sich die Indikation des rezeptpflichtigen Medikaments nur auf die Behandlung starker Schmerzen beschränkt [7.12]. Trotz dieser Einschränkung nahm Metamizol im Jahr 2016 unter den Analgetika mit 208 Mio. verordneten Tagesdosen, im Jahr 2007 waren es lediglich 87 Mio., innerhalb der Gesetzlichen Krankenversicherung (GKV) den ersten Platz ein [7.13]. Wird die Anzahl der rezeptierten Tagesdosen (DDD = Defined Daily Dose) mit der zugehörigen Dosis, die laut WHO 3 g beträgt, multipliziert, ergeben sich rund 620 t nur aus dem Bereich der GKV in Deutschland. Der Wirkstoff Metamizol ist ein sogenanntes Prodrug und wird auf unterschiedlichen Wegen, je nach Applikation, im Organismus zu verschiedenen Metaboliten umgesetzt. Die Substanz hydrolysiert im Organismus vollständig zum therapeutisch wirksamen 4-Methylaminoantipyrin. Dieser Metabolit wird nachfolgend hauptsächlich zu **4-Formylaminoantipyrin (FAA)** und 4-Aminoantipyrin transformiert, welches wiederum teilweise zu **4-Acetaminoantipyrin (AAA)** umgesetzt wird [7.14]. Die Metabolite FAA und AAA konnten im Längsverlauf der Ruhr bereits ab der zweiten Probenahmestelle nahezu in allen Proben oberhalb ihrer Bestimmungsgrenze von 0,01 µg/l nachgewiesen werden. Die mittleren Konzentrationen der Substanzen nahmen im Fließverlauf der Ruhr, dem zunehmenden Anteil an gereinigtem Abwasser folgend, zu. Die jeweiligen Maxima fanden sich wie in den Vorjahren an der Probenahmestelle Essen-Werden. Beide Konzentrationen waren dort 2020 etwas höher als im Vorjahr und betragen 0,39 µg/l für AAA sowie 1,0 µg/l für FAA. Der GOW von 0,3 µg/l für FAA wird an vielen Probenahmestellen in der Ruhr überschritten. Dieser Umstand ist bei einer Reihe von Flüssen in NRW wie Erft, Wupper, Sieg, Lippe und Ems eben-

falls zu beobachten [7.15]. An der wöchentlich untersuchten Probenahmestelle Essen-Rellinghausen nahmen gegenüber dem Vorjahr die mittleren Konzentrationen ebenfalls etwas zu. Die Jahresfrachten blieben auf konstantem Niveau.

**Tramadol**, strukturell verwandt mit Codein und Morphin, wird ebenfalls als Analgetikum eingesetzt. Die Verschreibungsmenge im Bereich der GKV für das Jahr 2016 lag mit etwa 22 t deutlich unter der des Metamizols. Nach Einnahme werden etwa 30 % unverändert, der Rest metabolisiert über den Urin ausgeschieden [7.16]. An der Probenahmestelle Essen-Rellinghausen wurde im Jahr 2020 für Tramadol eine mittlere Konzentration von 0,045 µg/l und für dessen Metaboliten Desmethyltramadol von 0,020 µg/l ermittelt.

**Diclofenac**, ein Nicht-Opioid-Analgetika, ist auch rezeptfrei in der Apotheke zu erwerben und wird zusätzlich als Entzündungshemmer in der Rheumatherapie verschrieben. Der Verbrauch in Deutschland liegt bei etwa 85 t im Jahr. Im Rahmen der umweltpolitischen Diskussion ist derzeit die Festlegung einer JD-UQN von 0,05 µg/l für Diclofenac in der Diskussion, welche dem gegenwärtigen, gesetzlich nicht verbindlichen Orientierungswert entspreche [7.17].

Die maximale mittlere Diclofenac-Konzentration von 0,13 µg/l war bereits im Bereich der mittleren Ruhr am Kraftwerk Westhofen bei Fluss-km 95,15 festzustellen. Im weiteren Fließverlauf sank die Konzentration wieder und erreichte an der Mündung bei Duisburg einen Mittelwert von 0,094 µg/l. Insgesamt ist an fast allen Probenahmestellen der Ruhr eine Überschreitung des aktuell angewendeten, gesetzlich nicht verbindlichen OW festzustellen.

Das ebenfalls zur Gruppe der Analgetika gehörende **Ibuprofen** wurde in der Ruhr in geringeren Konzentrationen als Diclofenac bestimmt. Es fand sich ab Fluss-km 142,25 in allen unter-

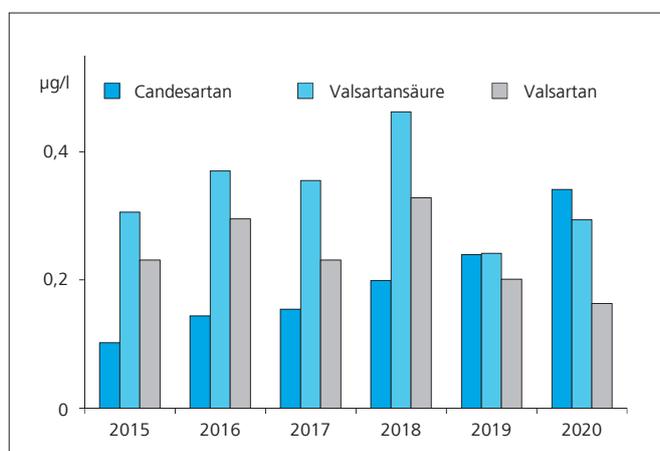


Bild 7.3: Entwicklung der Konzentrationen von Candesartan, Valsartan und Valsartansäure in der Ruhr bei Essen-Werden  
 Fig. 7.3: Development of concentration of Candesartan, Valsartan and Valsartan acid in the river Ruhr at Essen-Werden.

suchten Proben der Ruhr in Konzentrationen oberhalb der Bestimmungsgrenze von 0,001 µg/l. Anders als bei vielen anthropogenen Substanzen, die wie das Ibuprofen als Humanarzneimittel über das Abwasser ihren Weg in die Ruhr finden, erreichte die Konzentration des Ibuprofens bereits an der Probenahmestelle unterhalb Arnsberg mit 0,033 µg/l im Bereich der oberen Ruhr ihren maximalen Wert. Danach sinkt die Konzentration bis zur Mündung in Duisburg auf 0,008 µg/l. Der GOW des UBA von 1,0 µg/l für Ibuprofen wird in der Ruhr im Jahr 2020 sicher eingehalten.

Arzneimittel zur Behandlung von Hypertonie waren im Jahr 2019 mit 16,3 Mrd. DDD die am häufigsten rezeptierten im Bereich der GKV [7.18]. Die Verordnungsmenge nahm damit um rund 4 % gegenüber dem Jahr 2018 zu.

Obwohl **Ramipril** im Jahr 2019 mit 4,4 Mrd. verordneten DDD ohne Berücksichtigung von Kombinationspräparaten das meist verordnete Hypertonikum darstellte, waren in der Ruhr 2020 so gut wie keine Befunde zu verzeichnen. Gründe hierfür sind die niedrige eingesetzte tägliche Dosis sowie ein hoher Metabolisierungsgrad nach der Einnahme des Prodrugs im menschlichen Körper [7.19].

Die Wirkstoffklasse der Sartane, die zu den AT1-Antagonisten zählen und deren Vorkommen anhand von sechs Verbindungen seit mehr als fünf Jahren in der Ruhr überwacht wird, gehört ebenfalls zu den Blutdrucksenkern. Betrachtet man die gesamte Stoffgruppe, so sind in Deutschland insgesamt leicht steigende Verbrauchszahlen zu beobachten. Im Jahr 2019 war eine interessante Verschiebung der Verbrauchszahlen innerhalb der Gruppe festzustellen. Die verordneten Dosen des **Valsartans** reduzierten sich innerhalb eines Jahres um etwa 400 Mio. (- 50 %), die des **Candesartans**, dessen Einsatz seit Jahren ohnehin stieg, nahm im gleichen Zeitraum um fast 800 Mio. Dosen (+ 60 %) zu. Grund für die starke Verschiebung im Markt dieser Hypertonika war eine Mitte 2018 bekannt gewordene Verunreinigung des Wirkstoffes Valsartan mit kanzerogenen Nitroso-Verbindungen. Die daraufhin erfolgten Rückrufe betrafen viele der eingesetzten Medikamente, auch wenn das zusätzliche Krebsrisiko durch Einnahme des Wirkstoffes als gering eingeschätzt wurde [7.20]. Die geschilderten Umstände hatten, wie nicht anders zu erwarten, Auswirkungen auf die Gehalte der genannten Wirkstoffe in der Ruhr. Die Konzentration des Candesartan, die im Längsverlauf kontinuierlich zunimmt, erreichte in der unteren Ruhr bei Essen-Werden einen maximalen Jahresmittelwert von 0,40 µg/l. An der Probenahmestelle Essen-Rellinghausen waren es 0,34 µg/l. Dies entspricht einer Zunahme von 70 % im Vergleich zum Jahr 2018. An gleicher Stelle betrug die für 2020 ermittelte mittlere Konzentration für Valsartan mit 0,16 µg/l die Hälfte des Wertes aus dem Jahr 2018 (Bild 7.3). Der GOW von 0,3 µg/l für beide Substanzen wurde somit für Candesartan, aber nicht für Valsartan in der unteren Ruhr eingehalten.

Diese schnelle und drastische Änderung in der Verschreibungspraxis von Medikamenten ist ein gutes Beispiel, wie Spurenstoffe an der Quelle bekämpft werden können. Bei Bekanntwerden von Problemen mit einem Wirkstoff könnte ein ähnlicher Wirkstoff, der jedoch eine bessere Umweltverträglichkeit (z. B. geringere Toxizität, hohe Abbaubarkeit) aufweist, verschrieben werden. Durch solche Substitutionen könnte die Pharmaindustrie einen substanziellen Beitrag zur Reduzierung der Spurenstoffe in den Gewässern leisten.

Das Abbauprodukt der genannten Sartane, die **Valsartansäure**, zeigte wie eine seiner Ausgangssubstanzen Candesartan ein nahezu kontinuierliches Anwachsen der Konzentrationen mit steigendem Abwasseranteil im Fließverlauf der Ruhr. Im Bereich der unteren Ruhr, in der seit Untersuchungsbeginn im Jahr 2015 immer wieder Überschreitungen des GOW zu verzeichnen waren, lagen die Jahresmittelwerte der drei letzten Probenahmestellen im Beobachtungszeitraum oberhalb des GOW von 0,3 µg/l. Die mittlere Konzentration an der Probenahmestelle Essen-Rellinghausen betrug 0,29 µg/l und lag somit oberhalb der des Vorjahres. Die zugehörige Fracht war vergleichbar mit der von 2019 und betrug 0,21 t/a. Damit zählte der Metabolit zu den mengenmäßig relevanten organischen Spurenstoffen in der Ruhr (Bild 7.2).

Nachdem der Verbrauch von Medikamenten aus der Gruppe der Betablocker im Bereich der GKV im Jahr 2012 sein Maximum erreichte, sind seitdem langsam, aber stetig sinkende Verschreibungszahlen zu verzeichnen [7.18]. Unter den Betablockern war im Jahr 2019 **Metoprolol** mit rund 123 t (820 Mio. DDD, 0,15 g Tagesdosis) der mengenmäßig Bedeutendste. Diese Substanz, eine von sieben Betablockern im Untersuchungsprogramm, ist in der Ruhr nach der Probenahme-

- 
- [7.10] Rathod, D. M., Patel, K. R., Mistri, H. N., Jangid, A. G., Shrivastav, P. S., Sanyal, M.: Simultaneous analysis of allopurinol and oxypurinol using a validated liquid chromatography-tandem mass spectrometry method in human plasma. In: *Journal of Pharmaceutical Analysis*, 2017, 7, S. 56 - 62
- [7.11] Funke, J., Prasse, C., Eversloh, C. L., Ternes, T. A.: Oxypurinol – A novel marker for wastewater contamination of the aquatic environment. In: *Water Research* 2015, 74, S. 257- 265
- [7.12] <https://www.deutsche-apotheker-zeitung.de/daz-az/2018/daz-2-2018/wie-gefaehrlich-ist-metamizol>, Zugriff 26. Februar 2021
- [7.13] <https://www.arzneimittel-atlas.de/arzneimittel/n02-analgetika/top-10/>, Zugriff 26. Februar 2021
- [7.14] Reinhardt, N., Jantos, R., Sinning, C., Imming, P.: Metamizol – Renaissance eines Analgetikums. In: *Pharmazeutische Zeitung*, 2006, 32
- [7.15] <http://luadb.lids.nrw.de/LUA/hygon/pegel.php>, Zugriff 03. April 2021
- [7.16] Vazzana, M., Andreani, T., Fanguero, J., Faggio, C., Silva, C., Santini, A., Garcia, M. L., Silva, A. M., Souto, E. B.: Tramadol hydrochloride: Pharmacokinetics, pharmacodynamics, adverse side effects, co-administration of drugs and new drug delivery systems. In: *Biomedicine & Pharmacotherapy*, 2015, 70, S. 234 - 238
- [7.17] Final Draft of EQS Datasheet Diclofenac. German Environment Agency, Stand Juni 2018
- [7.18] <http://www.arzneimittel-atlas.de>, Zugriff 02. April 2021

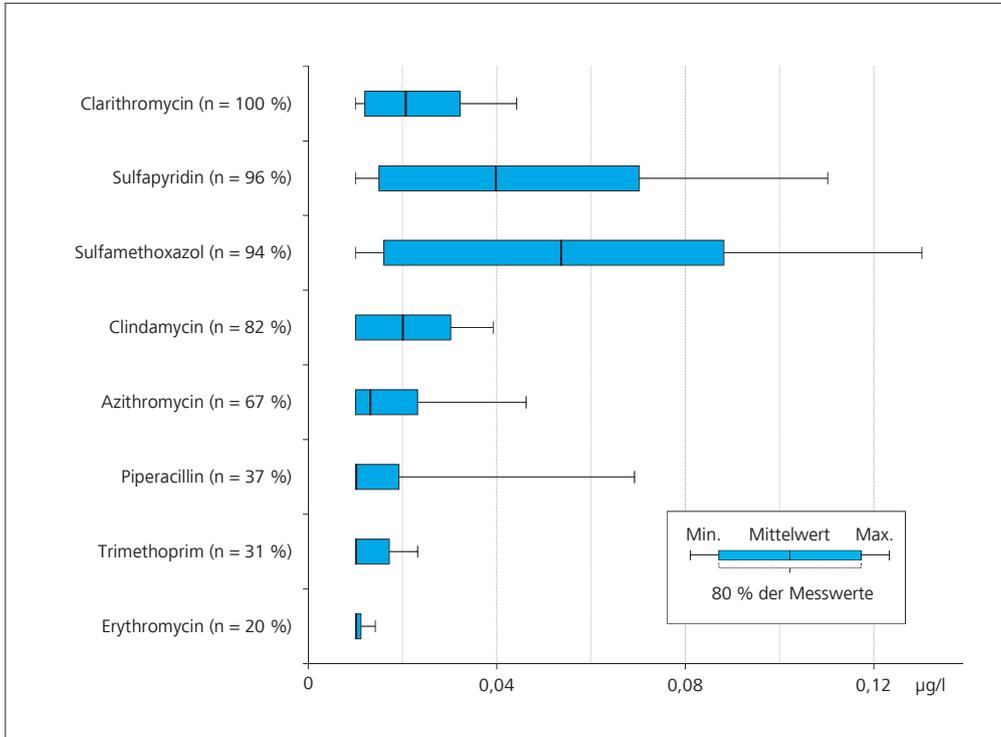


Bild 7.4: Mittelwerte, Minimal- und Maximalkonzentrationen ausgewählter Antibiotika in der Ruhr bei Essen-Rellinghausen (n = Häufigkeit der Befunde) im Jahr 2020

Fig. 7.4: Means, minimum and maximum concentrations of selected antibiotics in the river Ruhr at Essen-Rellinghausen (n = frequency of findings) in 2020

stelle unterhalb Meschede in allen untersuchten Proben nachweisbar und erreichte mit  $0,20 \mu\text{g/l}$  ihre maximale Durchschnittskonzentration an der Überwachungsstation Essen-Werden. In den in der Regel wöchentlich untersuchten Proben der Ruhr in Essen-Rellinghausen war der Durchschnittswert im Jahr 2020 gegenüber dem Vorjahr höher, er betrug  $0,18 \mu\text{g/l}$ . Der OW von  $8,6 \mu\text{g/l}$  wird somit sehr sicher eingehalten. Die anderen in der Ruhr untersuchten Betablocker spielen auf Grund ihrer Gehalte nur eine untergeordnete Rolle.

Antiepileptika gehören zu den häufig eingenommenen Arzneimitteln. Ihr Verbrauch steigt seit Ende der neunziger Jahre relativ konstant an und hat sich seitdem fast verdreifacht. Der Wirkstoff mit den meisten verschriebenen Tagesdosen ist das **Pregabalin**. Allein in den Jahren 2016 bis 2018 war ein Zuwachs von etwa 10 % der Verordnungsmenge zu verzeichnen. Dies entspricht einem Mehrverbrauch des Wirkstoffs von etwa 4 t. Damit waren es 2019 insgesamt 34,5 t [7.21]. Die Substanz unterliegt im menschlichen Organismus so gut wie keiner Metabolisierung [7.19].

Pregabalin konnte im Jahr 2020 im Rahmen der Längsuntersuchungen in der überwiegenden Zahl der Proben, außer denen der beiden obersten Probenahmestellen, mit Werten oberhalb der Bestimmungsgrenze von  $0,03 \mu\text{g/l}$  nachgewiesen werden. Der Jahresmittelwert an der Probenahmestelle Essen-Rellinghausen betrug im Berichtszeitraum  $0,051 \mu\text{g/l}$ . Ein ansteigender Trend, wie ihn die Verschreibungsmengen vermuten lassen, ist derzeit allerdings nicht erkennbar.

Die verschriebene Menge an **Lamotrigin** betrug mit 15 t weniger als die Hälfte derjenigen von Pregabalin im Jahr 2019. Die Substanz wird zu großen Teilen über Biotransformation in pharmakologisch unwirksame Metabolite umgewandelt [7.19]. Dennoch bewegen sich die Konzentrationen in der unteren Ruhr auf deutlich höherem Niveau als diejenigen von Pregabalin. Die maximale mittlere Konzentration der Substanz in der Ruhr an der Probenahmestelle Essen-Werden betrug  $0,17 \mu\text{g/l}$  im Jahr 2020. Daher ist im Fall des Lamotrigin von einer schlechteren Abbaubarkeit in Kläranlagen im Vergleich zum Pregabalin auszugehen.

Der Wirkstoff **Gabapentin** wird nach der Einnahme nahezu unverändert ausgeschieden. Sein Abbau in der Umwelt ist gering [7.22]. Wegen dieser Eigenschaften und der nicht unerheblichen Verschreibungsmenge, im Jahr 2019 waren es etwa 85 t, konnte die Substanz in vielen Proben der Ruhr nachgewiesen werden. An der Probenahmestelle bei Essen-Werden war die höchste mittlere Konzentration des Jahres 2020 zu messen. Sie betrug  $0,53 \mu\text{g/l}$  und war damit deutlich geringer als im Vorjahr. Eine fallende Tendenz ist auch an der Probenahmestelle Essen-Rellinghausen zu verzeichnen. Dort ist jener Trend seit Messbeginn im Jahr 2014 zu beobachten. Dies gilt auch für die dort ermittelten Frachten der letzten Jahre. Mit  $0,59 \text{ t/a}$  gehört Gabapentin allerdings immer noch zu den Substanzen mit einer hohen Jahresfracht (Bild 7.2). Der GOW von  $1,0 \mu\text{g/l}$  wurde eingehalten.

Auch das Antiepileptikum **Carbamazepin** wird biologisch weder in Kläranlagen noch im Gewässer signifikant abgebaut, jedoch werden nur etwa 10 bis 20 % der verabreichten Menge unverändert ausgeschieden. Der größte Teil wird zum 10,11-Dihydro-10,11-Dihydroxy-Carbamazepin metabolisiert, welches über die Nieren ausgeschieden wird [7.19].

Die Verschreibungsmenge des Wirkstoffs ist in den letzten Jahren rückläufig. So reduzierte sich die Anzahl der verordneten Tagesdosen von 2016 auf 2019 um sechs auf 31 Millionen. Dies spiegelt sich auch bei den für die Probenahmestelle Essen-Rellinghausen erhobenen Frachten der letzten Jahre wider. Seit dem Jahr 2013 ist dort ein abnehmender Trend zu verzeichnen. Betrug die berechnete Jahresfracht 2013 noch 140 kg, so lag sie im Jahr 2020 bei nur noch 73 kg.

Die ermittelte mittlere Konzentration in der Ruhr bei Essen-Rellinghausen betrug im Berichtszeitraum 0,082 µg/l und ist damit identisch mit der des Jahres 2019. Der gesetzlich nicht verbindliche OW für Carbamazepin von 0,5 µg/l wurde an allen Probenahmestellen eingehalten, der für den Metaboliten von 0,1 µg/l jedoch nicht. Der GOW von 0,3 µg/l für den Metaboliten und das Carbamazepin selbst wurde an allen Probenahmestellen unterschritten.

Die Untersuchungsergebnisse zu dem Medikament Metformin, welches als Antidiabetika Anwendung findet, sowie dem zugehörigen Hauptmetabolit Guanylarnstoff werden im Kapitel 12 beschrieben.

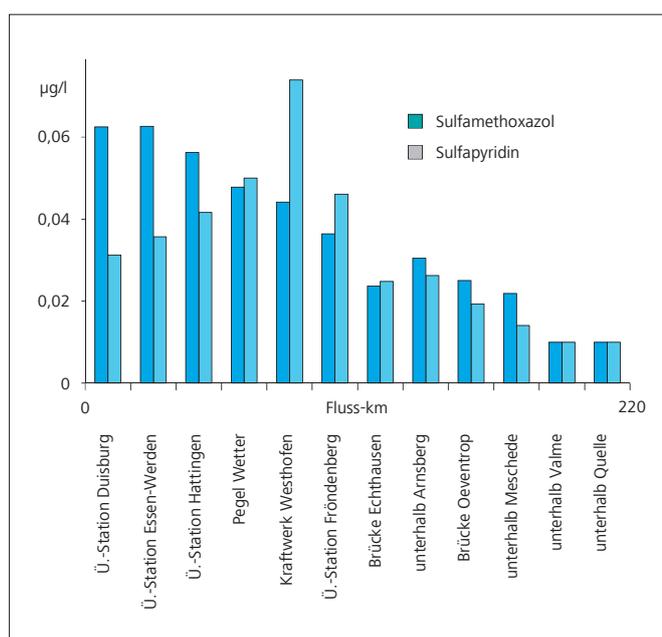


Bild 7.5: Mittlere Konzentration von Sulfapyridin und Sulfamethoxazol (Bestimmungsgrenze 0,010 µg/l) im Ruhrflängsverlauf im Jahr 2020

Fig. 7.5: Mean concentrations of Sulfapyridin and Sulfamethoxazol (limit of quantification 0,010 µg/l) along the river Ruhr in 2020

**Antibiotika** ist der Sammelbegriff für Wirkstoffe, die zur Behandlung von bakteriellen Infektionskrankheiten eingesetzt werden. Verwendung finden sie in der Human- und Veterinärmedizin. Seit einigen Jahren ist das Thema Antibiotika eng mit dem der Antibiotikaresistenzen verknüpft. Das zeigt sich u. a. an dem Beschluss zur Aktualisierung der Watch List, welche die Prüfstufe für die Aufnahme in die Liste Prioritärer Stoffe nach EG-WRRL ist, aus dem August 2020. In diesem wird die Aufnahme des Sulfonamid-Antibiotikums Sulfamethoxazol und des Diaminopyrimidin-Antibiotikums Trimethoprim mit dem Europäischen Aktionsplan zur Bekämpfung antimikrobieller Resistenzen begründet. Dieser Plan fordert unter anderem, „die Kenntnisse über das Auftreten und die Verbreitung antimikrobieller Mittel in der Umwelt zu verbessern“ [7.23].

Die Proben der Ruhr wurden auf insgesamt 23 Antibiotika untersucht. Nennenswerte Befunde an der Probenahmestelle Essen-Rellinghausen konnten im Jahr 2020 nur für acht Wirkstoffe festgestellt werden, die mit ihrer Minimal-, Maximal- und Durchschnittskonzentration in Bild 7.4 dargestellt sind. Die Werte bewegen sich im Vergleich zum Vorjahr auf einem ähnlichen Niveau.

Interessant ist der Konzentrationsverlauf von Sulfapyridin und Sulfamethoxazol über den Fließweg der Ruhr (Bild 7.5), der bis zur Probenahmestelle Kraftwerk Westhofen ähnlich verläuft. Nach dem Zufluss der Lenne zeigt sich jedoch ein konträrer Verlauf. So sinkt die Konzentration von Sulfapyridin bis zur Ruhr-Mündung, wohingegen die Konzentration von Sulfamethoxazol weiterhin ansteigt. Dieser unterschiedliche Konzentrationsverlauf konnte bereits in den vergangenen Jahren beobachtet werden. Bisher konnte jedoch keine dafür mögliche Erklärung gefunden werden.

## Süßstoffe

Künstliche Süßstoffe sind in zahlreichen Lebensmitteln wie Softdrinks oder Süßwaren, aber auch in zahlreichen Fertiggerichten und anderen Zubereitungen enthalten, um natürliche Zucker zu substituieren. Momentan sind in der EU elf künstliche Süßstoffe in Lebensmitteln zugelassen. Diese Stoffe sind durch internationale Expertengremien gesundheitlich bewertet worden und dürfen, zum Teil nur unter Einhaltung bestimmter Regeln, Lebensmitteln zugesetzt werden. Bei der gesundheit-

[7.19] <https://www.gelbe-liste.de/wirkstoffe>, Zugriff 18. März 2021

[7.20] <https://www.pharmazeutische-zeitung.de/ein-jahr-mit-dem-valsartan-stoerfall/>, Zugriff 18. Mai 2021

[7.21] [https://www.whocc.no/atc\\_ddd\\_index](https://www.whocc.no/atc_ddd_index), Zugriff 28. Februar 2021

[7.22] Paz, A., Tadmor, G., Malchi, T., Blotvogel, J., Borch, T., Polubosova, T., Chefetz, B.: Fate of carbamazepine, its metabolites, and lamotrigine in soils irrigated with reclaimed wastewater: Sorption, leaching and plant uptake. In: Chemosphere, 2016, 160, S. 22 - 29

[7.23] Durchführungsbeschluss (EU) 2020/1161 der Kommission vom 4. August 2020. In: Amtsblatt der Europäischen Union, 2020, L 257, S. 32 - 35

lichen Bewertung wurden für die einzelnen Stoffe ADI-Werte (Acceptable Daily Intake = akzeptable tägliche Aufnahmemenge) festgelegt. Diese Menge, abgeleitet aus Tierexperimenten und mit einem Sicherheitsfaktor versehen, kann täglich lebenslang aufgenommen werden, ohne dass negative Folgen zu erwarten wären [7.24].

Seit dem Jahr 2012 werden vier Vertreter dieser Süßstoffe, bei denen mit Befunden in Oberflächengewässern aufgrund ihrer Relevanz, sei es wegen ihres Einsatzes oder ihres Metabolismus, zu rechnen ist, regelmäßig in der Ruhr analysiert. Dabei handelt es sich um Acesulfam, Cyclamat, Saccharin und Sucralose. Die Verbindungen werden im menschlichen Organismus nicht oder nur unwesentlich metabolisiert. Ihre Abbaubarkeit in der Abwasserbehandlung ist unterschiedlich. Sucralose gilt als persistent, Acesulfam, Cyclamat und Saccharin hingegen als gut abbaubar [7.25].

Bereits in der oberen Ruhr bei Fluss-km 175,32 an der Probenahmestelle unterhalb Meschede liegen alle gemessenen Werte des **Cyclamat**, dem zugelassenen Süßstoff mit der geringsten Süßkraft, oberhalb der Bestimmungsgrenze von 0,01 µg/l. Das Konzentrationsmaximum von 0,15 µg/l tritt bereits im Bereich der oberen Ruhr unterhalb Arnsberg auf. Mit einer mittleren Konzentration von 0,13 µg/l an der Probenahmestelle Essen-Rellinghausen und einer resultierenden Jahresfracht von 0,30 t, die etwas unter dem langjährigen Mittelwert lag, ist Cyclamat der Süßstoff mit der geringsten transportierten Menge. **Saccharin**, bereits im Jahre 1879 entdeckt, erreicht mit 0,18 µg/l die maximale mittlere Konzentration an der Probenahmestelle Essen-Werden. Bei Essen-Rellinghausen betrug die Fracht für das Berichtsjahr 0,40 t. Dies entspricht einem Rückgang von rund 20 % im Vergleich zum Vorjahr. Die Gehalte an **Acesulfam** in der Ruhr sind seit Messbeginn im Jahr 2012 rückläufig. Für das Jahr 2020 konnte bei Essen-Rellinghausen mit 0,48 µg/l die höchste mittlere Konzentration des Süßstoffes ermittelt werden. Im Vorjahr sind an gleicher Stelle noch 0,55 µg/l festgestellt worden. An den Probenahmestellen Essen-Werden und Duisburg erreichte die **Sucralose**-Konzentration nach relativ kontinuierlichem Anwachsen, ihre maximale mittlere Konzentration im Verlauf der Ruhr. Mit 1,9 µg/l lag der Wert hier fast doppelt so hoch wie der des Vorjahres. Die Jahresfracht bei Essen-Rellinghausen betrug 1,4 t, was eine Erhöhung im Vergleich zum Vorjahr von 40 % bedeutet.

### Komplexbildner

Komplexbildner sind Bestandteil von Reinigungs- und Waschmitteln und werden auch in privaten Haushalten eingesetzt. In der Industrie finden sie beispielsweise Anwendung in metallverarbeitenden Betrieben bei Reinigungs- oder Produktionsprozessen sowie zur Maskierung unerwünschter und störender Erdalkali-, Metall- und Schwermetall-Kationen in Betrieben der Zellstoffindustrie.

Zu den in der Ruhr untersuchten synthetischen Komplexbildnern vom Typ der Aminopolycarbonsäuren gehören neben **EDTA** (Ethylendiamintetraessigsäure) und **MGDA** (Methylglycindiessigsäure) noch weitere fünf Vertreter. Die Substanzen gelten hinsichtlich ihrer Toxizität als unbedenklich, sind allerdings zum Teil biologisch schwer abbaubar. Mittlerweile ist davon auszugehen, dass EDTA ausschließlich in Gewerbe und Industrie Anwendung findet [7.26].

EDTA zeigt mit Abbauraten zwischen 2 und 30 % eine schlechte Entfernbarkeit in den Kläranlagen und wird auch mit Pulveraktivkohle nur schwach zurückgehalten [7.27; 7.28]. Signifikante Konzentrationen der untersuchten Komplexbildner waren im Jahr 2020 in der Ruhr lediglich für EDTA, welches seit 35 Jahren vom Labor des Ruhrverbands untersucht wird, und für MGDA, einem relativ neuen Vertreter dieser Stoffklasse, das zum Beispiel in Spülmaschinenreinigern verwendet wird, zu verzeichnen. Der starke Komplexbildner MGDA, der auch als Alternative zu EDTA einsetzbar ist, zeichnet sich gegenüber diesem durch die leichte biologische Abbaubarkeit aus. In der Ruhr ließen sich ab Fluss-km 190,81 im Bereich der oberen Ruhr erste Befunde an MGDA feststellen, ab der nächsten Probenahmestelle unterhalb Meschede auch für EDTA. Beide Komplexbildner hatten ihren höchsten Jahresmittelwert jeweils am Pegel Wetter. Für EDTA konnten dort im Mittel 2,9 µg/l, für MGDA 1,5 µg/l festgestellt werden. An der Probenahmestelle Essen-Rellinghausen wurden im Jahr 2020 knapp 130 Proben untersucht. In praktisch allen konnten EDTA und MGDA oberhalb ihrer Bestimmungsgrenze von 0,5 µg/l gefunden werden. Die Mittelwerte für EDTA bzw. MGDA betragen 2,4 bzw. 1,5 µg/l und waren somit ähnlich wie im Vorjahr. Der gesetzlich nicht verbindliche OW für EDTA in Höhe von 2.200 µg/l wird an allen Probenahmestellen in der Ruhr mit deutlichem Abstand eingehalten.

Die Frachten fielen 2020 mit jeweils 2,7 t für die beiden genannten Substanzen geringer als im Vorjahr aus. Für EDTA setzt sich somit der Langzeittrend zu reduzierten Frachten fort. Für MGDA liegt die beobachtete Fracht innerhalb der Schwankungen der letzten Jahre. Insgesamt lässt sich festhalten, dass die Belastung der Ruhr mit den untersuchten Komplexbildnern in den letzten Jahren und Jahrzehnten stark abgenommen hat. Betrug die jährliche Fracht in der Ruhr bei Essen-Rellinghausen an EDTA vor 30 Jahren noch annähernd 26 t im Jahr, so stellen die 2020 ermittelten 2,7 t lediglich 10 % der damaligen Menge dar.

Nachdem von **DTPA** noch im Jahr 1999 rund 33 t von der Ruhr transportiert wurden, konnte die Substanz 2020 in keiner der über 260 untersuchten Proben oberhalb der Bestimmungsgrenze von 1 µg/l nachgewiesen werden. Auch die übrigen untersuchten Komplexbildner, wie beispielsweise **NTA** oder **1,3-PDTA**, für die zum Teil ebenfalls Prüfwerte (PW) oder OW gelten, konnten nicht oder lediglich im Bereich ihrer jeweiligen Bestimmungsgrenze detektiert werden.

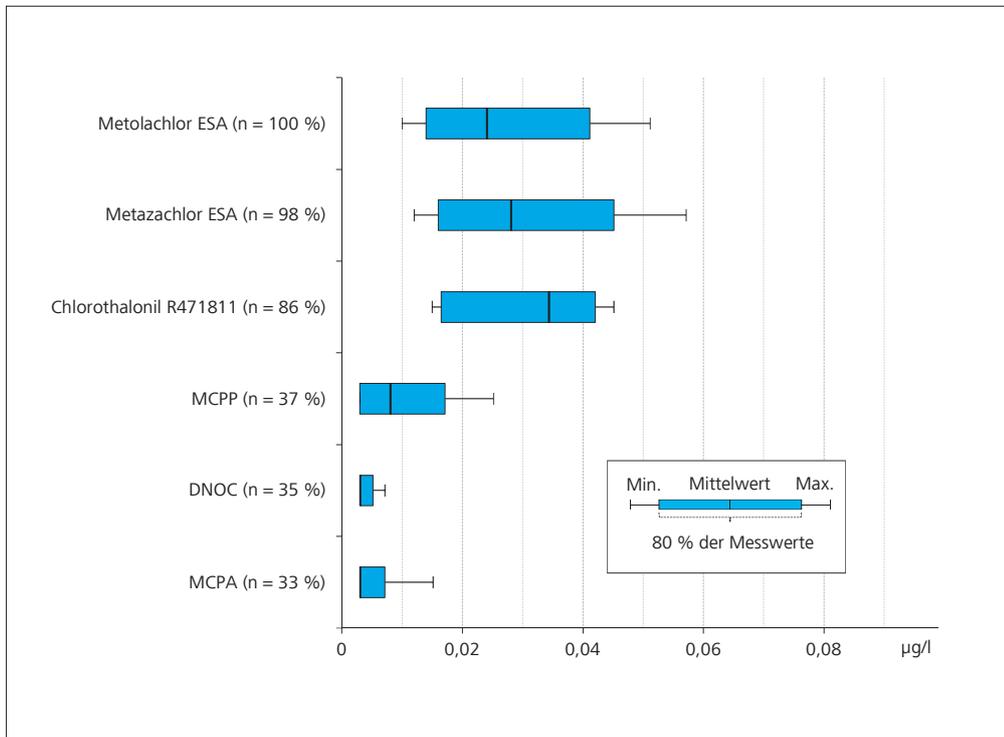


Bild 7.6: Mittelwerte, Minimal- und Maximalkonzentrationen ausgewählter Pestizide und Metabolite in der Ruhr bei Essen-Rellinghausen (n = Häufigkeit der Befunde) im Jahr 2020

Fig. 7.6: Means, minimum and maximum of selected pesticides and metabolites in the river Ruhr at Essen-Rellinghausen (n = frequency of findings) in 2020

## Pestizide und deren Metabolite

Unter dem Begriff Pestizide werden chemische und biologische Substanzen sowie Produkte zusammengefasst, die ihren Einsatz in der Bekämpfung von schädlichen Pflanzen, Pilzen und Tieren finden. Der ebenfalls geläufige Begriff der Pflanzenschutzmittel (PSM) wird oftmals synonym verwendet. Er beschreibt lediglich eine andere Sichtweise auf den Zweck der verwendeten Verbindungen. PSM waren und sind ein entscheidender Faktor des konventionellen Ackerbaus. Durch ihre Anwendung ist über Auswaschungen ein direkter Eintrag in die Oberflächengewässer möglich. In Folge des direkten Eintragswegs in die Umwelt und der enormen Vielzahl an PSM stehen in der OGewV diese Substanzen besonders im Fokus. So sind zwei Drittel der in Anlage 6 und die Hälfte der in Anlage 8 gelisteten Substanzen Vertreter der PSM. Im Kooperationslaboratorium werden derzeit nahezu alle dieser 71 Substanzen regelmäßig analysiert. Allerdings haben diese Stofflisten einen ihrem oft langwierigen Entstehungsprozess geschuldeten Nachteil. Sie sind bereits bei der Veröffentlichung nicht mehr aktuell. So ist die Verwendung einer Vielzahl der in den vorgenannten Anlagen 6 und 8 aufgeführten PSM in Deutschland bereits seit langer Zeit verboten. Von den in der OGewV gelisteten und im Kooperationslabor analysierten Substanzen konnten nur neun überhaupt und davon drei regelmäßig in der Ruhr nachgewiesen werden. Auf der anderen Seite werden einige im Analysespektrum befindliche Verbindungen, insbesondere PSM-Metabolite, die bisher nicht in der OGewV geregelt sind, zum Teil regelmäßig in der Ruhr nachgewiesen. Um ein Werkzeug an der Hand zu haben, mit dem

auch solche Substanzen bewertet werden können, wird in NRW die D4-Liste herangezogen. Die dort aufgeführten Beurteilungswerte sind allerdings nicht gesetzlich verbindlich und teilweise nur bedingt für die Beurteilung von Oberflächengewässern geeignet (siehe Kapitel 2).

Die Pflanzenschutzmittel und -metabolite, welche im Jahr 2020 regelmäßig in der Ruhr oberhalb ihrer jeweiligen Bestimmungsgrenze bestimmt wurden, sind in Bild 7.6 mit ihren Minimal-, Maximal- und Durchschnittskonzentrationen angegeben. Die UQN von 2 bzw. 0,1 µg/l für **MCPA** und **MCPP**

[7.24] [https://www.bfr.bund.de/cm/343/bewertung\\_von\\_suessstoffen.pdf](https://www.bfr.bund.de/cm/343/bewertung_von_suessstoffen.pdf), Zugriff 06. März 2021

[7.25] Lange, F. T., Scheurer M., Brauch, H.-J.: Artificial sweeteners – a recently recognized class of emerging environmental contaminants: a review. In: *Analytical and Bioanalytical Chemistry*, 2012, 403, S. 2503 - 2518

[7.26] Groß, R., Bunke, D., Moch, K., Leisewitz, A.: Untersuchung der Einsatzmengen von schwer abbaubaren organischen Inhaltsstoffen in Wasch- und Reinigungsmitteln im Vergleich zum Einsatz dieser Stoffe in anderen Branchen im Hinblick auf den Nutzen einer Substitution. In: UBA-FB 3709 65 430, Umweltbundesamt, 2012

[7.27] Hillenbrand T., Tettenborn F., Menger-Krug E., Marscheider-Weidemann F., Fuchs S., Toshovski S., Kittlaus S., Metzger S., Tjoeng I., Wermter P., Kersting M., Abegglen C.: Maßnahmen zur Verminderung des Eintrages von Mikroschadstoffen in die Gewässer. In: *Texte 85/2014*, Umweltbundesamt (Hrsg.), Ausgabe Januar 2015

[7.28] Ministerium für Umwelt, Klima und Energiewirtschaft Baden-Württemberg (Hrsg.): *Spurenstoffinventar der Fließgewässer in Baden-Württemberg*, Ausgabe August 2014

wurde somit sicher unterschritten. Der im Jahr 2020 im Zusammenhang mit den Untersuchungen zu Abbauprodukten von **Chlorothalonil** in das Untersuchungsprogramm aufgenommene Metabolit R471811 konnte in fast allen Proben oberhalb der Bestimmungsgrenze von 0,010 µg/l nachgewiesen werden. Die gemessenen Konzentrationen dieses sowie der weiteren Metaboliten mit hoher Anzahl an Befunden, **Metolachlor ESA** und **Metazachlor ESA**, blieben allerdings unterhalb des gesetzlich nicht festgelegten Präventivwerts von 0,1 µg/l.

### Polycyclische Aromatische Kohlenwasserstoffe (PAK)

Die Vertreter der ubiquitär vorkommenden, etwa 10.000 Einzelverbindungen umfassende Gruppe der Polyzyklischen Aromatischen Kohlenwasserstoffe (PAK) entstehen hauptsächlich bei der unvollständigen Verbrennung fossiler Brennstoffe und sind überwiegend anthropogenen Ursprungs. Der Ruhrverband bestimmt seit mehr als 20 Jahren regelmäßig die sogenannten 16 EPA-PAK, die im Jahr 1977 von der amerikanischen Umweltbehörde, der United States Environmental Protection Agency (US-EPA), als Leitsubstanzen ausgewählt wurden. In einer Studie des Umweltbundesamtes aus dem Jahr 2017 wurde modelliert, wie hoch der Eintrag der 16 EPA-PAK (PAK<sub>16</sub>) in die Oberflächengewässer ist [7.29]. Laut dem Bilanzierungsmodell wurden 16.300 kg PAK<sub>16</sub> pro Jahr in die Oberflächengewässer in Deutschland eingetragen. Mit 45 % ist die größte Menge dabei auf urbane Quellen zurückzuführen. Der Eintrag durch Kläranlagen liegt mit 6 % nur auf dem fünften Rang hinter urbanen Systemen, atmosphärischer Deposition, Binnenschifffahrt und Erosion. Europaweit sind acht PAK mit zum Teil toxischem und krebserregendem Potenzial als prioritär gefährliche Stoffe eingestuft, sieben davon sind mit einer UQN versehen [7.30]. Zusätzlich gilt in Deutschland für Phenanthren eine UQN.

PAK waren in niedrigen Konzentrationen über den gesamten Verlauf der Ruhr nachweisbar. Wie im Jahr 2019 gehörten im Berichtsjahr Pyren, Phenanthren und Fluoranthene zu den PAK mit den höchsten Konzentrationen im Ruhrwasser. Letztgenannte Substanz erreichte mit 0,004 µg/l an der Probenahmestelle Essen-Rellinghausen den höchsten Jahresmittelwert in der Ruhr. Damit wurde die JD-UQN für Fluoranthene von 0,0063 µg/l für den Berichtszeitraum überall sicher eingehalten. Für Benzo[a]pyren wurde an keiner Probenahmestelle eine JD-Konzentration oberhalb der Bestimmungsgrenze von 0,001 µg/l bestimmt. Eine Kontrolle der Einhaltung der sehr niedrigen JD-UQN in Höhe von 0,00017 µg/l konnte aufgrund der zu hohen Bestimmungsgrenze nicht erfolgen. Die geltenden UQN für Benzo[g,h,i]perylen, Benzo[a]pyren, Anthracen, Naphthalin, Benzo[b]- und Benzo[k]fluoranthene wurden in der Ruhr sicher eingehalten. Dies gilt auch für die in der OGWV in der Anlage 6 zusätzlich festgeschriebene JD-UQN für Phenanthren von 0,5 µg/l, welche mit einem maximalen Jahresdurchschnittswert von 0,005 µg/l an der Probenahmestelle Essen-Rellinghausen um den Faktor 100 unterschritten wurde.

### Benzotriazole

Die überwiegend als Korrosionsschutzmittel für Metalle in Haushalt und Industrie eingesetzten Benzotriazole werden seit dem Jahr 2010 jährlich in rund 200 Proben der Ruhr untersucht. Die wichtigsten Verbindungen dieser Stoffgruppe sind das 1H-Benzotriazol und die beiden Tolyltriazole 4-Methyl-1H-Benzotriazol und 5-Methyl-1H-Benzotriazol. Enthalten sind die gut wasserlöslichen und schlecht abbaubaren Verbindungen z. B. in Farben, Lacken, Frostschutz- und Kühlschmierflüssigkeiten sowie in Spülmaschinenreinigern [7.31].

In der Ruhr konnte außer im unmittelbaren Quellbereich bei Fluss-km 217,72 in jeder Probe 1H-Benzotriazol oberhalb der Bestimmungsgrenze von 0,01 µg/l nachgewiesen werden. Ab Fluss-km 160,72 galt dies auch für die beiden Tolyltriazole.

Die maximale mittlere Konzentration von 1,1 µg/l wird von **1H-Benzotriazol** an der Probenahmestelle Essen-Werden im Bereich der unteren Ruhr gemessen. Der GOW von 3,0 µg/l wird dort und an allen anderen Probenahmestellen sicher eingehalten. Auch die jeweiligen Maxima von **4-Methyl-** und **5-Methyl-1H-Benzotriazol** werden mit 0,25 und 0,16 µg/l in Höhe Essen-Werden erreicht. Die genannten Benzotriazole finden sich in zahlreichen Oberflächengewässern wie Erft, Wupper, Lippe und Rhein in vergleichbaren Konzentrationen wie in der Ruhr [7.15].

Die in der Ruhr transportierten Frachten der drei Korrosionsschutzmittel, ermittelt für die Probenahmestelle Essen-Rellinghausen, sind etwas niedriger als die des Vorjahres. Für 1H-Benzotriazol liefert die Lenne, die bei Hagen in die Ruhr fließt, etwas weniger als die Hälfte der Fracht, für die beiden Tolyltriazole etwa ein Drittel. Die Verbindungen gehören damit nach wie vor zu den Substanzen mit hohen Frachten in der Ruhr

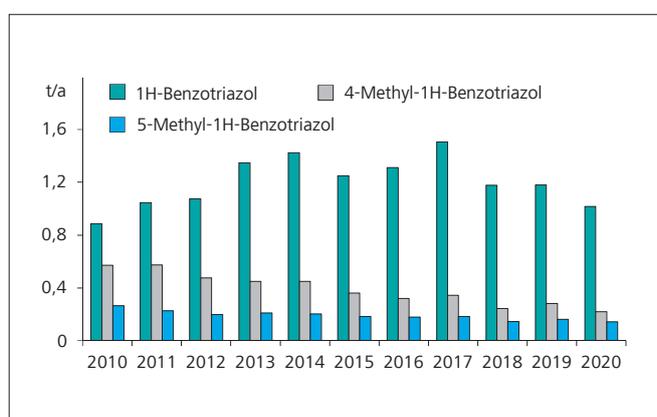


Bild 7.7: Entwicklung der Jahresfrachten von 1H-Benzotriazol, 4-Methyl-1H-Benzotriazol und 5-Methyl-1H-Benzotriazol in der Ruhr bei Essen-Rellinghausen

Fig. 7.7: Development of annual loads of 1H-Benzotriazole, 4-Methyl-1H-Benzotriazole and 5-Methyl-1H-Benzotriazole in the river Ruhr at Essen-Rellinghausen

(Bild 7.2). Allerdings lässt sich seit Untersuchungsbeginn vor elf Jahren eine kontinuierliche Abnahme bei den Tolyltriazolen feststellen, für 1H-Benzotriazol gilt dies seit dem Jahr 2014 (Bild 7.7).

## TMDD

Die sehr gut wasserlösliche Substanz 2,4,7,9-Tetramethyl-5-decin-4,7-diol, kurz TMDD, wird auf Grund ihrer Fähigkeit, die Oberflächenspannung von wässrigen Lösungen und Dispersionen zu senken, in verschiedenen Produkten als Substitutent für organische Lösungsmittel eingesetzt. Unter anderem findet sich das nicht ionische Tensid in Druckertinten, Farben, Klebstoffen und Zementadditiven. Hohe Konzentrationen an TMDD werden häufig in den Abwässern der Papierrecycling- sowie der Lack- und Druckfarbenindustrie nachgewiesen. Die Substanz ist erst in höheren mg/l-Konzentrationen schädlich für im Wasser lebende Tiere, wie Studien u. a. mit Daphnien und Fischen belegen [7.32].

Wie in den Jahren zuvor befindet sich die erste Probenahmestelle mit relevanten Befunden des Tensids in allen zwölf untersuchten Proben mit der Brücke Oeventrop im Bereich der oberen Ruhr. Die mittlere Konzentration lag dort bei 0,54 µg/l. Im weiteren Fließverlauf der mittleren Ruhr stieg die TMDD-Konzentration noch bis auf maximal 0,72 µg/l an. Die für die Probenahmestelle Essen-Rellinghausen bestimmte mittlere Konzentration betrug 0,37 µg/l, womit sie auf einem vergleichbaren Niveau wie in den letzten zwei Jahren liegt.

## Endokrin aktive Substanzen

Unter endokrin aktiven Substanzen (EAS) werden Stoffe verstanden, die auf die Hormonaktivität von Organismen Einfluss nehmen können. Von endokrinen Disruptoren (EA) wird erst dann gesprochen, wenn durch die Substanzen tatsächlich Beeinträchtigungen im Hormonsystem hervorgerufen werden. Heutzutage ist eine Vielzahl an endokrin aktiven Substanzen bekannt, von denen viele künstlich hergestellt werden, welche aber auch natürlichen Ursprungs sein können. Bei den künstlichen EAS, deren endokrine Wirkung deutlich geringer als die von natürlichen EAS sein kann, handelt es sich zum einen um solche, die bewusst wegen ihrer Wirkung auf das Hormonsystem hergestellt und eingesetzt werden, wie z. B. die Wirkstoffe der Antibabypille, und zum anderen um solche, die für andere Anwendungsgebiete produziert werden, wie z. B. Bisphenol A. Da die EAS und EA über verschiedene Eintragungspfade auch in Oberflächengewässer gelangen, werden einige Vertreter im Rahmen des Routinemonitorings in der Ruhr überwacht [7.33].

**Bisphenol A (BPA)** wird nahezu ausschließlich zur Herstellung von Kunststoffen wie Polycarbonaten und Epoxidharzen verwendet [7.34]. Zu dieser Substanz wurde in den letzten Jahren sowohl in der Fachpresse als auch in der öffentlichen Berichterstattung viel publiziert. In den Jahren 2017 bzw. 2018 wurde BPA, dessen hormonelle Aktivität bereits seit Jahrzehnten

bekannt ist, als endokriner Disruptor für die menschliche Gesundheit bzw. für die Umwelt eingestuft [7.35]. Die Ergebnisse einer von der EFSA im Jahr 2018 gestarteten Neubewertung von BPA stehen derzeit noch aus.

Anders als in den Jahren zuvor wurde Bisphenol A nicht bereits ab der Probenahmestelle unterhalb Meschede in allen Proben nachgewiesen, sondern erst in der unteren Ruhr. Die höchste mittlere Konzentration wurde wie im Vorjahr am Pegel Wetter bestimmt und lag bei 0,010 µg/l. Der gesetzlich nicht verbindliche OW von 0,1 µg/l wurde in den wöchentlich untersuchten Proben der Stelle Essen-Rellinghausen auch von der maximalen Konzentration von 0,039 µg/l unterschritten und somit sicher eingehalten. Neben BPA wird in der Ruhr auch **Bisphenol F (BPF)** routinemäßig analysiert. Die höchste mittlere Konzentration wurde mit 0,0070 µg/l wie auch beim BPA am Pegel Wetter ermittelt.

Ebenso endokrin wirksam sind **Nonyl- und Octylphenole**, die im Berichtszeitraum im Rahmen der Längsuntersuchungen in rund 130 Proben untersucht wurden. Hauptvertreter sind das 4-Nonylphenol und das Octylphenol. Beide Verbindungen werden zur Produktion der entsprechenden Alkylphenolethoxylate eingesetzt, die ihrerseits als nichtionische Tenside verwendet werden. Diese Ethoxylate werden in Kläranlagen oder Gewässern wieder zu den entsprechenden Alkylphenolen abgebaut. Trotz weitreichender Anwendungsverbote in Europa, sowohl für die Phenole als auch für die Ethoxylate [7.36], werden die beiden Alkylphenole nach wie vor in der Umwelt gefunden. Sie sind in der Liste prioritärer Stoffe der EG-WRRL aufgeführt, wobei Nonylphenol sogar den prioritär gefährlichen Stoffen zugeordnet ist.

[7.29] Umweltbundesamt: Zustandsbewertung Industriechemikalien. In: Gewässer in Deutschland: Zustand und Bewertung, 2017, S. 59 - 60

[7.30] Brandt, M., Einhenkel-Arle, D.: Polyzyklische Aromatische Kohlenwasserstoffe. In: Hintergrundpapier, Umweltbundesamt, Januar 2016

[7.31] Will, J., Högel, C., Klopp, R.: Vorkommen und Herkunft der Industriechemikalien Benzotriazole und TMDD im Oberflächenwasser und kommunalen Abwasser – Beispiel Ruhr. In: KA Korrespondenz Abwasser, Abfall, 2013, 60 (8), S. 684 - 690

[7.32] Guedez, A. A., Püttmann, W.: Printing ink and paper recycling sources of TMDD in wastewater and rivers. In: Science of the total Environment, 2014, 468 - 469, S. 671 - 676

[7.33] <http://www.efsa.europa.eu/de/topics/topic/endocrine-active-substances>, Zugriff 01. April 2021

[7.34] [www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/479/dokumente/pm-2018-02\\_bpa.pdf](http://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/479/dokumente/pm-2018-02_bpa.pdf), Zugriff 03. April 2020

[7.35] Fragen und Antworten zu Bisphenol A in verbrauchernahen Produkten, FAQ des BfR vom 9. Oktober 2020

[7.36] Richtlinie 2003/53/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 18. Juni 2003 zur Änderung der Richtlinie 76/769/EWG des Rates über Beschränkungen des Inverkehrbringens und der Verwendung gewisser gefährlicher Stoffe und Zubereitungen (Nonylphenol, Nonylphenolethoxylat und Zement)

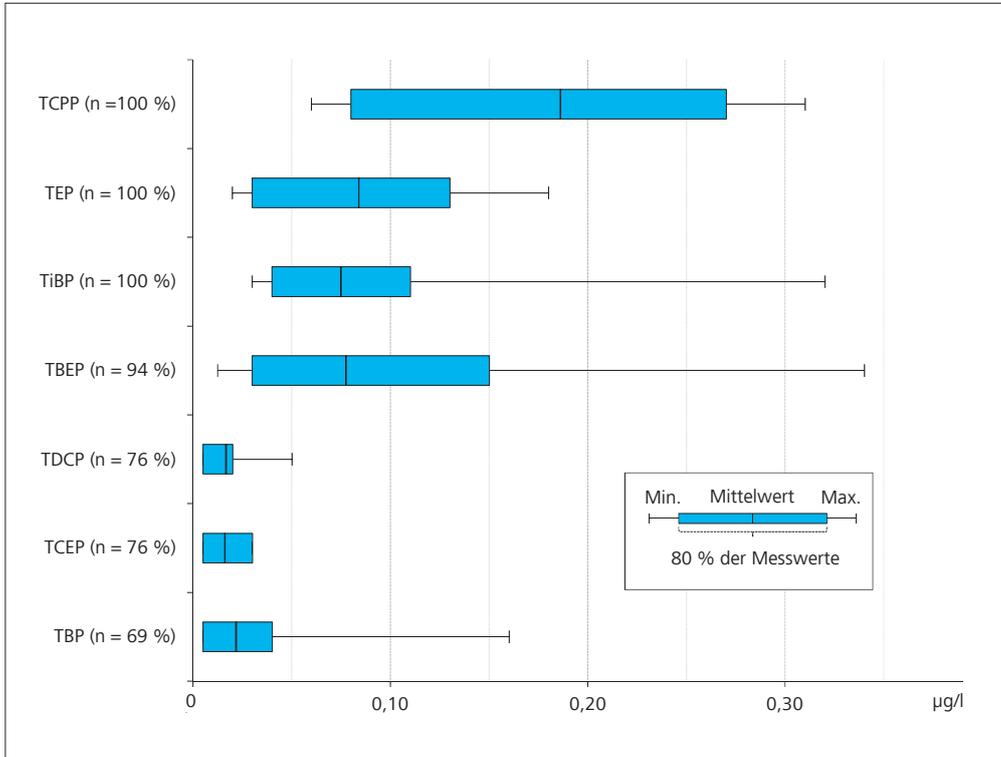


Bild 7.8: Mittelwerte, Minimal- und Maximalkonzentrationen ausgewählter Organophosphate in der Ruhr bei Essen-Rellinghausen (n = Häufigkeit der Befunde) im Jahr 2020

Fig. 7.8: Means, minimum and maximum of selected organophosphates in the river Ruhr at Essen-Rellinghausen (n = frequency of findings) in 2020

In der Ruhr wurden im Jahr 2020 für Octylphenol keine Befunde oberhalb der Bestimmungsgrenze von 0,005 µg/l festgestellt. Für Nonylphenol wurden in knapp der Hälfte der untersuchten Proben Befunde ermittelt. Die höchste gemessene Einzelkonzentration liegt mit 0,008 µg/l deutlich unter der geltenden JD-UQN von 0,3 µg/l, die damit sicher eingehalten wurde.

Im Jahr 2015 wurde auf die erste EU Watch List drei Verbindungen aus der Klasse der Steroidhormone aufgenommen. Dabei handelte es sich um **Estron (E1)** und **17-beta-Estradiol (E2)** mit einer höchstzulässigen Nachweisgrenze von jeweils 0,0004 µg/l sowie **17-alpha-Ethinylestradiol (EE2)** mit 0,000035 µg/l. Mit der zweiten Änderung der EU Watch List im August 2020 wurden die drei Substanzen von dieser entfernt, da der Zeitraum einer kontinuierlichen Überwachung vier Jahre nicht überschreiten darf.

Im Berichtsjahr wurden die Proben der Ruhrlängsuntersuchungen auf neun Steroidhormone analysiert. Für 17-alpha-Ethinylestradiol konnten dabei trotz der sehr niedrigen Bestimmungsgrenze von 0,000035 µg/l keine Befunde ermittelt werden. Einzelne Werte oberhalb der Bestimmungsgrenze konnten für 17-beta-Estradiol bestimmt werden. Estron wurde an der Probenahmestelle Essen-Rellinghausen in 80 % der Proben nachgewiesen. Der Maximalwert lag bei 0,0017 µg/l.

Aus der Gruppe der **Phthalate**, die vor allem als Weichmacher in Kunststoffen Verwendung finden, werden in der Ruhr zehn

Substanzen analysiert. Anders als in den Vorjahren konnten nicht nur vereinzelte Werte oberhalb der Bestimmungsgrenze von 0,1 µg/l für Bis(2-ethylhexyl)phthalat (DEHP), sondern auch für zwei weitere Phthalate gefunden werden. Die geltende JD-UQN von 1,3 µg/l für DEHP konnte sicher eingehalten werden.

### Flammschutzmittel und Weichmacher

Flammschutzmittel und Weichmacher sind in vielen Produkten unseres Alltags enthalten, u. a. in Fernsehern und Smartphones. Aufgrund von Gefahren für die Umwelt und die menschliche Gesundheit ist die Anwendung vieler dieser Verbindungen teilweise bereits seit 30 Jahren in der EU verboten oder streng reglementiert [7.37]. Dazu zählen u. a. die Klassen der **Polychlorierten Biphenyle (PCB)**, der **Polybromierten Diphenylether (PBDE)**, der **Kurzkettingen Chloralkane** bzw. Polychlorierten Paraffine (short chain chlorinated paraffins, **SCCP**) und das **Hexabromcyclododecan (HBCD)**. In der Ruhr werden die jeweiligen Vertreter in den Ruhrlängsbeprobungen und den nahezu wöchentlichen Untersuchungen an der Probenahmestelle Essen-Rellinghausen überwacht. Für alle Substanzen gilt, dass bereits seit vielen Jahren keine Befunde oberhalb der jeweiligen Bestimmungsgrenze zu verzeichnen waren. Die jeweils geltenden UQN wurden somit sicher eingehalten. Lediglich eine abschließende Beurteilung der JD-UQN der PCB von 0,0005 µg/l ist aufgrund einer Bestimmungsgrenze von 0,001 µg/l nicht möglich.

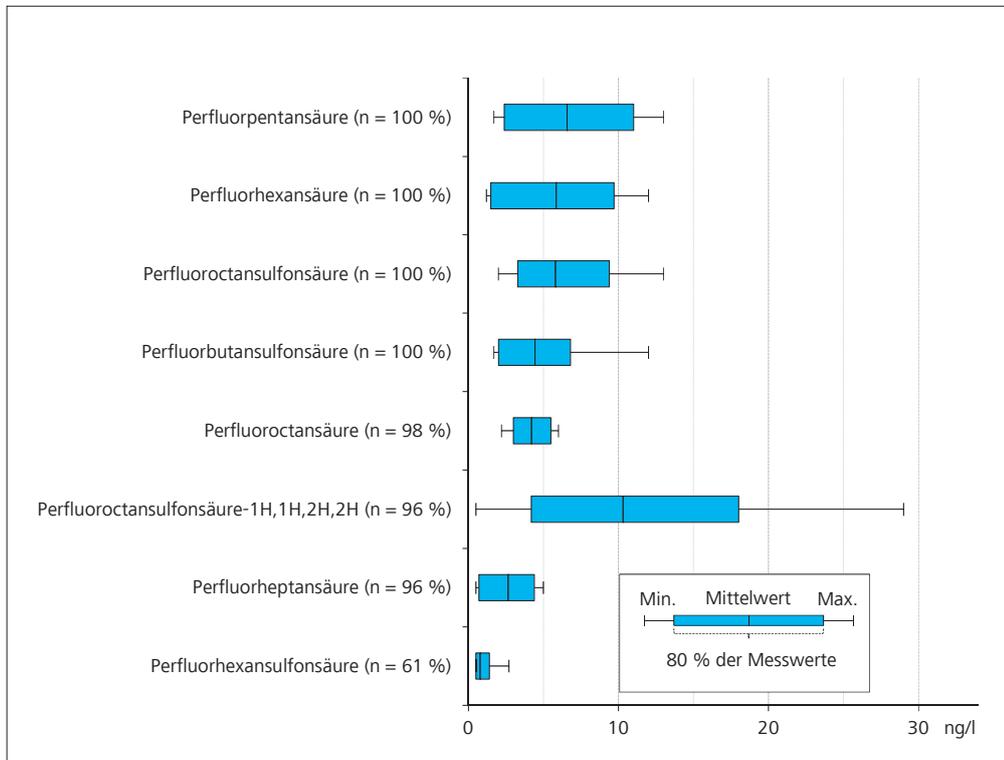


Bild 7.9: Mittelwerte, Minimal- und Maximalkonzentrationen ausgewählter Per- und Polyfluorierter Tenside in der Ruhr bei Essen-Rellinghausen (n = Häufigkeit der Befunde) im Jahr 2020

Fig. 7.9: Means, minimum and maximum of per- and polyfluorinated compounds in the river Ruhr at Essen-Rellinghausen (n = frequency of findings) in 2020

Da die positiven Eigenschaften von Flammschutzmitteln und Weichmachern nicht verzichtbar, viele Substanzen aber verboten sind, müssen immer neue Verbindungen entwickelt werden. Eine solche relativ neue Substanzklasse ist die der **Organophosphate**, deren Vertreter aber auch andere Verwendungszwecke haben. Allerdings deuten sich auch bei Vertretern aus dieser Substanzklasse schädliche Eigenschaften an.

In den untersuchten Ruhrproben wurden im Jahr 2020 sieben Organophosphate regelmäßig nachgewiesen (Bild 7.8). Die mittlere Konzentration für Triisobutylphosphat (TiBP), welches im Laufe des Jahres 2019 in den Untersuchungsumfang des Kooperationslabors integriert und erstmals 2020 ganzjährig in der Ruhr überwacht wurde, lag bei 0,075 µg/l. Damit befindet es sich in einem ähnlichen Konzentrationsbereich wie TBEP und TEP. TiBP wird unter anderem als Entschäumer in der Papierindustrie oder als Zusatz in Beton und Reinigungsmitteln verwendet. Der für TCPH geltende GOW von 1,0 µg/l wird an allen Probenahmestellen deutlich unterschritten.

### Perfluorierte Tenside (PFT)

Substanzen aus der Gruppe der perfluorierten Tenside (PFT) finden vor allem im Bereich der Oberflächenbeschichtungen und der Galvanikindustrie Anwendung. In letzter Zeit werden vermehrt polyfluorierte Substanzen als Ersatz für die perfluorierten Verbindungen eingesetzt, da deren Verwendung gesetzlich immer stärker eingeschränkt wird.

Im Jahr 2020 wurde die Bestimmungsgrenze für die im Kooperationslabor untersuchten Verbindungen von 1 auf 0,5 ng/l abgesenkt. Dadurch konnten an der Probenahmestelle Essen-Rellinghausen acht anstelle von sieben Vertretern aus der Gruppe der per- und polyfluorierten Substanzen regelmäßig in sehr niedrigen Konzentrationen nachgewiesen werden (Bild 7.9). Bis auf die mit 0,65 ng/l sehr niedrige UQN von PFOS konnten alle Anforderungen sicher eingehalten werden.

### Zusammenfassung

Ergänzend zu den zwölf Messstellen der monatlich durchgeführten Ruhrlängsuntersuchung wurden wöchentlich Wasserproben an der Probenahmestelle Essen-Rellinghausen auf mehr als 440 organische Substanzen untersucht, deren Auswahl sich u. a. an der Oberflächengewässerverordnung (OGewV) und der europäischen Wasserrahmenrichtlinie (EG-WRRL) orientiert (Tabelle 7.1). Neben den darin enthaltenen Umweltqualitätsnormen (UQN), werden auch gesundheitliche Orientierungswerte (GOW) und Orientierungswerte (OW) als zusätzliche, nicht gesetzlich geregelte Qualitätskriterien zur Beurteilung der Gewässergüte herangezogen (siehe Kapitel 2).

[7.37] Verordnung zum Verbot von polychlorierten Biphenylen, polychlorierten Terphenylen und zur Beschränkung von Vinylchlorid; PCB-, PCT-, VC-Verbotsverordnung vom 18. Juli 1989, Bundesgesetzblatt

Nur in wenigen Ausnahmefällen überschritten die nachgewiesenen Pharmaka, Diagnostika oder deren Metaboliten die für sie betrachteten Grenzwerte (Tabelle 7.2). Die untersuchten Süßstoffe und die Komplexbildner EDTA und MGDA wurden wie in den Vorjahren regelmäßig in der Ruhr nachgewiesen. Der für EDTA existierende OW wurde dabei sicher eingehalten. Ebenfalls wurde erneut nur ein geringer Anteil der untersuchten Pflanzenschutzmittel und -metabolite im Betrachtungszeitraum oberhalb ihrer jeweiligen Bestimmungsgrenzen detektiert. PAK waren in niedrigen Konzentrationen, die vereinzelt die UQN überschreiten, über den gesamten Verlauf der Ruhr nachweisbar. Ebenso wurde das Korrosionsschutzmittel 1H-Benzotriazol nachgewiesen, dessen GOW an allen Probenahmestellen sicher unterschritten wurde. Zu den untersuchten, hormonell wirksamen Substanzen gehörten u. a. die Bisphenole A und F, die Nonyl- und Octylphenole sowie die Steroidhormone und Phthalate, deren Grenzwerte, sofern vorhanden, eingehalten wurden. Dies trifft auch auf die analysierten Flammenschutzmittel und Weichmacher, die Polybromierten Diphenylether, Hexabromcyclododecan, die Kurzkettingen Chloralkane und die Organophosphate mit Ausnahme der Polychlorierten Biphenyle, zu. Für die PFT konnten bis auf die mit 0,65 ng/l sehr niedrige UQN von PFOS ebenfalls alle Anforderungen sicher eingehalten werden. Eine zusammenfassende Übersicht über die Einhaltung der JD-UQN, ZHK-UQN, GOW und OW an der Messstelle Essen-Rellinghausen ist in Tabelle 7.2 gegeben.

Tabelle 7.2: Ausgewählte Substanzen und deren Einhaltung der UQN, GOW und OW in der Ruhr bei Essen-Rellinghausen (Jahresmittelwert) im Jahr 2020

Table 7.2: Selected Substances and compliance with EQS, HOV and OV in the river Ruhr at Essen-Rellinghausen (annual mean value) in 2020

Stoffname	JD - UQN µg/l	JD - Ruhr µg/l	ZHK - UQN µg/l	HK - Ruhr µg/l	GOW µg/l	JD - Ruhr µg/l	OW µg/l	JD - Ruhr µg/l
1,2-Dichlorethan	10	< 0,1						
1-Chlor-2-nitrobenzol	10	< 0,02						
1-Chlor-4-nitrobenzol	30	< 0,02						
1H-Benzotriazol					3	1,0		
2,4-D	0,2	< 0,003	1	0,005				
Aclonifen	0,12	< 0,05	0,12	< 0,05				
Alachlor	0,3	< 0,01	0,7	< 0,01				
Amidotrizoensäure					1	0,25		
Anilin	0,8	0,035						
Anthracen	0,1	0,001	0,1	0,012				
Azithromycin					0,3	0,013		
Benzo[a]pyren	0,00017	0,002	0,27	0,010				
Benzo[b]fluoranthren			0,017	0,010				
Benzo[g,h,i]perylene			0,0082	0,005				
Benzo[k]fluoranthren			0,017	0,005				
Benzol	10	< 0,1	50	< 0,1				
Bifenox	0,012	< 0,01	0,04	< 0,01				
Bromacil	0,6	< 0,01						
Bromoxynil	0,5	< 0,01						
Candesartan					0,3	0,34		
Carbamazepin					0,3	0,082	0,5	0,082
Carbendazim	0,2	< 0,01						
Chlorbenzol	1	< 0,1						
Chlorfenvinphos	0,1	< 0,01	0,3	< 0,01				
Chloridazon	0,1	< 0,01			3	< 0,01		
Chlorpyrifos-ethyl	0,03	< 0,03	0,1	< 0,03				
Chlortoluron	0,4	< 0,01						
Clarithromycin							0,1	0,021
DEHP	1,3	< 0,1						
Dichlormethan	20	< 0,1						
Diclofenac					0,3	0,11	0,05	0,11
Diuron	0,2	< 0,01	1,8	0,03				
EDTA							240	2,4
Erythromycin							0,2	< 0,01
Flufenacet	0,04	< 0,025	0,2	< 0,025	1	< 0,025		
Fluoranthren	0,0063	0,005	0,12	0,022				
Gabapentin					1	0,47		
Galaxolid							7	0,038
g-PFOS	0,00065	0,004	36	0,012				
H4PFOS					0,1	0,010		
Hexachlorbenzol			0,05	< 0,001				
Hexachlorbutadien			0,6	< 0,1				
Ibuprofen					1	0,020	0,01	0,020
Iopamidol					1	0,23		
Isoproturon	0,3	< 0,01	1	< 0,01				
MCPA	2	0,003						
Mecoprop	0,1	0,008						
Metazachlor	0,4	< 0,01						
Metformin					1	0,56		
Metolachlor	0,2	< 0,01						
Metoprolol							7,3	0,18
Naphthalin	2	< 0,005	130	0,008				
Nitrobenzol	0,1	< 0,01						
NTA							80	< 0,5
Oxipurinol					0,3	1,8		
Pentachlorphenol	0,4	< 0,05	1	< 0,05				
Phenanthren	0,5	0,005						
Propiconazol	1	< 0,01						
Sulfamethoxazol							0,6	0,053
TCPP					1	0,19		
Terbutryn	0,065	< 0,01	0,34	0,012				
Terbutylazin	0,5	< 0,01						
Tetrachlorethen	10	< 0,1						
Tetrachlorkohlenstoff	12	< 0,1						
Tonalide							3,5	0,009
Trichlorbenzole	0,4	< 0,3						
Trichlorethylen	10	< 0,1						
Trichlormethan	2,5	< 0,1						
Triclosan	0,02	0,001	0,2	0,005				
Valsartansäure					0,3	0,29		

= UQN eingehalten  
 = UQN, GOW bzw. OW nicht eingehalten

---

## 8 Spurenstoffe und ökologischer Zustand von Fließgewässern

---

Der ökologische Zustand von Fließgewässern ist Ergebnis einer Vielzahl komplexer, teilweise gegenseitig abhängiger Einflussgrößen, Wirkmechanismen und Randbedingungen. Er ist definiert über vier biologische Qualitätskomponenten: Makrozoobenthos (Wirbellosenfauna der Gewässersohle), Makrophyten und Phytobenthos (Wasserpflanzen und Algen der Gewässersohle), Phytoplankton und Fischfauna. Für die Einordnung in die fünf Zustandsklassen ist zusätzlich noch eine Bewertung der Flussgebietspezifischen Schadstoffe erforderlich (siehe Kapitel 2). Als Einflussgrößen auf den ökologischen Zustand hervorzuheben sind Auswirkungen anthropogener Aktivitäten im Gewässereinzugsgebiet. Bei den Gewässerverhältnissen in Deutschland betrifft dies zum einen partiell weiterhin stoffliche Einflüsse, auch wenn diese ihre vor einigen Jahrzehnten noch vorhandene, nahezu flächendeckende Dominanz verloren haben. Als Folge davon sind zum anderen die hydromorphologischen Bedingungen sowie die ökosystemare Vernetzung des betrachteten Gewässerabschnitts bzw. Wasserkörpers in das Gesamtsystem als weitere Belastungsfaktoren ins Bewusstsein gerückt. In Tabelle 8.1 sind die verschiedenen Einflüsse auf den ökologischen Zustand zusammengefasst. Neben Parametern, deren Einfluss einfach zu bestimmen ist (z. B. Sauerstoffgehalt, Temperatur), existieren auch solche, bei denen dies nicht möglich bzw. unklar ist. Dazu zählen unter anderem die Spurenstoffe. Diese Gruppe von unterschiedlichsten Substanzen geriet in den letzten Jahrzehnten, auch durch eine Verbesserung in der analytischen Nachweisbarkeit, immer stärker in den Fokus von Politik, Administration und sonstigen Wasserutzern. Im Rahmen der Diskussion wurde und wird teilweise der Eindruck erweckt, dass das Vorhandensein von abwasserbürtigen Spurenstoffen im Gewässer einen guten ökologischen Zustand verhindert und somit deren Reduzierung – Stichwort Vierte Reinigungsstufe – zwingend erforderlich ist, um die Ziele der EG-WRRL zu erreichen. Inwieweit dies tatsächlich der Fall ist, soll in diesem Kapitel im Hinblick auf abwasserbürtige Spurenstoffe diskutiert werden. Dazu werden zuerst drei Konzepte zur Bestimmung des Einflusses von Spurenstoffen auf den ökologischen Zustand sowie Ergebnisse aus verschiedenen Untersuchungsprojekten zur erweiterten Abwasserreinigung vorgestellt. Zusätzlich wird der Einfluss von Spurenstoffen auf Gewässerabschnitte unterhalb von ausgewählten Kläranlagen im Ruhreinzugsgebiet anhand von Simulationen betrachtet.

### Konzepte zur Bewertung des Einflusses von Spurenstoffen auf den ökologischen Zustand

Eine Schwierigkeit bei der Ermittlung des Einflusses von Spurenstoffen auf den ökologischen Zustand liegt in der Vielzahl an Substanzen, die zu der Gruppe der Spurenstoffe gezählt werden. Im Konzept der Mischungstoxizität wird daher für je-

den Spurenstoff einzeln eine Risikobewertung durchgeführt und diese im Anschluss zu einem Summenparameter zusammengefasst. Erforderlich für diesen Ansatz ist für alle zu betrachtenden Substanzen das Vorliegen von Informationen bezüglich ihrer Toxizität gegenüber aquatischen Organismen sowie ihrer im Gewässer gemessenen Konzentrationen. Zu Problemen führt bei diesem Ansatz die tatsächlich vorhandene Informationsdichte, da häufig keine oder nur wenige Daten aus dem Bereich der aquatischen Ökotoxikologie vorhanden sind. Als weitere Einschränkung ist die Methodik der Ermittlung stoffspezifischer Toxizitätsdaten anzuführen, da diese an Standardorganismen in Laborexperimenten ermittelt und unter der Anwendung von Sicherheitsfaktoren auf die Artengemeinschaft im Freiland übertragen werden. Ein einfacher Bezug zur jeweils zustandsprägenden Organismengemeinschaft des Gewässers als biologische Qualitätskomponente ist somit schwierig. Ein Vorteil des Konzepts der Mischungstoxizität liegt darin, dass Toxizitätstreiber in einer Substanzgruppe identifiziert werden können.

Um nicht auf die Untersuchung einzelner Substanzen angewiesen zu sein, wird in der wirkungsbezogenen Analytik ein anderer Ansatz verwendet. Dieser beruht darauf, das Potenzial für eine bestimmte Wirkweise (z. B. Mutagenität, Reproduktionstoxizität), welches von einer Wasserprobe ausgeht, in seiner Gesamtheit zu erfassen, und zwar unabhängig davon, welche Substanz für die Wirkung und in welchem Maße ursächlich ist. Zu diesem Zweck finden eine Reihe von Bioassays sowie Tests an Standardorganismen Anwendung. Als Einschränkung ist hierbei anzusprechen, dass auch in diesem Fall eine Extrapolation anhand von Labortests stattfindet. Ein großer Vorteil des Konzeptes ist jedoch, dass keine substanzspezifischen Parameter (Toxizitätsdaten, Konzentration) vorliegen müssen.

Beiden Konzepten gemein ist, dass jeweils nur das vorliegende Risiko zum Zeitpunkt der Probenahme bestimmt werden kann. Wichtig im Zusammenhang mit der Ermittlung des Einflusses von Spurenstoffen auf den ökologischen Zustand sind neben der Höhe der Konzentration die Expositionsdauer und Expositions-dynamik. Insofern hat eine zeitgleiche Untersuchung der biologischen Qualitätskomponenten und der toxikologischen Wirkungen von Spurenstoffen, die von einer Wasserprobe ausgehen, wenig Aussagekraft über Zusammenhänge bzw. Korrelationen. Vielmehr ist für biologische Qualitätskomponenten die Exposition von stofflichen Größen in einem organismenspezifischen Zeitraum vor der Probenahme für das Bestimmungsergebnis von Taxa und Abundanz entscheidend.

Eine Möglichkeit, sowohl auf die Extrapolation von Laborergebnissen zu verzichten als auch den langfristigen Einfluss von Spurenstoffen zu ermitteln, sind vergleichende Untersuchungen der aquatischen Lebensgemeinschaften im Freiland. Für diese ist es allerdings notwendig, den ökologischen Zustand im Gewässer mit und ohne den Einfluss von Spurenstoffen, z. B. vor und nach Etablierung einer erweiterten Spurenstoffeliminierung auf einer Kläranlage, zu bestimmen. Die

Nachteile dieser Methode sind der lange Zeitraum, der für ein solches Vorgehen notwendig ist, und die damit einhergehenden Schwankungen bei natürlichen Einflussgrößen (z. B. Temperaturverlauf, Abfluss). Weiterhin kann keine Korrelation zwischen einzelnen Substanzen und den Auswirkungen im Gewässer hergestellt werden.

### Ergebnisse aus Forschungsprojekten

Untersuchungen der Universität Duisburg-Essen und des Ruhrverbands an der Kläranlage Schwerte zeigten keinen direkten Einfluss einer weitergehenden Behandlung von Spurenstoffen (Vierte Reinigungsstufe) auf die untersuchten Organismen. So war bei verschiedenen In-Vitro- und In-Vivo-Untersuchungen,

streng parallel mit konventionell und weitergehend behandeltem Abwasser, kein signifikant positiver Effekt auf die Organismen festzustellen [8.1]. In Ergänzung dazu fanden in den Jahren 2018 bis 2020 parallele Untersuchungen (weitergehend behandeltes / konventionell behandeltes Abwasser / Flusswasser) an EPT-Taxa als besonders empfindliche Spezies der Makrozoobenthos-Organismen statt [8.2]. Im Ergebnis waren bei den Biomarker-Messungen meist keine signifikanten Unterschiede zwischen den verschiedenen Ansätzen zu erkennen. Bezüglich der Verhaltensdaten zeigten sich bei allen drei untersuchten Makrozoobenthos-Arten Unterschiede zwischen den Wasserqualitäten der durchgeführten parallelen Untersuchungen. Inwieweit dies Einflüsse auf z. B. Drift oder andere Verhaltensreaktionen haben kann, ist jedoch noch nicht ab-

Tabelle 8.1: Integrierende Bewertung des ökologischen Zustands von Fließgewässern über biologische Qualitätskomponenten: Interpretationshilfe zur Indikation kausaler Zusammenhänge (Darstellung des funktionalen Zusammenhangs zwischen Stressoren und biologischen Qualitätskomponenten über blaue Markierung) [8.8]

Table 8.1: Integrating evaluation of the ecological status of flowing waters based on biological quality components: interpretation guidance to indicate causal relationships (description of the functional relationship between stressors and biological quality components via the blue marking) [8.8]

Stressoren, Einflussgrößen, Indikation		biologische Qualitätskomponenten (Taxa und Abundanz)		Flora	Fischfauna	Makrozoobenthos											
		- Phytoplankton	- Diatomeen und Phytoebenthos	- Makrophyten	- Wanderfische	- Laichhabitatpräferenzen	- Altersstruktur	- Leitbildarten	- Habitatpräferenzen	- Ernährungsstypen	- Strömungspräferenzen	- Fauna-Index, Leitbildarten	Modul Versauerung	Modul Allgemeine Degradation	Modul Sprobie		
Chemisch-physikalische Parameter (ACP)	Temperatur																
	pH-Wert																
	Leitfähigkeit																
	Trübung																
	Sauerstoffhaushalt																
	Globalstrahlung																
Stoffposition, -konzentration	organische Stoffe																
	Nährstoffe																
	Spurenstoffe (insbes. PBSM, Biozide, Hormonell wirkende Stoffe)																
	Sonstige, z. B. Schwermetalle, toxische Stoffe																
Gewässerstruktur	typspezifische Sohlbeschaffenheit und -strukturen																
	typspezifische Uferbeschaffenheit und -strukturen																
	typspezifisches Umfeld, Aue inkl Uferstreifen																
	Durchgängigkeit, longitudinale Konnektivität																
Strömung	Hydraulik																
	Dynamik																
	Diversität																
Sonstiges	Sediment- bzw. Suspensaeintrag anorganisch																
	Sediment- bzw. Suspensaeintrag organisch																
	Geschiebehaushalt																
	Neobiota																
	Besatzmaßnahmen, Fischerei																
	häufige Störungen der Biozönose																

Tabelle 8.2: Ermittelte einwohner-spezifische Frachten für verschiedene Kläranlagen der Einzugsgebiete von Lenne und Volme  
 Table 8.2: Calculated inhabitant-specific loads for several sewage treatment plants in the catchment area of Lenne and Volme

Gewässer	Kläranlage	Einwohner	Diclofenac mg/(E*d)	Ibuprofen mg/(E*d)	Azithromycin mg/(E*d)
Lenne	Altena	19.052	0,51	0,004	0,072
	Biggetal	58.014	0,28	0,013	0,032
	Finnentrop	13.835	0,46	0,13	0,068
	Hagen-Fley	34.856	0,38	0,022	0,066
	Herscheid	4.713	0,56	0,052	0,045
	Iserlohn-Letmathe	34.190	0,44	0,021	0,078
	Lennestadt	25.129	0,54	0,17	0,041
	Lennestadt-Grevenbrück	16.156	0,39	0,062	0,032
	Lüd.-Schlittenbachtal	14.310	0,82	0,004	0,20
	Plettenberg	28.577	0,51	0,032	0,042
	Rahmedetal	30.250	0,54	0,28	0,089
	Werdohl	19.769	0,32	0,021	0,053
		Mittel, arithmetisch		0,48	0,068
	Mittel, gewichtet		0,44	0,065	0,063
Volme	Breckerfeld	6.051	0,49	0,003	0,053
	Gevelsberg	66.965	0,47	0,12	0,081
	Kierspe-Bahnhof	6.286	0,36	0,003	0,035
	Meinerzhagen	14.310	0,50	0,097	0,099
	Schalksmühle	22.826	0,66	0,10	0,063
	Volmetal	28.961	0,57	0,10	0,11
		Mittel, arithmetisch		0,51	0,071
	Mittel, gewichtet		0,52	0,10	0,083

schließlich geklärt. Auch wenn diese Untersuchungen keinen direkten positiven Einfluss einer Vierten Reinigungsstufe auf die betrachteten Organismen zeigten, gibt es doch Ergebnisse aus mehreren externen Projekten, die auf einen solchen hinweisen. Neben Studien, die zur Bewertung von Spurenstoffen auf die Konzepte Mischungstoxizität und wirkungsbezogene Analytik zurückgreifen [8.3; 8.4], sind hier insbesondere die vergleichenden Untersuchungen an der Schussen, dem Furtbach sowie der Wurm zu nennen [8.5 - 8.7]. Insgesamt lässt sich festhalten, dass eine weitergehende Behandlung von Spurenstoffen einen positiven Einfluss auf die im Wasser lebenden Organismen zu haben scheint und teilweise zu Verbesserungen in Teilen der vier biologischen Qualitätskomponenten führen kann. Allerdings konnte bisher keine Änderung des ökologischen Zustands nach Ausbau einer Kläranlage als direkte Folge der weitergehenden Spurenstoffelimination nachgewiesen werden. Dies wiederum führt, unter Berücksichtigung der vielfältigen Einflussgrößen auf den ökologischen Zustand, zu der Schlussfolgerung, dass eine Vierte Reinigungsstufe in isolierter Form keine Schlüsselmaßnahme für die Erreichung des guten Zustands der betroffenen Wasserkörper ist.

### Abschätzende Simulationen

Um zu überprüfen, ob das Vorkommen von Spurenstoffen in Gewässern den guten ökologischen Zustand verhindert, wurden Simulationen der Spurenstoffexposition durchgeführt. Betrachtet wurden dabei Gewässerstrecken im Ruhreinzugsgebiet, die durch Kläranlageneinleitungen beeinflusst sind und an denen zudem auch die biologische Qualitätskomponente Makrozoobenthos mindestens mit „gut“ bewertet wurde. Für

diese Stellen wurden die Konzentrationen der Spurenstoffe Diclofenac, Azithromycin und Ibuprofen unter Berücksichtigung des Abflusses sowie der Einträge von oberhalb liegenden Kläranlagen anhand einwohnerspezifischer Frachten ermittelt. Die Auswahl der drei Spurenstoffe erfolgte aufgrund von Untersuchungen mittels des Konzepts der Mischungstoxizität, bei

- [8.1] Ruhrverband: Untersuchungen zur Eliminierung von organischen Mikroverunreinigungen auf der Kläranlage Schwerte. In: Ruhrgütebericht 2012, S. 102 - 110
- [8.2] Rothe, L., Feld, K., Sures, B., Weyand, M., Gerhardt, A.: Einfluss von Mikroschadstoffen auf Makrozoobenthosorganismen (MZB). In: Gewässerschutz – Wasser – Abwasser, Schriftenreihe des Instituts für Siedlungswasserwirtschaft der RWTH Aachen, 2020, 252, S. 9/1 - 9/8
- [8.3] Völker, J., Stapf, M., Miede, U., Wagner, M.: Systematic Review of Toxicity Removal by Advanced Wastewater Treatment Technologies via Ozonation and Activated Carbon. In: Environmental Science and Technology, 2019, 53, S. 7215 - 7233
- [8.4] Burdon, F., Munz, N., Reyes, M., Focks, A., Joss, A., Räsänen, K., Altermatt, F., Eggen, R., Stamm, C.: Agriculture versus wastewater pollution as drivers of macroinvertebrate community structure in streams. In: Science of the total Environment, 2019, 659, S. 1256 - 1265
- [8.5] Triebkorn, R.: Gemeinsamer Schlussbericht der Projekte SchussenAktiv, SchussenAktivplus und SchussenAktivplus+. In: Weitergehende Abwasserreinigung, ISBN 978-3-946552-11-6
- [8.6] Ashauer, R.: Post-ozonation in a municipal wastewater treatment plant improves water quality in the receiving stream. In: Environmental Sciences Europe, 2016, 28, 1
- [8.7] <https://wver.de/spurenstoffe>, Zugriff 18. Mai 2021
- [8.8] Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall: Folgewirkungen des Klimawandels für den Zustand der Fließgewässer – Bedeutung für Bewertung und Management vor dem Hintergrund der Europäischen Wasserrahmenrichtlinie. In: DWA-Themenband, 2021 (in Vorbereitung)

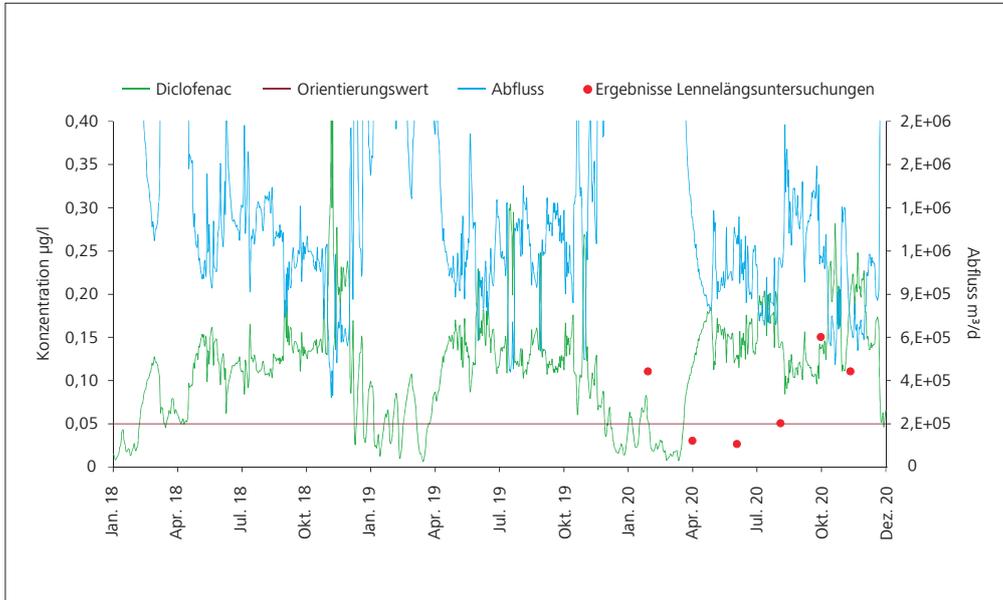


Bild 8.1 Modellhaft ermittelte Tageswerte für den Abfluss und die Diclofenac-Konzentration für den Betrachtungspunkt der Lenne unterhalb der Einleitung der Kläranlage Altena für die Jahre 2018 bis 2020

Fig. 8.1: Daily values calculated via a model for the runoff and the diclofenac concentration at the Lenne observation point downstream of the outlet of the Altena sewage treatment plant from 2018 to 2020

denen lediglich diese drei aus einer Gruppe von 70 Substanzen mit Befunden in der Ruhr als Toxizitätstreiber ermittelt wurden.

Diese modellhafte Betrachtung erfolgte am Beispiel der Einzugsgebiete von Lenne und Volme für die Jahre 2018 bis 2020 auf Basis einer tagesbezogenen Berechnung. Als Datengrundlage dienten der an den jeweiligen Pegelstationen gemessene Abfluss im Gewässer sowie die an den Kläranlagen erfassten Einleitungsmengen auf Tagesbasis. Für die Umrechnung der aus eigenen Beprobungen ermittelten einwohnerspezifischen Frachten (Tabelle 8.2) in eine Ablauffracht wurden die an die jeweils betrachtete Kläranlage angeschlossenen Einwohner (Einwohnerzahl) herangezogen.

Die Bestimmung des Gewässerabflusses oberhalb einer Kläranlage erfolgte über die flächenbezogene Umrechnung des an den Gewässerpegeln ermittelten natürlichen Abflusses. Letzterer errechnet sich aus der Differenz des gemessenen Pegelwertes und der Abflüsse aus den oberhalb dieses Pegels gelegenen Kläranlagen. Das maßgeblich durch den Betrieb der Biggetalsperre beeinflusste Einzugsgebiet der Bigge wurde separat betrachtet und über die am Pegel Ahausen gemessenen Abflüsse einschließlich der Spurenstofffrachten aller im Einzugsgebiet der Biggetalsperre befindlichen Kläranlagen summarisch berücksichtigt. Mit dieser relativ genauen Abbildung der Abflussverhältnisse an der Lenne lassen sich modellhaft die Konzentrationen der betrachteten Spurenstoffe auf Tagesbasis berechnen. Die Belastbarkeit dieser teilweise vereinfachenden Annahmen zeigt sich im Vergleich der errechneten zu den im Gewässer gemessenen Konzentrationen für den Parameter Diclofenac am Beispiel des Betrachtungspunktes unterhalb der Kläranlage Altena (Bild 8.1). Lediglich an den Beprobungstagen 01.04. und 03.06.2020 sind größere Abweichungen feststellbar.

In dem angesprochenen Gewässerabschnitt unterhalb der Kläranlage Altena erfolgte am 15. Juni 2020 an der Messstelle Nr. 422502 (Bild 8.2) eine Aufnahme der biologischen Qualitätskomponente Makrozoobenthos, deren Analyse in der Bewertung einen guten ökologischen Zustand ergab. Da der Befund für die Makrozoobenthosfauna als Ergebnis zu



Bild 8.2 Lage der Messstelle Nr. 422502 in der Lenne mit Darstellung der ökologischen Zustandsklasse für die biologische Qualitätskomponente Makrozoobenthos auf Basis des vierten Monitoringzyklus [8.9]

Fig. 8.2: Location of the measuring point No. 422502 in the Lenne with a representation of the ecological condition categories for the biological quality component macrozoobenthos based on the fourth monitoring cycle [8.9]

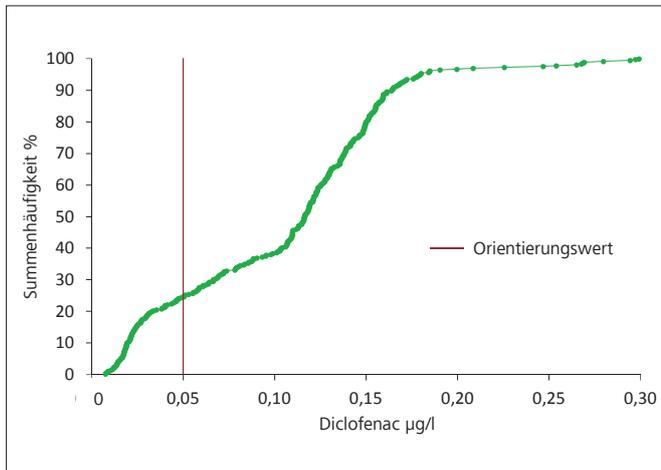


Bild 8.3 Modellhaft ermittelte Diclofenac-Konzentration für den Betrachtungspunkt der Lenne unterhalb der Einleitung der Kläranlage Altena für den Zeitraum eines Jahres vor der Beprobung des Makrozoobenthos an der Messstelle Nr. 422502 am 15.06.2020, dargestellt als Summenhäufigkeit

Fig. 8.3: Diclofenac concentration calculated via a model at the Lenne observation point downstream of the outlet of the Altena sewage treatment plant during the year before the macrozoobenthos samples were taken at the measuring point No. 422502 on June 15, 2020, shown as cumulative frequencies

betrachten ist, welches den Gewässerzustand über einen längeren Zeitraum abbildet, wurden für den Zeitraum von einem Jahr vor diesem Probenahmedatum die für den Betrachtungspunkt unterhalb der Kläranlage Altena modellhaft ermittelten Spurenstoffkonzentrationen analysiert und in Form einer Summenhäufigkeitslinie grafisch aufgetragen (Bild 8.3). Anhand derer ist zu erkennen, dass mehr als 75 % der rechnerisch ermittelten Diclofenackonzentrationen in dem einjährigen Zeitraum vor der biologischen Probenahme den Orientierungswert von 0,05 µg/l übersteigen. In dieser Periode betragen der Mittelwert 0,10 µg/l und der Median 0,11 µg/l.

Deutlich ausgeprägter ist die Überschreitung des Orientierungswertes für Diclofenac in der Volme im Gewässerabschnitt unterhalb der Kläranlage Volmetal und oberhalb der Kläranlage Schalksmühle. Auch für die hier liegende Messstelle Nr. 440656 (Bild 8.4) ergab die Analyse der am 24. Juni 2019 aufgenommenen Probe für die biologische Qualitätskomponente Makrozoobenthos in der Bewertung einen guten ökologischen Zustand. Die in gleicher Form wie für die Lenne ermittelten Diclofenackonzentrationen im einjährigen Zeitraum vor dieser Probenahme zeigen eine Überschreitung des Wertes von 0,05 µg/l in fast 90 % der Fälle (Bild 8.5). Für diesen Betrachtungspunkt liegen der Mittelwert bei 0,55 µg/l und der Median bei 0,47 µg/l.

Ähnlich stellen sich die Verhältnisse für den Parameter Azithromycin dar. Auch hierfür passen die modellhaft ermittelten Ergebnisse vergleichsweise gut mit den in den Gewässern Lenne und Volme an den Probenahmestellen unterhalb Kläranlage



Bild 8.4 Lage der Messstelle Nr. 440656 in der Volme mit Darstellung der ökologischen Zustandsklasse für die biologische Qualitätskomponente Makrozoobenthos auf Basis des vierten Monitoringzyklus [8.9]

Fig. 8.4: Location of the measuring point No. 440656 in the Volme with a representation of the ecological condition categories for the biological quality component macrozoobenthos based on the fourth monitoring cycle [8.9]

Altena und oberhalb Kläranlage Schalksmühle gemessenen Stoffkonzentrationen überein. Allerdings stellt sich für Azithromycin nur in der Volme eine wiederum deutliche Überschreitung des Orientierungswertes ein (Bild 8.6), während dies in der Lenne nur in weniger als 25 % der Tage gegeben ist.

Für den Parameter Ibuprofen konnte hingegen keine signifikante Übereinstimmung zwischen den modellhaft ermittelten und den im Gewässer gemessenen Konzentrationswerten erreicht werden. Dieses Arzneimittel scheint entweder in seiner zeitlichen Exposition über den Kläranlagenablauf periodischen Schwankungen oder über den Fließverlauf im Gewässer Veränderungsprozessen zu unterliegen, deren Abbildung mit dem Ansatz einer vereinfachten reinen Frachtbilanzierung nicht möglich ist.

[8.9] <https://www.elwasweb.nrw.de/elwas-web/index.jsf>; letzter Zugriff 15.06.2021

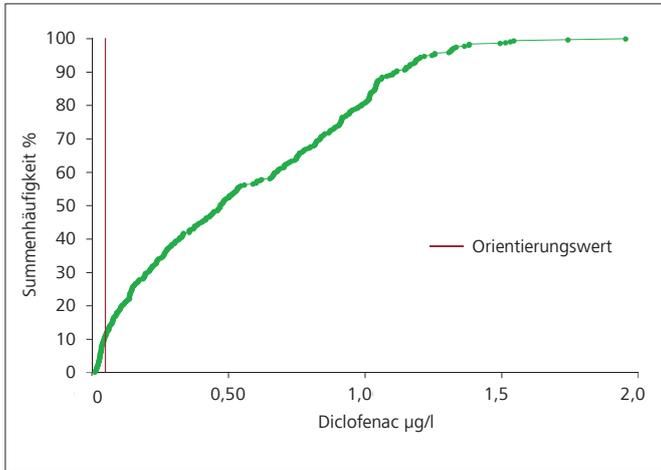


Bild 8.5 Modellhaft ermittelte Diclofenac-Konzentration für den Betrachtungspunkt der Volme oberhalb der Einleitung der Kläranlage Schalksmühle für den Zeitraum eines Jahres vor der Be-  
probung des Makrozoobenthos an der Messstelle Nr. 440656 am 24.06.2019, dargestellt als Summenhäufigkeit

Fig. 8.5: Diclofenac concentration calculated via a model at the Volme observation point upstream of the outlet of the Schalksmühle sewage treatment plant during the year before the macrozoobenthos samples were taken at the measuring point No. 440656 on June 24, 2019, shown as cumulative frequencies

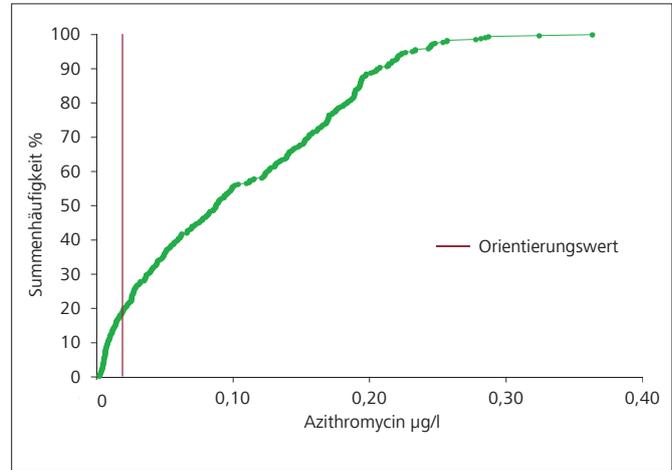


Bild 8.6 Modellhaft ermittelte Azithromycin-Konzentration für den Betrachtungspunkt der Volme oberhalb der Einleitung der Kläranlage Schalksmühle für den Zeitraum eines Jahres vor der Be-  
probung des Makrozoobenthos an der Messstelle Nr. 440656 am 24.06.2019, dargestellt als Summenhäufigkeit

Fig. 8.6: Azithromycin concentration calculated via a model at the Volme observation point upstream of the outlet of the Schalksmühle sewage treatment plant during the year before the macrozoobenthos samples were taken at the measuring point No. 440656 on June 24, 2019, shown as cumulative frequencies

Als Resümee dieser Betrachtungen ist Folgendes festzuhalten. Trotz erhöhter Spurenstoffkonzentrationen und -exposition sind in den betrachteten Gewässerstrecken die übrigen Randbedingungen, z. B. hydromorphologische Habitateigenschaften und Auftreten sonstiger stofflicher Belastung, in derart ausreichender Qualität bzw. geringem Ausmaß vorhanden, dass mit Blick auf die biologische Qualitätskomponente Makrozoobenthos bereits der gute ökologische Zustand erreicht ist. Somit ist es für einen guten Zustand der Makrozoobenthoszönose als nicht zwingend notwendig zu betrachten, dass die Konzentration von Spurenstoffen unterhalb der aktuell diskutierten normativen Werte (Orientierungswerte, Zielwerte, Leitwerte) liegen muss.

### Zusammenfassung

Der ökologische Zustand wird von einer Vielzahl unterschiedlicher Parameter beeinflusst. Neben Größen wie Temperatur und Globalstrahlung, deren Wirkung auf das Gewässer einfach zu bestimmen ist, gibt es auch solche, bei denen der Einfluss unklar oder unspezifisch ist. Ein solcher Parameter ist die Gruppe der Spurenstoffe, deren Einfluss nur anhand aufwendiger Untersuchungen sowie einem hohen Maß an Fachwissen bestimmt werden kann. Bestehende Konzepte, wie z. B. Mischungstoxizität und wirkungsbezogene Analytik, greifen für die Bewertung der Spurenstoffe auf Resultate von Laborexperimenten zurück und sind damit nur bedingt geeignet, die Effekte in der Natur zu beschreiben. In ihrer Gesamtheit deuten die Ergebnisse aus diversen Studien sowie aufwendiger Vergleiche vor und nach dem Bau von Vierten Reinigungsstu-

fen auf Kläranlagen darauf hin, dass Spurenstoffe einen Einfluss auf Gewässerorganismen aufweisen. Die Ergebnisse zeigen jedoch auch, dass die Etablierung einer erweiterten Spurenstoffentfernung als singuläre Maßnahme nicht geeignet ist, den ökologischen Zustand als Ganzes zu verbessern. Durchgeführte abschätzende Simulationen zur Spurenstoffexposition an ausgewählten Gewässern im Ruhreinzugsgebiet zeigen zudem, dass die Unterschreitung von Grenzwerten für Spurenstoffe im Hinblick auf die biologische Qualitätskomponente Makrozoobenthos keine zwingende Voraussetzung für die Erreichung des guten ökologischen Zustands ist.

Auch wenn dieser Beitrag nur einen Teil der vielfältigen ökologischen Wechselwirkungen in Gewässern beschreiben kann, soll er dennoch dazu anregen, mit Blick auf die Festlegung von Maßnahmen, die zur Erreichung eines guten ökologischen Gewässerzustands erforderlich erscheinen, stärker die Kausalzusammenhänge zu berücksichtigen, um zielgerichtet wirksame Maßnahmen ableiten und umsetzen zu können. Hierfür kann auch die Untersuchung von Gewässerabschnitten mit gutem ökologischem Zustand wertvolle Hinweise für die notwendigen Bedingungen und Maßnahmen zur Zielerreichung geben.

## 9 Untersuchungen zur Emissions- und Immissionssituation im Einzugsgebiet der Unteren Lenne

Untersuchungen zur Erfassung und Bewertung der Gewässerqualität der Ruhr werden seit vielen Jahren vor allem in Form der Ruhrlängsuntersuchungen und der zeitlich dichten Untersuchungen bei Essen-Rellinghausen durchgeführt (vgl. Kapitel 3). Neben der Ruhr selbst sind aber auch ihre Nebengewässer von Interesse. So erfolgte beispielsweise im Jahr 2014 eine intensive Untersuchung der Lenne nach dem Modell der Ruhrlängsuntersuchung [9.1]. Neben diffusen Einträgen stellen Emissionen aus der Siedlungsentwässerung eine wichtige Einflussgröße für den chemischen aber auch den ökologischen Zustand der aufnehmenden Gewässer dar. Bei den Stoffeinträgen handelt es sich sowohl um die typischen die Trophie und die Saprobie der Gewässer belastenden Kohlenstoff-, Stickstoff- und Phosphorverbindungen als auch um eine Vielzahl organischer Spurenstoffe, welche sich möglicherweise konzentrationsabhängig auf die Gewässerbiozönose auswirken können.

Über die Spurenstoffbelastung im Ablauf der Verbandskläranlagen wurde im Ruhrgütebericht bereits in der Vergangenheit berichtet [9.2].

Um detailliertere und gewässerabschnittsspezifische Informationen über die Emissions- und Immissionssituation zu erhalten, eignen sich vor allem kombinierte Untersuchungen von Kläranlagenzu- und -ablauf sowie im Gewässer oberhalb und unterhalb der jeweiligen Kläranlageneinleitung. Solche Untersuchungen ermöglichen Aussagen über die Herkunft von Spuren- und Nährstoffen und deren Bedeutung für den chemischen Gewässerzustand sowie für eventuelle Auswirkungen auf die ökologische Situation im Gewässer. Darüber hinaus bilden sie die Basis für Stoffflussmodellierungen, welche wiederum als Instrument der Maßnahmenauswahl in der Bewirtschaftungsplanung dienen [9.3]. Im Zusammenhang mit der

[9.1] Ruhrverband: *Ergebnisse der Lennelängsuntersuchungen*. In: *Ruhrgütebericht 2014, Essen, S. 96-105*

[9.2] Ruhrverband: *Mikroverunreinigungen im Ablauf kommunaler Kläranlagen*. In: *Ruhrgütebericht 2011, Essen, S. 92-99*

[9.3] Ruhrverband: *Stoffflussanalyse und -modellierung von Ruhr und Lenne*. In: *Ruhrgütebericht 2016, Essen, S. 105-108*

Tabelle 9.1: Landnutzung im Einzugsgebiet der Lenne  
Table 9.1: Usage of land in the Lenne catchment area

	Gewässername		Untere Lenne		Lenne	
	Gewässerkennzahl		2766		2766	
	AEO [km²]		529		1355	
	Landnutzung		AEO [km²]	Anteile [%]	AEO [km²]	Anteile [%]
Abbauflächen	1,64	0,31	2,69	0,20		
Baustellen	0,70	0,13	0,70	0,05		
Deponien und Abraumhalden	0,27	0,05	0,27	0,02		
Durchgängig städtische Prägung	0,58	0,11	0,58	0,04		
Flughäfen	0,35	0,07	0,35	0,03		
Industrie- und Gewerbeflächen	6,32	1,2	8,54	0,6		
Komplexe Parzellenstrukturen	43,38	8,2	142,45	10,5		
Landwirtschaftliche Nutzung und natürliche Bodenbedeckung	10,27	1,9	35,67	2,6		
Laubwälder	61,12	11,6	104,83	7,8		
Mischwälder	122,20	23,1	328,11	24,2		
Nadelwälder	131,02	24,8	361,61	26,6		
Natürliches Grünland	0,38	0,07	0,38	0,03		
Nicht bewässertes Ackerland	42,85	8,1	95,85	7,1		
Nicht durchgängig städtische Prägung	57,13	10,8	101,40	7,5		
Sport- und Freizeitanlagen	0,36	0,1	1,17	0,1		
Städtische Grünflächen	0,66	0,12	0,66	0,05		
Straßen- und Eisenbahnnetze	0,27	0,05	0,40	0,03		
Wald-Strauch-Übergangsstadien	0,00	0,00	0,12	0,01		
Wiesen und Weiden	47,16	8,9	158,01	11,7		
Wasserflächen	1,92	0,4	10,81	0,8		
Gesamtfläche	528,6	100	1354,6	100		

Tabelle 9.2: Ausgewählte Kenndaten der Kläranlagen im Einzugsgebiet der Unteren Lenne  
 Table 9.2: Selected characteristics of the sewage treatment plants in the lower Lenne catchment area

Kläranlage	Einheit	Finnen- trop	Pletten- berg	Werdohl	Altena	Is. Letmathe	Ha.-Fley	Herscheid	Lüd.- Schlitten- bachtal	Rahmede- tal
Einzugsgebiet	ha	768	1.468	821	965	1.179	1.288	226	485	957
Ausbaugröße	E	31.200	34.000	35.000	35.000	70.000	48.500	9.000	62.000	55.000
Einwohnerzahl 2019	E	13.835	28.577	19.769	19.052	34190	34.856	4.713	16.884	30.250
Abwasseranfall 2019	Mio. m <sup>3</sup> /a	2,803	7,347	6,120	4,299	6,752	5,998	1,217	2,867	5,893
Jahresschmutzwasser- menge 2019	Mio. m <sup>3</sup> /a	1,983	5,928	4,848	3,055	5,093	4,281	0,855	1,526	3,832
spez. Schmutzwasseranfall 2019	l/(E.d)	361	549	607	415	384	311	503	211	326
Trockenwetterzufluss (Q <sub>0</sub> ) 2019	l/s	63	188	153	97	161	135	27	48	121
Maximaler Zufluss (Q <sub>max</sub> )	l/s	275	440	473	385	700	539	87	484	616
NWBA (RV-eigen)	n	5 RÜB, 2 SK	0 RÜB, 15 SK	3 RÜB, 11 SK	5 RÜB, 8 SK	4 RÜB, 2 SK	5 RÜB, 2 SK	1 RÜB, 1 SK	1 RÜB, 5 SK	3 RÜB, 0 SK
NWBA – Volumen (RV- eigen)	m <sup>3</sup>	3.780	9.967	7.205	7.459	9.040	16.149	1.318	3.949	6.473
Industrieabwasser 2019	m <sup>3</sup> /a	123.872	187.062	343.395	162.697	289.126	330.955	5.775	226.499	206.229
Anteil Industrieabwasser am Abwasseranfall	%	4,4	2,5	0,6	3,8	4,3	5,5	0,5	7,9	3,5
Betriebe gesamt / Anhang 40	n	7 / 2	23 / 10	17 / 9	17 / 15	22 / 15	23 / 9	2 / 0	19 / 12	22 / 17
CSB – Überwachungswert	mg/l	40	90	70	45	65	90	60	50	45
CSB – Niedrigerklärter Wert	mg/l	27	27	37	25	35	25	20	33	26
TIN – Überwachungswert	mg/l	16	18	18	17	15,4	18	14	18	18
TIN - Niedrigerklärter Wert	mg/l	12	12	5,0	13,6	5,0	10	8,0	12	14
NH <sub>4</sub> -N - Betriebsmittelwert	mg/l		0,53	1,0		0,5	0,5		0,4	0,3
P <sub>ges.</sub> – Überwachungswert	mg/l	0,8	0,8	2,0	1,8	1,5	1,0	1,0	1,0	1,0
P <sub>ges.</sub> - Niedrigerklärter Wert	mg/l	0,6	0,5	0,6	1,0	0,8	0,6	0,5	0,5	0,6
P <sub>ges.</sub> - Betriebsmittelwert	mg/l		0,4	0,6		0,7	0,5		0,4 / 0,2	0,3

Verlängerung der wasserrechtlichen Einleitungserlaubnisse von Kläranlagen stellen diese Messprogramme zudem eine wichtige Bewertungshilfe für die gezielte Ableitung von Ablaufanforderungen an die Kläranlageneinleitungen dar. Gleichzeitige Emissions- und Immissionsuntersuchungen wurden bereits als Bestandteil der Integralen Entwässerungsplanung z. B. in den Jahren 2014 und 2015 in den Einzugsgebieten der Kläranlagen Iserlohn-Baarbachtal und Rahmedetal durchgeführt. Mit der Hönne-Längsuntersuchung 2017/2018 wurde erstmals ein ganzes Gewässereinzugsgebiet mit insgesamt vier Kläranlagen

betrachtet [9.4]. Es folgte die Volme-Längsuntersuchung 2019 mit den sechs zugehörigen Kläranlagen [9.5]. Im Jahr 2020 wurde nun als ein weiteres Gewässersystem die Planungseinheit Untere Lenne systematisch untersucht. Das einjährige physikalisch-chemische Untersuchungsprogramm umfasste neunzehn Probenahmestellen im Gewässer oberhalb und unterhalb der Kläranlageneinleitungen sowie die Zu- und Abläufe der neun im Einzugsgebiet liegenden Kläranlagen Finnentrop, Plettenberg, Werdohl, Altena, Iserlohn-Letmathe, Hagen-Fley, Herscheid, Lüdenschheid-Schlittenbachtal und Rahmedetal.

## Untersuchungsprogramm

Die Fließstrecke der Unteren Lenne erstreckt sich von der Einmündung der Bigge in die Lenne in Finnentrop bis zur Mündung der Lenne in die Ruhr in Hagen. Das oberirdische Einzugsgebiet ( $A_{E0}$ ) beträgt 529 km<sup>2</sup> [9.6] und ist geprägt durch Wald- und Forstflächen. Die Lenne ist mit einer Fließstrecke von insgesamt 129 km der längste und wasserreichste Nebenfluss der Ruhr. Ihre Fließlänge beträgt in der Planungseinheit Untere Lenne 73,5 km. Die Lenne ist stark durch Wasserkraftnutzung und hydrologisch durch die Biggetalsperre geprägt. Im Tal der Lenne findet ein stetiger Wechsel von landwirtschaftlicher Nutzung zu Industrie-, Gewerbe- und Wohngebieten statt. Im unteren Lennegebiet nimmt dabei der Nutzungsdruck durch Siedlung, Gewerbe und Verkehr zu und engt die Gewässer in ihrer natürlichen Entwicklung ein. Im Einzugsgebiet sind regional bedeutende Trinkwassergewinnungsanlagen vorhanden, die u.a. in verkarsteten Kalkgebieten liegen [9.7]. Die Nutzungsflächen des Einzugsgebiets der gesamten und der Unteren Lenne sind in Tabelle 9.1 dargestellt.

Die gereinigten Abwässer der Kläranlagen Finnentrop, Plettenberg, Werdohl, Altena, Iserlohn-Letmathe und Hagen-Fley werden direkt in die Lenne eingeleitet. Die Kläranlage Herscheid entwässert zunächst in die Ahe und dann über die Else in die Lenne. Die Kläranlage Lüdenscheid-Schlittenbachtal leitet in den Schlittenbach und dann über die Verse in die Lenne ein. Die gereinigten Abwässer der Kläranlage Rahmedetal gelangen über die Rahmede in die Lenne. Ausgewählte relevante Kenndaten der neun untersuchten Kläranlagen sind in Tabelle 9.2 zusammengefasst.

Die Lage der Probenahmestellen ist in Bild 9.1 dargestellt. Achtzehn Probenahmestellen im Gewässer liegen oberhalb und unterhalb der jeweiligen Kläranlageneinleitungen. Mit einer weiteren Probenahmestelle unterhalb der Kläranlage Plettenberg wurde der Einfluss des sich in diesem Bereich befindenden Obergrabens berücksichtigt. Die Gewässeruntersuchungen fanden sechsmal in der Zeit von Januar bis November 2020 in einem Abstand von sechs bis neun Wochen statt. Aus logistischen Gründen wurden die Probenahmen einer Kampagne in zwei aufeinanderfolgenden Wochen und in diesen an jeweils zwei aufeinanderfolgenden Tagen durchgeführt. Jeweils datumsgleich zu den entsprechenden Probenahmestellen im Gewässer wurden der Zulauf und der Ablauf der neun Kläranlagen als 24-Stunden-Mischproben beprobt.

Das physikalisch-chemische Monitoringprogramm umfasste die in Tabelle 9.3 aufgeführten Parametergruppen. Bei den in der Tabelle genannten Leitparametern handelt es sich um zwischen Ruhrverband und der Bezirksregierung Arnsberg abgestimmte Kenngrößen zur Zustandsbewertung von Gewässerabschnitten und zur gezielten Ableitung von Ablaufanforderungen von Kläranlageneinleitungen. Diese stehen im Vordergrund der folgenden Betrachtungen.

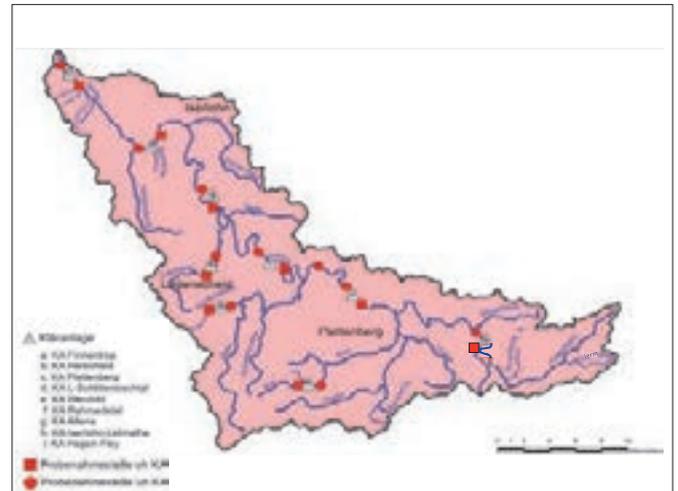


Bild 9.1: Längsuntersuchung der Unteren Lenne - Lage der Probenahmestellen

Fig. 9.1: Examinations along the lower Lenne – location of sampling points

Die Befunde im Gewässer werden in erster Linie anhand der Umweltqualitätsnormen (UQN) der Anlagen 6 (flussgebiets-spezifische Schadstoffe) und 8 (prioritäre Stoffe) sowie der Werte der Anlage 7 (allgemeine physikalisch-chemische Qualitätskomponenten) der Oberflächengewässerverordnung [9.9] und ergänzend dazu nach den gesetzlich nicht verbindlichen Orientierungswerten des Leitfadens „Monitoring Oberflächengewässer“ des Landes NRW, Anlage D4 [9.10], bewertet (vgl. Kapitel 2). Zusätzlich wird auf die natürlichen Hintergrundkonzentrationen für Kupfer und Zink eingegangen [9.11]. Für Ammoniak-Stickstoff wird als weiteres Bewertungskriterium eine aktuell in Diskussion befindliche, aber noch nicht verbindliche zulässige Höchstkonzentration betrachtet [9.12]. Um den entsprechenden Einfluss auf die Gewässergüte besser zu erkennen, wurden die in den Kläranlagenabläufen ermittelten Werte

[9.4] Ruhrverband: Untersuchungen zur Emissions- und Immissions-situation im Einzugsgebiet der Hönne. In: Ruhrgütebericht 2018, Essen, S. 109-116

[9.5] Ruhrverband: Untersuchungen zur Emissions- und Immissions-situation im Einzugsgebiet der Volme. In: Ruhrgütebericht 2019, Essen, S. 117-127

[9.6] Teileinzugsgebiete der Gewässer: Gewässerstationierungskarte des Landes Nordrhein-Westfalen (GSK3C, Auflage 30.11.2010)

[9.7] [https://www.flussgebiete.nrw.de/system/files/atoms/files/pe-stb\\_2016-2021\\_ruhr\\_final.pdf](https://www.flussgebiete.nrw.de/system/files/atoms/files/pe-stb_2016-2021_ruhr_final.pdf), 13.01.2020

[9.8] Landnutzungsdaten: Bodenbedeckung (CORINE) Land Cover 2000

[9.9] Verordnung zum Schutz der Oberflächengewässer (OGewV), In: Bundesgesetzblatt, 2016, Teil 1, Nr. 28, S. 1373 - 1443

[9.10] Leitfaden Monitoring, <https://www.flussgebiete.nrw.de/node/7423>, Zugriff 10.05.2021

[9.11] <https://www.flussgebiete.nrw.de/hintergrundkonzentrationen-metalle-7252>, Zugriff 23.09.2020

[9.12] Ergebnisprotokoll vom 09.09.2020 zur dritten Sitzung der Unterarbeitsgruppe Wassergüte des Projektes „Niedrigwassermanagement Ruhr“ am 25.08.2020 beim Ruhrverband

Tabelle 9.3: Längsuntersuchung der Unteren Lenne – Parametergruppen und Leitparameter des Monitoringprogramms

Table 9.3: Examinations along the lower Lenne – groups of parameters and guiding parameters of the monitoring programme

Parametergruppe	Anzahl Parameter	Leitparameter
Basiskonngößen	13	W-Temperatur, O <sub>2</sub> , pH-Wert, TOC, CSB
Nährstoffe	7	P ges., o-PO <sub>4</sub> -P, NH <sub>4</sub> -N, NO <sub>2</sub> -N, NO <sub>3</sub> -N
Anionen	4	Chlorid, Sulfat
Metalle	44	Blei, Cadmium, Kupfer, Nickel, Zink
Komplexbildner	7	EDTA, MGDA
Perfluorierte Verbindungen	14	
Korrosionsschutzmittel	3	1H-Benzotriazol
PAK	16	
Pestizide und ihre Metabolite	93	Terbutryn
Süßstoffe	4	Acesulfam, Sucralose
Antibiotika	25	Clarithromycin
Arzneimittelwirkstoffe und ihre Metabolite	78	Carbamazepin, Diclofenac, Metoprolol, Sulfamethoxazol, Metformin, Guanylarnstoff
Röntgenkontrastmittel	6	Amidotrizoesäure, Iopamidol, Iopromid
Moschus-Verbindungen	2	
Alkylphenole	7	
Flammschutzmittel	11	
sonstige organische Verbindungen	67	

ebenfalls mit diesen Anforderungen verglichen. Zudem wurden die Ablaufkonzentrationen gemäß den in den wasserrechtlichen Bescheiden festgelegten Überwachungswerten, den nach Abwasserabgabengesetz niedrigerklärten Werten und den Zahlenwerten der von Ruhrverband und Bezirksregierung Arnsberg vereinbarten Jahresbetriebsmittelwerten, die sich aus einer Immissionsbetrachtung oder der jeweiligen Leistungsfähigkeit der Kläranlagen über eine statistische Betrachtung der Ablaufkonzentrationen ergeben, bewertet. Bei Frachtberechnungen wurden gemäß den Vorgaben der Oberflächengewässerverordnung Werte unterhalb der Bestimmungsgrenze mit der halben Bestimmungsgrenze einbezogen. Die Reinigungsleistungen der Kläranlagen wurden aus den mittleren Zu- und Ablauffrachten berechnet. Hierbei ist zu berücksichtigen, dass die Probenahmen nicht zeitkorrespondierend durchgeführt wurden.

### Hydrologische Situation

Zur Bewertung der Abflüsse wurden die vom LANUV betriebenen Pegel „Roenkhausen“ (Lenne-km 66,07), „Altena“ (Lenne-km 29,7), „Hagen Hohenlimburg“ (Lenne-km 6,9) und „Altena-Rahmedestraße“ (Rahmede-km 0,23) herangezogen. Aus Bild 9.2 ist zu entnehmen, dass am Pegel Roenkhausen die Abflüsse im Januar unterhalb des Mittleren Abflusses (MQ) von 19,2 m<sup>3</sup>/s lagen, während an den Pegeln Altena, Hagen-Hohenlimburg und Altena-Rahmedestraße der jeweilige MQ

knapp überschritten wurde. Mit Ausnahme der beiden Stellen oberhalb und unterhalb der Kläranlage Lüdenscheid-Schlittenbachtal fanden die Probenahmen bei Trockenwetterverhältnissen statt.

Auf den Kläranlagen Rahmedetal und Lüdenscheid-Schlittenbachtal waren die Zulaufmengen am Probenahmetag im Januar mit einem Verhältnis von Abwassermenge am Untersuchungstag zu mittlerer Schmutzwassermenge ( $Q/Q_t$ ) von 3,5 bzw. 5,8 überdurchschnittlich. Bei den anderen sieben Kläranlagen lag das  $Q/Q_t$ -Verhältnis mit Werten zwischen 1,1 und 1,8 deutlich niedriger.

Bei den fünf Probenahmetagen zwischen März und November herrschten an allen vier Pegeln Trockenwetterverhältnisse. Die Abflüsse lagen zwischen Mai und November nahe des jeweiligen mittleren Niedrigwasserabflusses (MNQ). Dieser wurde im Mai (Roenkhausen; 5,2 m<sup>3</sup>/s), November (Altena; 6,5 m<sup>3</sup>/s) bzw. Juni (Altena-Rahmedestraße; 0,09 m<sup>3</sup>/s) sowie am Pegel Hagen-Hohenlimburg im Juni (8,1 m<sup>3</sup>/s), August (7,8 m<sup>3</sup>/s) und November (8,0 m<sup>3</sup>/s) unterschritten.

Auf den Kläranlagen lag zu diesen Probenahmezeiten das  $Q/Q_t$ -Verhältnis mit einer einzigen Ausnahme zwischen 0,5 und 1,4 - im Mai, Juli und September sogar durchgehend unter 1,0. Einzig auf der Kläranlage Herscheid wurde im November ein vergleichsweise hoher Abfluss mit einem  $Q/Q_t$ -Verhältnis von 2,7 gemessen.

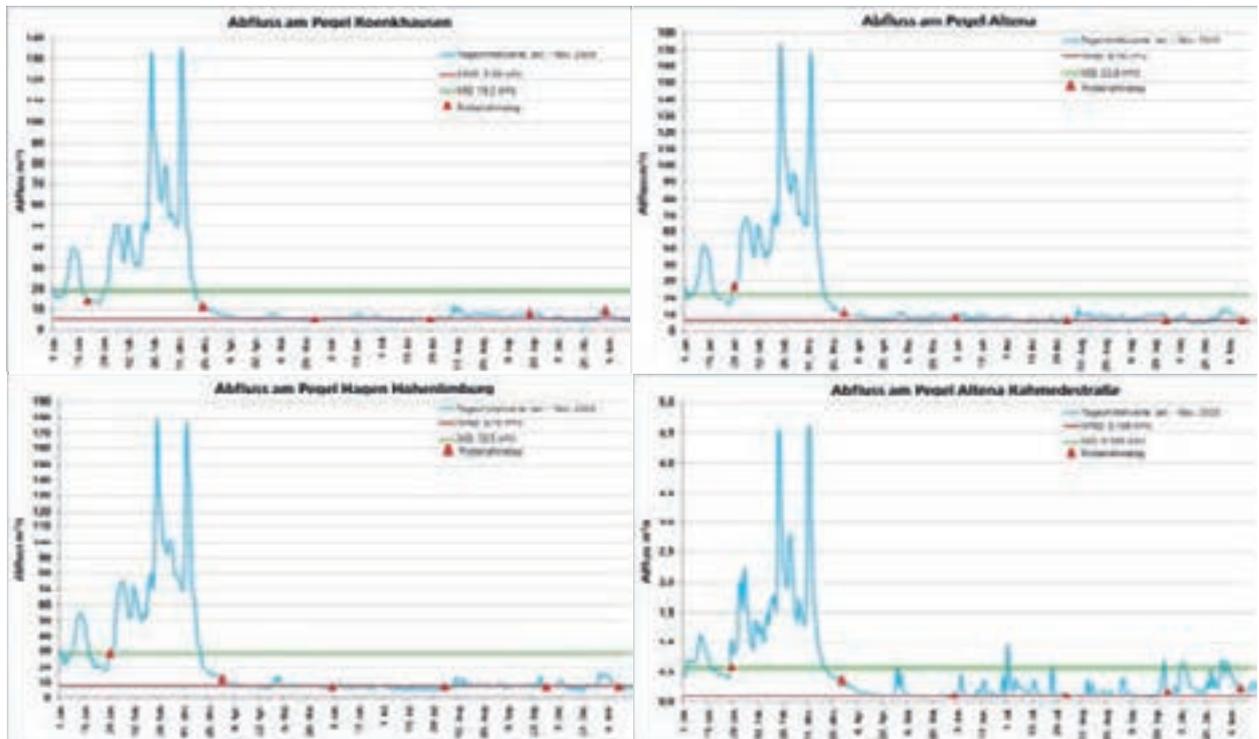


Bild 9.2: Längsuntersuchung der Unteren Lenne- Pegeldaten 1. Januar bis 15. November 2020  
 Fig. 9.2: Examinations along the lower Lenne – water level data from January 1 to November 15, 2020

## Zulaufbeschaffenheit und Reinigungsleistung der Kläranlagen

### Zulaufbeschaffenheit

Im Vergleich zu den Routineuntersuchungen der vorangegangenen drei Jahre waren die mittleren Konzentrationen von abfiltrierbaren Stoffen, CSB, BSB<sub>5</sub> und Phosphor überdurchschnittlich und bildeten auf den Kläranlagen Finnentrop, Werdohl und Rahmedetal in etwa die 80- bis 90-Perzentile und auf den anderen sechs Anlagen die 60- bis 70-Perzentile dieser Routineuntersuchungen ab. Hinsichtlich des organischen und des Ammonium-Stickstoffs konnten die mittleren Gehalte mit wenigen Ausnahmen in etwa den 50- bis 70-Perzentilen des Vergleichszeitraums zugeordnet werden. Die Betrachtung der mittleren Zulaufmengen ergab im Vergleich zu den drei Vorjahren für die Kläranlagen Finnentrop, Herscheid und Rahmedetal insgesamt überdurchschnittliche Werte im Bereich der 70- bis 90-Perzentile. Bei den anderen Kläranlagen lagen die Frachten während der Längsuntersuchung dagegen unter den bzw. im Bereich der Mittelwerte des Vergleichszeitraums und bildeten etwa die 30- bis 60-Perzentile ab.

Die Schwermetallbelastung war insgesamt unauffällig. Erwähnenswert ist eine im August auf der Kläranlage Rahmedetal festgestellte Belastungsspitze für Nickel. Mit Blick auf die weiteren Leitparameter ergaben sowohl die Medikamentenrückstände als auch die Röntgenkontrastmittel und die künstlichen Süßstoffe das zu erwartende breite Spektrum hinsichtlich Positivbefunden und Belastungshöhe. Bemerkenswert sind die überdurchschnittlichen Konzentrationen der beiden Röntgenkontrastmittel Iomeprol und Iopamidol im Zulauf der Kläranlage Lüdenschheid-Schlittenbachtal. Für die Pflanzenschutzmittel wurden mit wenigen Ausnahmen, wie etwa bei Terbutryn, Werte unterhalb der Bestimmungsgrenzen gemessen. Positivbefunde wurden aber in allen Kläranlagenzuläufen beim Herbizid Glyphosat und dessen Metabolit AMPA festgestellt. Im Zulauf der Kläranlage Finnentrop wurden im Ruhrverbandsvergleich industriell gewerblich verursachte überdurchschnittliche Gehalte für den Komplexbildner EDTA und das Korrosionsschutzmittel 1H-Benzotriazol festgestellt, während auf der Kläranlage Iserlohn-Letmathe - ebenfalls aus industriellem Ursprung - die Zulaufkonzentrationen an Melamin etwa um den Faktor zehn über den Werten der anderen Kläranlagen lag. Hinsichtlich der per- und polyfluorierten Tenside sind die Zulaufbelastungen auf den Kläranlagen Werdohl, Rahmedetal, Iserlohn-Letmathe und Lüdenschheid Schlittenbachtal erwähnenswert.

Tabelle 9.4: Längsuntersuchung der Unteren Lenne – mittlere Konzentrationen  
 Table 9.4: Examinations along the lower Lenne – mean concentrations

Parameter	Einheit	Lenne - oh KA	Finntrop -	Lenne -	Lenne -	Plettenberg -	Lenne -	Lenne -	Lenne -	Werdohl -	Lenne -
		Finntrop	Ablauf	uh KA	oh KA	Ablauf	uh KA	uh KA	Werdohl	uh KA	Werdohl
		MW	Schönungsteich 3	Finntrop	Plettenberg	Schönungsteich 3	Plettenberg 2	Plettenberg 6	Werdohl	Schönungsteich 3	Werdohl
		MW	MW	MW	MW	MW	MW	MW	MW	MW	MW
Abfluss	m³/s		5377	9,3		15107				11925	
Wassertemperatur Winter	°C	4,5**	8,6	5,1**	4,7**	9,1	6,2**	5,6**	5,7**	6,6	6,3**
Wassertemperatur Sommer	°C	14,0**	13	14,0**	15,0**	15	15,0**	17,0**	16,0**	15	18,0**
Sauerstoff	mg/l	9,3*		9,3*	9,3*		8,1*	9,8*	9,5*		10,0*
pH-Wert		7,5-7,8***		7,6-7,8***	7,3-7,6***		7,1-7,8***	7,6-8,7***	7,8-8,1***		7,7-8,6***
Elektrische Leitfähigkeit	µS/cm	270	820	310	300	660	340	270	280	420	280
Abfiltrierbare Stoffe	mg/l	1,8	2,8	2,6	1,3	3,2	1,2	1,5	2,0	2,2	2,4
Abfiltrierbare Stoffe, Glühverlust	mg/l	0,65	2,5	0,72	0,43	3,8	0,53	0,54	0,63	2,5	1,1
CSB	mg/l		20			18				20	
TOC	mg/l	2,3	8,3	3,0	2,2	7,0	2,6	3,8	2,7	7,3	2,8
Ammonium-Stickstoff	mg/l	0,04	2,3	0,18	0,06	1,5	0,15	0,03	0,05	0,56	0,03
Ammoniak-N (Berechnung)	µg/l	0,32	21	1,5	0,41	5,3	1,1	1,7	0,76	6,4	1,7
Nitrat-Stickstoff	mg/l	2,3	3,4	2,4	2,2	7,6	3,1	2,2	2,3	3,2	2,3
Nitrit-Stickstoff	mg/l	<0,05	0,22	<0,05	<0,05	0,15	0,042	0,02	<0,05	0,074	<0,05
Phosphor	mg/l	0,046	0,44	0,089	0,041	0,41	0,089	0,042	0,061	0,37	0,046
Orthophosphat-Phosphor	mg/l	0,017	<0,2	0,033	0,016	0,22	0,036	0,015	0,019	0,25	0,018
Chlorid	mg/l	20	120	26	25	120	34	21	23	53	24
Sulfat	mg/l	25	36	26	25	34	24	24	25	40	25
Blei	µg/l	0,33	<1	0,46	0,19	<1	0,18	0,30	0,28	<1	0,33
Blei (filtriert) <sup>4</sup>	µg/l	<0,1	<1	0,19	<0,1	<1	<0,1	<0,1	<0,1	<1	0,1
Cadmium	µg/l	0,023	0,099	0,032	0,022	<0,05	0,017	0,026	0,03	<0,05	0,024
Cadmium (filtriert) <sup>3</sup>	µg/l	0,023	0,10	0,023	0,017	<0,05	0,013	0,018	0,017	<0,05	0,016
Kupfer <sup>5</sup>	µg/l	1,4	4,3	1,6	1,2	3,2	1,2	1,6	1,8	<2	2,0
Kupfer (filtriert)	µg/l	1,3	4,0	1,2	1,1	4,9	1,1	1,2	1,3		1,6
Nickel	µg/l	1,2	<2	1,3	1,1	<2	0,92	1,0	1,1	3,7	1,2
Nickel (filtriert) <sup>4</sup>	µg/l	1,2	2,2	1	0,94		0,8	0,91	0,98	2,8	1,1
Zink <sup>5</sup>	µg/l	18	26	20	14	22	16	8,8	14	16	12
Zink (filtriert)	µg/l	18	25	18	14		16	13	13	10	13
Acesulfam	µg/l	0,46	5,5	0,85	0,42	7,7	1,5	0,49	0,53	4,7	0,53
Arnidotrizoensäure	µg/l	0,062	<0,5	0,065	0,065	1,4	0,27	0,063	0,14	0,52	0,13
Iopamidol	µg/l	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	0,31	0,091	<0,05	0,52	1,6	0,45
Iopromid	µg/l	<0,05	0,088	<0,05	<0,05	0,57	0,11	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
Carbamazepin	µg/l	0,038	0,29	0,056	0,043	0,25	0,061	0,039	0,040	0,26	0,046
Diclofenac	µg/l	0,070	1,5	0,17	0,045	1,3	0,19	0,036	0,078	0,62	0,048
Guanylurea	µg/l	3,5	36	4,1	2,2	47	7,4	2,5	2,5	37	3,0
Metformin	µg/l	0,52	4,1	0,73	0,43	8,9	2,0	0,47	0,65	2,5	0,51
Metoprolol	µg/l	0,11	1,6	0,21	0,1	2,0	0,32	0,11	0,11	0,71	0,11
Clarithromycin	µg/l	0,012	0,18	0,024	0,012	0,19	0,038	<0,01	0,013	0,089	0,015
Sulfamethoxazol	µg/l	0,016	0,21	0,03	0,017	0,13	0,028	0,017	0,019	0,11	0,020
Terbutryn	µg/l	<0,01	0,028	<0,01	<0,01	0,035	<0,01	<0,01	<0,01	0,045	<0,01
EDTA	µg/l	0,74	230	14	1,8	7,2	2,3	2,2	1,5	6,2	1,7
MGDA	µg/l	1,4	8,1	1,3	0,86	75	6,3	1,1	1,4	43	1,3
1H-Benzotriazol	µg/l	0,37	41	2,9	0,62	5,9	1,1	0,59	0,58	4,5	0,64

OGewV Anlage 6 und 7  
Leitfaden NRW (Anl. D4)

sehr gut  
gut  
mäßig

OGewV Anlage 8

gut  
nicht gut  
nicht bewertet

### Reinigungsleistung der Kläranlagen

Bei einem Feststoffrückhalt zwischen 96 % und 99 % lagen für die organischen Summenparameter und die Nährstoffe die Reinigungsleistungen während der Untersuchungsphase insgesamt in der Größenordnung der Vorjahre. Der CSB wurde dabei zu 90 bis 95 % entfernt. Der Mittelwert der Elimination von Gesamtstickstoff lag bei 76 % und der von Gesamtphosphor bei 88 %. Die Rückhalteleistungen für Schwermetalle fielen erwartungsgemäß unterschiedlich aus. Während Kupfer zu 77 bis 93 % aus dem Abwasser entfernt wurde, lag der Rückhalt bei Nickel mit 14 bis 66 % deutlich niedriger. Für das filtrierte Nickel ergaben sich noch geringere Retentionsraten.

Die Retentionsleistungen für die einzelnen Arzneimittelrückstände fielen erwartungsgemäß sehr unterschiedlich aus. Während

Carbamazepin praktisch gar nicht und Diclofenac zu maximal 37 % aus dem Abwasser entfernt wurden, wurde das biologisch gut abbaubare Metformin im Verlauf des Reinigungsprozesses nahezu vollständig zurückgehalten. Bei dessen Abbau bildet sich als ein Hauptmetabolit Guanylarnstoff, sodass für diesen die Ablauffracht deutlich über der Zulaufbelastung lag.

Aufgrund der unterschiedlichen biologischen Abbaubarkeit ergaben sich hohe Reinigungsleistungen beim MGDA und deutlich niedrigere beim EDTA. Ähnliche Unterschiede waren bei den künstlichen Süßstoffen mit der so gut wie nicht abbaubaren Sucralose und dem Acesulfam vorhanden, welches im Mittel zu 78 % aus dem Abwasser entfernt wurde. Die mittlere Retentionsrate der gut an Belebtschlamm adsorbierenden PAK lag für die Summe der 16 untersuchten Verbindungen bei kläranlagentypischen 88 %.

Tabelle 9.4: Längsuntersuchung der Unteren Lenne – mittlere Konzentrationen  
 Table 9.4: Examinations along the lower Lenne – mean concentrations

Parameter	Einheit	Lenne - oh KA	Altena - Ablauf	Lenne - uh KA	Lenne - oh KA	Iserlohn-Letmathe - Ablauf	Lenne - uh KA	Lenne - oh KA	Hagen-Fley - Ablauf	Lenne - uh KA
		MW	MW	MW	MW	MW	MW	MW	MW	MW
Abfluss	m³/s	11,0	7264			11065	12,0		10620	
Wassertemperatur Winter	°C	5,2**	9,4	6,3**	5,2**	11	5,2**	5,5**	8,9	5,5**
Wassertemperatur Sommer	°C	19,0**	7,7	18,0**	18,0**	13	18,0**	20,0**	16	19,0**
Sauerstoff	mg/l	7,5*		9,2*	8,3*		8,2*	10,1*		9,4*
pH-Wert		7,4-8,2***		7,6-9,0***	7,6-8,2***		7,6-8,2***	7,7-8,8***		7,3-7,9***
Elektrische Leitfähigkeit	µS/cm	300	640	290	310	1500	320	330	750	400
Abfiltrierbare Stoffe	mg/l	2,8	2,8	2,2	3,5	4,3	3,0	2,8	2,4	3,8
Abfiltrierbare Stoffe, Glühverlust	mg/l	1,3	2	1,2	1,5	4	1,4	1,3	2	2,3
CSB	mg/l		18			27			17	
TOC	mg/l	2,6	7,2	3,3	3,0	9,0	3,3	2,6	6,2	4,0
Ammonium-Stickstoff	mg/l	0,03	0,62	0,02	0,02	0,68	0,02	0,01	0,34	0,05
Ammoniak-N (Berechnung)	µg/l	0,40	3,7	0,94	0,36	5,8	0,67	1,3	2,5	0,48
Nitrat-Stickstoff	mg/l	2,1	7,6	2,4	2,4	2,9	2,4	2,4	6,7	2,8
Nitrit-Stickstoff	mg/l	<0,05	0,068	<0,05	<0,05	0,075	<0,05	<0,05	0,068	<0,05
Phosphor	mg/l	0,05	0,79	0,041	0,049	0,54	0,062	0,050	0,39	0,11
Orthophosphat-Phosphor	mg/l	0,018	0,7	0,016	0,022	0,35	0,020	0,021	0,38	0,066
Chlorid	mg/l	28	130	27	28	280	31	32	110	45
Sulfat	mg/l	25	42	25	26	110	27	28	54	33
Blei	µg/l	0,58	<1	0,35	0,43	<1	0,65	0,40	<1	0,41
Blei (filtriert) <sup>4</sup>	µg/l	0,24	<1	<0,1	0,12	<1	0,18	<0,1	<1	<0,1
Cadmium	µg/l	0,033	<0,05	0,025	0,04	0,13	0,065	0,038	<0,05	0,034
Cadmium (filtriert) <sup>3</sup>	µg/l	0,02	<0,05	0,018	0,033	0,12	0,035	0,029	<0,05	0,028
Kupfer <sup>5</sup>	µg/l	2,4	6,6	2,3	2,6	4,8	2,7	2,6	2,4	2,2
Kupfer (filtriert)	µg/l	2,4	6,1	1,3	2,1	4,1	2,2	2,0	2,4	1,8
Nickel	µg/l	1,7	3	1,4	1,6	13	2,0	1,6	3,6	1,8
Nickel (filtriert) <sup>4</sup>	µg/l	1,6	3,2	0,98	1,4	13	1,7	1,4	3,6	1,6
Zink <sup>5</sup>	µg/l	18	30	11	16	46	18	13	34	18
Zink (filtriert)	µg/l	13	30	8,2	13	38	12	10	41	14
Acesulfam	µg/l	0,61	1,2	0,64	0,67	1,9	0,68	0,64	0,69	0,54
Amidotrizoensäure	µg/l	0,14	0,54	0,16	0,15	0,55	0,14	0,15	0,76	0,19
Iopamidol	µg/l	0,50	0,5	0,52	0,53	0,45	0,56	0,57	0,24	0,48
Iopromid	µg/l	<0,05	0,46	<0,05	<0,05	0,60	0,055	0,06	0,21	0,072
Carbamazepin	µg/l	0,051	0,53	0,053	0,061	0,58	0,065	0,062	0,52	0,13
Diclofenac	µg/l	0,068	1,8	0,077	0,096	1,6	0,1	0,084	1,5	0,24
Guanylurea	µg/l	2,5	50	2,7	3,1	33	3,3	3	45	8,2
Metformin	µg/l	0,57	0,83	0,60	0,65	5,5	0,60	0,59	0,84	0,54
Metoprolol	µg/l	0,11	1,4	0,12	0,13	0,73	0,13	0,12	1,4	0,27
Clarithromycin	µg/l	0,016	0,12	0,017	0,018	0,16	0,020	0,018	0,16	0,037
Sulfamethoxazol	µg/l	0,022	0,41	0,024	0,028	0,32	0,031	0,030	0,32	0,069
Terbutryn	µg/l	<0,01	0,048	<0,01	<0,01	0,059	<0,01	<0,01	0,058	0,014
EDTA	µg/l	2,2	6,1	2,3	2,8	32	2,8	2,6	13	4,0
MGDA	µg/l	1,9	41	2,1	2,4	12	2,0	2,1	29	1,8
1H-Benzotriazol	µg/l	0,93	7,6	0,99	1,1	13	1,3	1,2	5,3	1,7

OGewV Anlage 6 und 7  
 Leitfaden NRW (Anl. D4)

sehr gut  
 gut  
 mäßig

OGewV Anlage 8

gut  
 nicht gut  
 nicht bewertet

## Untersuchungsergebnisse im Fließverlauf

In Tabelle 9.4 sind für ausgewählte Kenngrößen die mittleren Konzentrationen in den Kläranlagenabläufen und an den Gewässerprobenahmestellen sowie die Einhaltung der jeweiligen UQN bzw. des jeweiligen Orientierungswertes dargestellt.

Probenahmestelle Lenne oberhalb Kläranlage Finnentrop (Lenne-km 68,1)

Die erste Probenahmestelle liegt 5,5 km unterhalb der Bigge-Einmündung und 400 m oberhalb der Kläranlage Finnentrop. Die Nährstoffe Ammonium-Stickstoff und Phosphor hielten den guten bzw. sehr guten Zustand sicher ein. Auch der Orientierungswert für Ammoniak-Stickstoff wurde weit unterschritten. Lediglich für die Metalle Kupfer und Zink kam es zu Überschreitungen der Orientierungswerte, wobei die Konzentrationen aber im Bereich der natürlichen Hintergrundkonzentrationen lagen. Weitere Überschreitungen traten für die Leitparameter Iomeprol, Diclofenac, Metformin, Acesulfam, PFOS und Benzo[a]pyren auf. Für Benzo[a]pyren wurde dabei ledig-

lich im September bei gering ansteigenden Abflüssen ein bewertungsrelevanter Positivbefund festgestellt. Die Gehalte für die Pflanzenschutzmittel lagen überwiegend unterhalb der Bestimmungsgrenzen.

Kläranlage Finnentrop – Ablauf Schönungsteich (Lenne-km 67,7)

Bei den Untersuchungen wurden sowohl die in den Genehmigungsbescheiden vorgegebenen Überwachungswerte als auch die niedrigerklärten Werte für CSB und den anorganischen Stickstoff durchgehend sowie für Gesamtphosphor mit Ausnahme einer Überschreitung des herabklärten Werts im November eingehalten. Betriebsmittelwerte sind für die Kläranlage Finnentrop nicht festgelegt. Die Schwermetallgehalte lagen auf niedrigem Niveau und mit deutlichem Abstand unter den Vorgaben des Genehmigungsbescheids. Hinsichtlich der weiteren Leitparameter waren im Ablauf Schönungsteich Konzentrationen für Kupfer, Zink, Acesulfam, Diclofenac, Metformin und Clarithromycin über den für Gewässer geltenden und nicht verbindlichen Orientierungswerten vorhanden. Erwäh-

Tabelle 9.4: Längsuntersuchung der Unteren Lenne – mittlere Konzentrationen  
 Table 9.4: Examinations along the lower Lenne – mean concentrations

Parameter	Einheit	Ahe - oh KA	Herscheid - Ablauf	Ahe - uh KA	Schlittenbach - oh KA Lüd. - Schlittenbachtal	Lüd. - Schlittenbachtal - Ablauf	Schlittenbach - uh KA Lüd. - Schlittenbachtal	Rahmede - oh KA	Rahmedetal - Ablauf	Rahmede - uh KA
		Herscheid	Nachklärung	Herscheid	Schlittenbachtal	Schönungsteich	Schlittenbachtal	Rahmedetal	Nachklärung	Rahmedetal
		MW	MW	MW	MW	MW	MW	MW	MW	MW
Abfluss	m³/s		2739			6613			12908	0,34
Wassertemperatur Winter	°C	4,6**	6,6	6,3**	8,6**	10	7,4**	6,0**	10	7,8**
Wassertemperatur Sommer	°C	17,0**	14	17,0**	13,0**	14	15,0**	15,0**	16	17,0**
Sauerstoff	mg/l	8,9*		8,3*	10,0*		9,3*	9,7*		9,1*
pH-Wert		7,5-7,9***		7,5-7,8***	8,0-8,3***		7,7-8,1***	7,7-8,3***		7,0-8,6***
Elektrische Leitfähigkeit	µS/cm	230	440	330	820	840	790	400	700	550
Abfiltrierbare Stoffe	mg/l	1,2	2,2	1,7	11	4,7	3,2	8,1	4,1	19
Abfiltrierbare Stoffe, Glühverlust	mg/l	0,6	2,8	0,73	3,9	3,8	1,3	2,4	3,6	5,2
CSB	mg/l		<15			24			23	
TOC	mg/l	2,3	6,3	3,9	2,3	8,0	5,0	2,5	7,2	6,8
Ammonium-Stickstoff	mg/l	0,05	1,2	0,22	0,02	0,54	0,04	0,02	0,68	0,05
Ammoniak-N (Berechnung)	µg/l	0,47	3,3	2,4	0,42	3,3	0,83	0,66	1,2	0,27
Nitrat-Stickstoff	mg/l	1,2	2,3	1,7	3,4	5,5	4,9	2,6	8,5	5,6
Nitrit-Stickstoff	mg/l	<0,05	0,088	<0,05	<0,05	0,079	0,025	<0,05	0,59	0,23
Phosphor	mg/l	0,042	0,30	0,16	0,024	0,24	0,15	0,070	0,4	0,30
Orthophosphat-Phosphor	mg/l	0,023	<0,2	0,11	0,009	<0,2	0,079	0,035	0,23	0,15
Chlorid	mg/l	27	56	39	150	150	140	51	120	87
Sulfat	mg/l	14	26	20	27	72	53	21	47	33
Blei	µg/l	0,18	<1	0,26	0,48	<1	0,37	1,8	<1	4,8
Blei (filtriert) <sup>4</sup>	µg/l	<0,1	<1	0,10	0,19	<1	0,18	0,12	<1	0,22
Cadmium	µg/l	0,028	<0,05	0,024	0,056	<0,05	0,036	0,084	0,073	0,14
Cadmium (filtriert) <sup>3</sup>	µg/l	0,02	<0,05	0,017	0,048	<0,05	0,03	0,046	0,061	0,065
Kupfer <sup>5</sup>	µg/l	1,0	3,3	1,4	2,2	4,8	4,8	4,6	6	42
Kupfer (filtriert)	µg/l	0,91	4,0	1,0	1,5	4,8	4,1	3,7	5,6	7,3
Nickel	µg/l	1,2	<2	1,4	1,2	8,3	5,0	2,2	12	9,1
Nickel (filtriert) <sup>4</sup>	µg/l	1,0	<2	1,3	0,76	8,6	5,0	1,2	12	6,8
Zink <sup>5</sup>	µg/l	6,9	18	11	14	42	30	18	60	51
Zink (filtriert)	µg/l	6,5	18	12	17	39	27	18	57	45
Acesulfam	µg/l	0,11	4,7	1,8	0,10	5	3,0	0,22	5,1	2,1
Amidotrizesäure	µg/l	<0,05	0,52	0,32	<0,05	9,0	4,9	<0,05	0,45	0,17
Iopamidol	µg/l	<0,05	3,1	0,43	0,11	76	45	<0,05	2,3	1,3
Iopromid	µg/l	<0,05	0,18	0,059	<0,05	0,3	0,22	<0,05	0,094	0,053
Carbamazepin	µg/l	<0,01	0,072	0,046	<0,01	0,78	0,47	0,015	0,56	0,33
Diclofenac	µg/l	0,022	1,5	0,82	<0,03	2,3	1,3	<0,03	1,9	0,96
Guanylurea	µg/l	<0,3	81	34	<0,3	94	26	<0,3	110	62
Metformin	µg/l	0,29	2,0	1,1	0,051	2,0	1,1	0,92	2,0	1,2
Metoprolol	µg/l	<0,01	1,7	0,91	<0,01	2,1	0,92	0,019	1,6	0,93
Clarithromycin	µg/l	<0,01	0,25	0,11	<0,01	0,27	0,16	<0,01	0,18	0,11
Sulfamethoxazol	µg/l	<0,01	0,37	0,23	<0,01	0,44	0,26	<0,01	0,11	0,062
Terbutryn	µg/l	0,029	0,026	0,021	<0,01	0,056	0,035	<0,01	0,055	0,038
EDTA	µg/l	<0,5	11	3,8	0,61	15	6,6	<0,5	23	12
MGDA	µg/l	2,7	16	3,8	<0,5	28	12	<5	36	15
1H-Benzotriazol	µg/l	0,054	3,8	2,0	0,25	7,5	4,2	0,068	3,3	1,7

OGewV Anlage 6 und 7  
Leitfaden NRW (Anl. D4)

sehr gut  
gut  
mäßig

OGewV Anlage 8

gut  
nicht gut  
nicht bewertet

nenswert ist die im Vergleich zu anderen Kläranlagenabläufen vergleichsweise hohe Belastung durch den Komplexbildner EDTA und das Korrosionsschutzmittel 1H-Benzotriazol.

Probenahmestelle Lenne unterhalb Kläranlage Finnentrop (Lenne-km 67,4)

Die Probenahmestelle liegt 300 m unterhalb der Kläranlage Finnentrop. Dazwischen mündet ein 1,4 km langer Bach ein. Für mehrere Leitparameter waren im Vergleich zur oberhalb gelegenen Probenahmestelle Konzentrationsanstiege festzustellen, die bei Ammonium- und Ammoniak-Stickstoff auch zu einer Verschlechterung der Bewertung führten. Die Maximalgehalte wurden bei Trockenwetter im März festgestellt. Die Phosphorgehalte lagen lediglich im Juli und November über dem Orientierungswert, welcher im Mittel aber eingehalten

wurde. Überschreitungen traten für die Leitparameter Iomeprol, Diclofenac, Metformin, Acesulfam sowie PFOS auf. Die Konzentrationen für Kupfer und Zink lagen über den Orientierungswerten, aber wie an der oberhalb gelegenen Gewässermessstelle im Bereich der natürlichen Hintergrundkonzentrationen. Die im Ablauf der Kläranlage Finnentrop auffälligen Kenngrößen EDTA und 1H-Benzotriazol wiesen auch im Gewässer erhöhte Konzentrationen auf, die aber weit unter den jeweiligen Orientierungswerten lagen.

Probenahmestelle Lenne oberhalb Kläranlage Plettenberg (Lenne-km 52,2)

Die Probenahmestelle oberhalb der Kläranlage Plettenberg liegt ca. 15 km unterhalb der vorangegangenen Messstelle. Zwischen diesen beiden Stellen fließen als größere Gewässer

der Glingebach, die Else, in die u.a. die Ahe und die Grüne münden, sowie zahlreiche weitere Bäche zu. Oberhalb dieser Stelle zweigt am Wehr Elhausen der Obergraben der Wasserkraftanlage Bockeloh ab, sodass der Probenahmestelle nur ein Teil des gesamten Abflusses der Lenne zufließt. Im Vergleich zur oberhalb gelegenen Probenahmestelle ergaben sich durch Umsetzungs- und Verdünnungseffekte geringere Gehalte, die für einige kläranlagenbürtige Parameter - so auch für Diclofenac - zu einer guten Bewertung führten. Zudem hielten die Nährstoffe den guten bzw. sehr guten Zustand durchgehend ein. Einige Leitparameter wie Acesulfam und Iomeprol sowie mehrere Arzneimittelrückstände, überschritten aber die jeweiligen Orientierungswerte. Weiterhin konnte die UQN für PFOS nicht eingehalten werden. Verfehlt wurde auch auf Grund der Hintergrundkonzentrationen der gute Zustand für Kupfer und Zink.

#### *Kläranlage Plettenberg – Ablauf Schönungsteich (Lenne-km 52,2)*

Die im wasserrechtlichen Genehmigungsbescheid festgelegten Überwachungswerte wurden für alle Parameter auch von den Maximalwerten sicher eingehalten. Während die CSB-Konzentrationen bei den Untersuchungen durchgehend unter dem niedrigerklärten Wert lagen, wurden diesbezüglich für den gesamten anorganischen Stickstoff (TIN) einmal und den Phosphor zweimal Überschreitungen festgestellt. Die Zahlenwerte der Betriebsmittelwerte wurden bei den Untersuchungen für Ammonium-Stickstoff durchgehend und für Phosphor zweimal im Mai und im Juli überschritten. Mittlere Konzentrationen über den gewässerbezogenen Orientierungswerten wurden bei den Leitparametern Kupfer, Zink, Acesulfam, Amidotrizoesäure, Iopamidol, Iopromid, Diclofenac, Metformin und Clarithromycin festgestellt. Die Konzentrationen der Pflanzenschutzmittel, PAK, PFT und Komplexbildner waren unauffällig.

#### *Probenahmestelle Lenne unterhalb Kläranlage Plettenberg 2 (Lenne-km 51,6)*

Zwischen der Messstelle, die vor der Wiedereinleitung des vorgenannten Obergrabens in die Lenne liegt, und der 550 m darüber liegenden Kläranlage Plettenberg fließt ein 4 km langer Bach zu, wodurch es zu Mischungseffekten aber zu keinen ausschlaggebenden Verdünnungseffekten kommt. Um eine mit Blick auf die Kläranlageneinleitung ökologisch verträgliche Wasserführung in dieser Ausleitungsstrecke zu gewährleisten, ist zwischen der Bezirksregierung Arnsberg und dem Betreiber der Wasserkraftanlage Bockeloh vereinbart, dass dieser über den Leerschuss der Wehranlage Elhausen durchgängig etwa 1 m<sup>3</sup>/s Lennewasser in die Ausleitungsstrecke abgibt. Die an dieser Probenahmestelle festgestellten Überschreitungen der Qualitätsziele vor allem der Leitparameter Acesulfam, Amidotrizoesäure, Iopamidol, Iopromid, Diclofenac und Metformin sind im Wesentlichen auf die Kläranlagenemission und den hier relativ hohen Anteil des Kläranlagenabflusses am Gewässerabfluss zurückzuführen. Auch die Konzentrationen der Nährstoffe nahmen zu, lagen aber überwiegend unter den jewei-

ligen Grenzwerten, was die Zweckmäßigkeit der vorgenannten Vereinbarung unterstreicht. Lediglich Ammonium-Stickstoff wurde mit mäßig bewertet, was aber vorrangig auf etwas erhöhte Werte im Ablauf der Kläranlage zurückzuführen ist. Weiterhin wurden die UQN für PFOS sowie die jeweiligen Orientierungswerte für Kupfer und Zink überschritten. Die PAK und Pflanzenschutzmittel erfuhr durchgehend sehr gute bzw. gute Bewertungen.

#### *Probenahmestelle Lenne unterhalb Kläranlage Plettenberg 6 (Lenne-km 47,3)*

Diese Probenahmestelle liegt etwa 4,9 km unterhalb der Kläranlage Plettenberg und unterhalb der Zusammenführung der Lenne und des Obergrabens, sodass der Anteil an gereinigtem Abwasser geringer als an der oberhalb gelegenen Probenahmestelle ist. Zudem fließen zwischen Kläranlageneinleitung und der Messstelle fünf kleinere Bäche zu, woraus sich zusätzliche Verdünnungseffekte mit entsprechend niedrigeren Konzentrationen der kläranlagenrelevanten Parameter ergeben. Während für die meisten Arzneimittelwirkstoffe, so auch für Diclofenac, eine gute oder sehr gute Bewertung erfolgen konnte, überschritten die Konzentrationen der Leitparameter Acesulfam, Iomeprol und Metformin die jeweiligen Qualitätsziele. Bei den Pflanzenschutzmitteln und Antibiotika lagen die Konzentrationen mehrheitlich unterhalb der Bestimmungsgrenzen. Der Orientierungswert für Zink wurde nur im März überschritten, der für Kupfer dagegen durchgehend. Die Nährstoffe hielten den guten bzw. sehr guten Zustand sicher ein. Lediglich für PFOS wurde die UQN überschritten.

#### *Probenahmestelle Lenne oberhalb Kläranlage Werdohl (Lenne-km 40,7)*

Zwischen der vorangegangenen, ca. 6,6 km oberhalb gelegenen Messstelle und der Probenahmestelle oberhalb der Kläranlage Werdohl fließen die Verse, in die u.a. der Schlittenbach und die Schwarze Ahe münden, sowie zwei weitere kleine Bäche zu. Im Vergleich zur oberhalb gelegenen Probenahmestelle wurden teilweise höhere Konzentrationen festgestellt, was vor allem auf den Frachteintrag aus der Kläranlage Lüdenscheid-Schlittenbachtal über die Verse zurückgeführt werden kann. Dies führte vor allem für einige kläranlagenbürtige Parameter, wie Acesulfam, Amidotrizoesäure, Iopamidol, Iopromid und einige Arzneimittelrückstände, zu Überschreitungen der Orientierungswerte. Weitere Überschreitungen wurden für Kupfer und Zink festgestellt, wobei die Werte wiederum im Bereich der natürlichen Hintergrundkonzentrationen lagen. Zudem konnte die UQN für PFOS nicht eingehalten werden. Die PAK erfuhr dagegen weiterhin eine sehr gute bzw. gute Bewertung. Auch konnten die Qualitätsanforderungen für Ammonium- und Ammoniak-Stickstoff sowie für Phosphor im Mittel eingehalten werden.

*Kläranlage Werdohl – Ablauf Schönungsteich  
(Lenne-km 40,1)*

Bei den Untersuchungen wurden sowohl die im wasserrechtlichen Genehmigungsbescheid festgelegten Überwachungswerte als auch die niedrigerklärten Werte für CSB, TIN und Phosphor durchgehend eingehalten. Die Konzentrationen an Ammonium-Stickstoff und Phosphor lagen ausnahmslos unter den Zahlenwerten der jeweiligen Betriebsmittelwerte. Die Schwermetallgehalte befanden sich auf niedrigem Niveau, wobei die Überwachungswerte auch von den Maximalkonzentrationen deutlich unterschritten wurden. Die mittleren Konzentrationen der Leitparameter Zink, Acesulfam, Amidotrizoesäure, Iopamidol, Diclofenac und Metformin lagen über den im Gewässer geltenden Orientierungswerten. Die Konzentrationen der Pflanzenschutzmittel, PAK und Komplexbildner waren unauffällig. Im Vergleich zu anderen Ruhrverbandskläranlagen wurden bei den Untersuchungen weit überdurchschnittliche Konzentrationen an PFOS und H4PFOS festgestellt.

*Probenahmestelle Lenne unterhalb Kläranlage Werdohl  
(Lenne-km 38,0)*

Auf der ca. 2,1 km langen Strecke zwischen der Kläranlage und der Messstelle fließen drei kleine Bäche zu. Die festgestellten Überschreitungen sind im Wesentlichen auf die Kläranlagenemission der oberhalb gelegenen Kläranlagen Werdohl und Lüdenscheid-Schlittenbachtal zurückzuführen. Allerdings waren die mittleren Konzentrationen einiger Parameter im Vergleich zur oberhalb gelegenen Gewässermessstelle - aufgrund erhöhter Messwerte an einzelnen Untersuchungstagen im Oberlauf - niedriger. Dies gilt für die Nährstoffe Ammonium-Stickstoff und Phosphor sowie für einige Arzneimittelwirkstoffe wie Diclofenac und Metformin, für die eine gute bzw. sehr gute Bewertung erfolgte. Einige kläranlagenbürtige Parameter wie Acesulfam, Amidotrizoesäure und mehrere Arzneimittelrückstände überschritten dennoch die Orientierungswerte. Darüber hinaus lagen die mittleren Konzentrationen von Kupfer und Zink über den Qualitätszielen, aber im Bereich der natürlichen Hintergrundkonzentrationen. Zudem konnte die UQN für PFOS nicht eingehalten werden. Die diffus eingetragenen PAK sowie die untersuchten Pflanzenschutzmittel und Antibiotika erfuhren weiterhin eine sehr gute bzw. gute Bewertung.

*Probenahmestelle Lenne oberhalb Kläranlage Altena  
(Lenne-km 25,6)*

Die Probenahmestelle oberhalb der Kläranlage Altena liegt ca. 12,4 km unterhalb der vorangegangenen Messstelle. Dazwischen fließen die Rahmede und die Nette sowie fünf weitere kleine Bäche zu. Die Gehalte für die meisten Parameter lagen auf dem Niveau der oberhalb gelegenen Probenahmestelle. So hielten die Nährstoffkonzentrationen weiterhin den guten bzw. sehr guten Zustand sicher ein. Die kläranlagenbürtigen Parameter wie Acesulfam, Amidotrizoesäure, Iopamidol,

Iopromid und mehrere Vertreter der Arzneimittelrückstände wie Diclofenac überschritten an dieser Stelle die jeweiligen Orientierungswerte. Zudem konnten die UQN für PFOS sowie die jeweiligen Orientierungswerte für Kupfer und Zink nicht eingehalten werden. Die Kenngrößen der diffus eingetragenen PAK sowie die untersuchten Pflanzenschutzmittel und Antibiotika erfuhren weiterhin eine sehr gute bzw. gute Bewertung.

*Kläranlage Altena – Ablauf Nachklärung (Lenne-km 25,1)*

Die Ablaufkonzentrationen lagen für CSB, den anorganischen Stickstoff und Phosphor durchgehend unterhalb der Bescheid- und der niedrigerklärten Werte. Für die Kläranlage Altena sind keine Betriebsmittelwerte festgelegt. Die Schwermetallgehalte lagen auf niedrigem Niveau, wobei die Überwachungswerte sogar von den Maximalkonzentrationen deutlich unterschritten wurden. Die mittleren Konzentrationen der Leitparameter Kupfer, Zink, Acesulfam, Amidotrizoesäure, Iopamidol, Iopromid, Carbamazepin, Diclofenac, Metformin und Clarithromycin lagen über den im Gewässer geltenden Orientierungswerten. Die Konzentrationen der Pflanzenschutzmittel, PAK, PFT und Komplexbildner waren unauffällig.

*Probenahmestelle Lenne unterhalb Kläranlage Altena  
(Lenne-km 24,4)*

Zwischen der 700 m oberhalb liegenden Kläranlage und der Messstelle, die oberhalb des letzten Obergrabens liegt, fließen keine nennenswerten Gewässer zu. Im Vergleich zu der Probenahmestelle oberhalb der Kläranlage Altena lagen die Gehalte für die meisten Leitparameter auf gleichem Niveau. Dies führte für die Nährstoffe zu einer guten bzw. sehr guten Bewertung. Zu Überschreitungen des jeweiligen Orientierungswerts führten auch an dieser Messstelle die Gehalte von Acesulfam, Iopamidol, Iopromid, Diclofenac und Metformin. Der Orientierungswert für Zink wurde im Mittel eingehalten, für Kupfer dagegen nicht. Im November lag die Konzentration des Pflanzenschutzmittels Cypermethrin über der Bestimmungsgrenze und konnte somit die sehr niedrige UQN nicht einhalten. Zudem lagen die Gehalte für PFOS über der UQN. Die diffus eingetragenen PAK sowie die untersuchten Antibiotika erfuhren weiterhin eine sehr gute bzw. gute Bewertung.

*Probenahmestelle Lenne oberhalb Kläranlage Iserlohn-Letmathe  
(Lenne-km 12,8)*

Auf der 11,6 km langen Strecke von der Probenahmestelle unterhalb Kläranlage Altena und der etwa 400 m oberhalb der Kläranlage Iserlohn-Letmathe gelegenen Messstelle fließen der Grüner Bach sowie zahlreiche kleinere Bäche zu, die aber wegen geringer Wasserführung zu keinen erkennbaren Verdünnungseffekten führten. Wie an der vorherigen Messstelle kam es zu Überschreitungen der Orientierungswerte für die Leitparameter Acesulfam, Amidotrizoesäure, Iopamidol, Iopromid, Diclofenac und Metformin. Die Konzentrationen der meisten untersuchten Spurenstoffe, vor allem der Pflanzenschutzmittel und Antibiotika, lagen unterhalb der Bestimmungsgrenzen.

Lediglich für PFOS und das PSM Cypermethrin wurden die UQN auch an dieser Stelle überschritten. Zudem wurden die Orientierungswerte für Zink und Kupfer nicht eingehalten, wobei die Konzentrationen aber im Bereich der natürlichen Hintergrundkonzentrationen lagen. Die Parameter Ammonium-Stickstoff, Ammoniak-Stickstoff und Phosphor sowie ortho-Phosphat-Phosphor hielten den guten bzw. sehr guten Zustand im gesamten Untersuchungszeitraum sicher ein.

#### *Kläranlage Iserlohn-Letmathe – Ablauf Schönungsteich (Lenne-km 12,4)*

Die im wasserrechtlichen Genehmigungsbescheid festgelegten Überwachungswerte für CSB, TIN und Phosphor wurden durchgehend eingehalten. Bei den Untersuchungen wurden die niedrigerklärten Werte mit einer Ausnahme beim Phosphor unterschritten. Die Phosphorkonzentrationen lagen lediglich einmal und die Ammonium-Stickstoffgehalte nur bei den ersten zwei Probenahmen über dem Zahlenwert des jeweiligen Betriebsmittelwerts. Die Schwermetallgehalte waren insgesamt unauffällig, sodass die Überwachungswerte auch von den Maximalkonzentrationen deutlich unterschritten wurden. Die mittleren Konzentrationen der Leitparameter Kupfer, Nickel, Zink, Acesulfam, Amidotrizoesäure, Iopamidol, Iopromid, Carbamazepin, Diclofenac, Metformin und Clarithromycin lagen über den im Gewässer geltenden Qualitätszielen. Die Konzentrationen der Pflanzenschutzmittel, PAK und Komplexbildner waren unauffällig. Neben einer überdurchschnittlichen mittleren Konzentration des Korrosionsschutzmittels 1H-Benzotriazol sind vor allem die industriell bedingten Melamin-Gehalte zu erwähnen.

#### *Probenahmestelle Lenne unterhalb Kläranlage Iserlohn-Letmathe (Lenne-km 10,7)*

Zwischen der 1,7 km oberhalb liegenden Kläranlage und der Messstelle fließen drei kleinere Bäche zu, deren Wassermengen allerdings zu gering sind, um einen nennenswerten Einfluss auf die Lenne zu haben. Die Gehalte blieben für die meisten Leitparameter im Vergleich zur vorherigen Probenahmestelle auf gleichem Niveau. Demzufolge wurden die Orientierungswerte für die Parameter Acesulfam, Amidotrizoesäure, Iopamidol, Iopromid, Diclofenac und Metformin nicht eingehalten. Die Melamingehalte lagen trotz der im Kläranlagenablauf festgestellten Werte weit unterhalb des Orientierungswerts. Für die meisten untersuchten Spurenstoffe, vor allem aus den Gruppen der Pflanzenschutzmittel und der Antibiotika, wurden Konzentrationen unterhalb der Bestimmungsgrenzen festgestellt. Lediglich die Konzentrationen an PFOS sowie Benzo[a]pyren lagen über der jeweiligen UQN. Zudem wurden die Orientierungswerte für Zink und Kupfer bei Konzentrationen im Bereich der natürlichen Hintergrundkonzentrationen nicht eingehalten. Die Parameter Ammonium-Stickstoff, Ammoniak-Stickstoff und Phosphor sowie ortho-Phosphat-Phosphor hielten an dieser Messstelle den guten bzw. sehr guten Zustand im gesamten Untersuchungszeitraum sicher ein.

#### *Probenahmestelle Lenne oberhalb Kläranlage Hagen-Fley (Lenne-km 2,7)*

Auf der 8,0 km langen Strecke zwischen der Probenahmestelle unterhalb der Kläranlage Iserlohn-Letmathe und der etwa 800 m oberhalb der Kläranlage Hagen-Fley gelegenen Messstelle fließen der Nahmer- und Wannebach sowie zahlreiche kleinere Bäche zu, die wegen geringer Wasserführung aber zu keinen messbaren Verdünnungseffekten führten. Die Konzentrationen lagen für die meisten Parameter im Vergleich zur vorangegangenen Messstelle auf demselben Niveau, sodass auch hier die Orientierungswerte für die Parameter Acesulfam, Amidotrizoesäure, Iopamidol, Diclofenac und Metformin nicht eingehalten wurden. Mit mäßig bewertet wurden weiterhin die Metalle Kupfer und Zink. Zudem lagen die Konzentrationen für PFOS über der UQN. Die Konzentrationen der meisten untersuchten Pflanzenschutzmittel und Antibiotika lagen unterhalb der jeweiligen Bestimmungsgrenze. Im Mittel wurden auch die Orientierungswerte für Ammonium-, Ammoniak-Stickstoff, Phosphor und ortho-Phosphat-Phosphor eingehalten. Allerdings wurde im Juli aufgrund des erhöhten pH-Werts der Orientierungswert für Ammoniak-Stickstoff einmalig überschritten.

#### *Kläranlage Hagen-Fley – Ablauf Schönungsteich (Lenne-km 1,9)*

Die im wasserrechtlichen Genehmigungsbescheid festgelegten Überwachungswerte für CSB, TIN und Phosphor wurden durchgehend eingehalten. Bei den Untersuchungen wurde der niedrigerklärte Wert für Phosphor ausnahmslos unterschritten, während für den anorganischen Stickstoff eine knappe Überschreitung im April festgestellt wurde. Am gleichen Probenahmetag lag die Ammonium-Stickstoff-Konzentration einmalig während der Untersuchungen über dem Zahlenwert des Betriebsmittelwerts. Die Phosphorkonzentrationen unterschritten bei allen sechs Untersuchungen den entsprechenden Betriebsmittelwert. Die insgesamt niedrigen Schwermetallgehalte hielten die Überwachungswerte ausnahmslos ein. Die mittleren Konzentrationen der Leitparameter Kupfer, Zink, Acesulfam, Amidotrizoesäure, Iopamidol, Iopromid, Carbamazepin, Diclofenac, Metformin und Clarithromycin lagen über den im Gewässer geltenden Orientierungswerten, während die Konzentrationen der Pflanzenschutzmittel, PAK, PFT und Komplexbildner unauffällig waren.

#### *Probenahmestelle Lenne unterhalb Kläranlage Hagen-Fley (Lenne-km 1,2)*

Auf der etwa 700 Meter langen Strecke zwischen der Kläranlage Hagen-Fley und der Probenahmestelle leiten keine weiteren nennenswerten Gewässer ein. Die rechte Uferseite wird stark landwirtschaftlich genutzt, während die linke Seite durch Siedlungs- und Gewerbeflächen geprägt ist. Im Vergleich zur oberhalb gelegenen Messstelle stiegen die Gehalte für einige Parameter leicht an. Der Orientierungswert für Ammonium-Stickstoff wurde im April knapp überschritten. Im Mittel konnte der gute Zustand aber sowohl für Ammonium- als auch für

Ammoniak-Stickstoff sicher eingehalten werden. Bei den Trockenwetterverhältnissen zwischen April und September kam es zu Überschreitungen für Phosphor und ortho-Phosphat-Phosphor. Während sich für Gesamtphosphor auch im Mittel eine mäßige Bewertung ergab, konnte ortho-Phosphat-Phosphor insgesamt mit gut bewertet werden. Die Konzentrationen der Leitparameter Kupfer, Zink, Acesulfam, Amidotrizoesäure, Iopamidol, Diclofenac und Metformin führten zu mäßigen Bewertungen. Für Ibuprofen traten hohe Gehalte im Januar und April auf, die vor allem auf erhöhte Ablauffrachten der Kläranlage Hagen-Fley aber ggf. auch auf regelkonforme Abschlagsereignisse aus der Niederschlagswasserbehandlung zurückzuführen sind. Mit Ausnahme des Azithromycins lagen die Konzentrationen der Antibiotika unter den Qualitätszielen. Die UQN für PFOS wurde durchgehend überschritten. Die untersuchten PAK und Pflanzenschutzmittel erfuhren weiterhin eine sehr gute bzw. gute Bewertung.

#### *Probenahmestelle Ahe oberhalb Kläranlage Herscheid (Ahe-km 3,0)*

Die Probenahmestelle oberhalb der Kläranlage Herscheid liegt bei km 3,0 des insgesamt 8 km langen Gewässers. Die Ahe mündet bei Fluss-km 8,8 zunächst in die Else, bevor diese bei Fluss-km 56,6 in die Lenne mündet. In Folge der lang anhaltenden Trockenheit im Jahr 2020 war der Gewässerabschnitt durch eine nur geringe Wasserführung geprägt. Die Orientierungswerte für Phosphor und ortho-Phosphat-Phosphor wurden bei den Untersuchungen durchgehend eingehalten. Auch für Ammonium- und Ammoniak-Stickstoff ergaben sich im Mittel gute Bewertungen, wobei im November Maximalwerte festgestellt wurden. Auch für die Leitparameter Acesulfam und Metformin, deren Konzentrationen im Mittel die Qualitätsanforderungen überschritten, wurden an diesem Probenahmetag erhöhte Gehalte gemessen, was auf einen möglichen Einfluss von Mischwasser hindeutet. Zudem konnte die UQN für PFOS nicht eingehalten werden. Für die Mehrheit der untersuchten Spurenstoffe, vor allem aus den Gruppen der PAK, Pflanzenschutzmitteln und Antibiotika, lagen die Konzentrationen unterhalb der jeweiligen Bestimmungsgrenze.

#### *Kläranlage Herscheid – Ablauf Nachklärung (Ahe-km 2,9)*

Die im wasserrechtlichen Genehmigungsbescheid festgelegten Überwachungswerte für CSB, TIN und Phosphor wurden ebenso durchgehend eingehalten wie die niedrigerklärten Werte. Betriebsmittelwerte wurden für die Kläranlage Herscheid nicht festgelegt. Die Schwermetallbelastung lag insgesamt auf sehr niedrigem Niveau, sodass die Überwachungswerte auch von den Maximalgehalten unterschritten wurden. Die mittleren Konzentrationen der Leitparameter Kupfer, Zink, Acesulfam, Amidotrizoesäure, Iopamidol, Iopromid, Diclofenac, Metformin und Clarithromycin lagen über den im Gewässer geltenden Orientierungswerten. Die Konzentrationen der Pflanzenschutzmittel, PAK, PFT und Komplexbildner waren unauffällig.

#### *Probenahmestelle Ahe unterhalb Kläranlage Herscheid (Ahe-km 2,7)*

Auf der 200 m langen Strecke von der Kläranlage bis zur Messstelle gibt es keine weiteren Einleitungen. Der mit der geringen Wasserführung im Jahr 2020 verbundene erhöhte Kläranlagenanteil im Gewässer machte sich auch bei den Konzentrationen der kläranlagenbürtigen Kenngrößen bemerkbar. So führten die mittleren Gehalte für Ammonium- und Ammoniak-Stickstoff sowie für Phosphor und ortho-Phosphat-Phosphor zu einer mäßigen Bewertung. Die Einflüsse aus der Siedlungsentwässerung waren auch in Form von Überschreitungen bei den Leitparametern Kupfer, Zink, Acesulfam, Amidotrizoesäure, Iopamidol, Diclofenac, Metformin und Clarithromycin zu erkennen. Während die UQN für PFOS nicht eingehalten wurde, sind die Gehalte der PAK unauffällig. Zudem ergab sich für das Insektizid Imidacloprid eine mäßige Bewertung.

#### *Probenahmestelle Schlittenbach oberhalb Kläranlage Lüdenscheid-Schlittenbachtal (Schlittenbach-km 2,5)*

Die Probenahmestelle oberhalb der Kläranlage Lüdenscheid-Schlittenbachtal liegt bei km 2,5 des insgesamt 5,2 km langen Schlittenbachs. Dieser mündet bei Fluss-km 9,8 zunächst in die Verse, bevor diese bei Fluss-km 45,4 in die Lenne mündet. Der oberhalb dieser Stelle gelegene Gewässerabschnitt ist vor allem durch die Stadt Lüdenscheid geprägt. Die Orientierungswerte für Ammonium- und Ammoniak-Stickstoff sowie Phosphor und ortho-Phosphat-Phosphor wurden bei den Untersuchungen durchgehend eingehalten. Allerdings erfuhren die beiden Metalle Kupfer und Zink, für die an dieser Stelle keine Hintergrundwerte bekannt sind, im gesamten Jahr eine mäßige Bewertung. Auch die Gehalte der Leitparameter Acesulfam und Iopamidol konnten die Anforderungen an den guten Zustand nicht einhalten. Zudem lagen die Konzentrationen an PFOS sowie Benzo[a]pyren und Pyren an dieser Probenahmestelle über der jeweiligen UQN. Die Gehalte der meisten untersuchten Parameter lagen aber unter den Bestimmungsgrenzen.

#### *Kläranlage Lüdenscheid-Schlittenbachtal – Ablauf Schönungsteich (Schlittenbach-km 2,2)*

Die im wasserrechtlichen Genehmigungsbescheid festgelegten Überwachungswerte für CSB, TIN und Phosphor sowie die niedrigerklärten Werte wurden durchgehend eingehalten. Die Zahlenwerte der Betriebsmittelwerte wurden im Falle des Phosphors durchgehend und im Fall des Ammonium-Stickstoffs in vier von sechs Proben unterschritten. Auch der im Verlauf der Untersuchungen neu vereinbarte strengere Betriebsmittelwert für Phosphor wurde bei der Hälfte der Proben eingehalten. Die Schwermetallgehalte lagen durchgehend unter den jeweiligen Überwachungswerten. Die mittleren Konzentrationen der Leitparameter Kupfer, Nickel, Zink, Acesulfam, Amidotrizoesäure, Iopamidol, Carbamazepin, Diclofenac, Metformin und Clarithromycin lagen über den im Gewässer geltenden Qualitätszielen. Hierbei waren die hohen Gehalte

der Röntgenkontrastmittel auffällig, die durch eine im Einzugsgebiet liegende Klinik erklärt werden können. Die Konzentrationen der Pflanzenschutzmittel, PAK und Komplexbildner waren unauffällig. Im Vergleich zu anderen Ruhrverbandskläranlagen wurden überdurchschnittliche Konzentrationen an Perfluorbutansulfonsäure festgestellt.

*Probenahmestelle Schlittenbach unterhalb Kläranlage Lüdenscheid-Schlittenbachtal (Schlittenbach-km 1,0)*

Auf der 1,2 km langen Fließstrecke von der Kläranlage bis zur Messstelle gibt es keine relevanten Einleitungen. Die an dieser Probenahmestelle festgestellten Überschreitungen sind im Wesentlichen auf die Kläranlagenemission zurückzuführen, deren Einfluss durch die langanhaltende Trockenheit in den Sommermonaten und die damit einhergehende geringere Wasserführung noch zunahm. So führten die mittleren Gehalte für Phosphor und ortho-Phosphat-Phosphor zu einer mäßigen Bewertung. Ammonium- und Ammoniak-Stickstoff wurden dagegen mit gut bewertet. Vor allem ein hoher Gehalt im Juni führte zu einer Überschreitung der UQN für Nickel, das an diesem Probenahmetag bereits im Kläranlagenablauf eine leicht erhöhte Konzentration aufwies. Die Einflüsse aus der Siedlungsentwässerung waren auch in Form von Überschreitungen bei den Leitparametern Kupfer, Zink, Acesulfam, Amidotrizoesäure, Iopamidol, Iopromid, Diclofenac, Metformin und Clarithromycin zu erkennen. Wie bereits an der Probenahmestelle oberhalb der Kläranlage lagen die Konzentrationen der PFOS sowie von Benzo[a]pyren und Pyren über der jeweiligen UQN. Zudem konnten die Orientierungswerte für Bor und das Insektizid Imidacloprid nicht eingehalten werden. Auffällig hoch waren wie bereits im Kläranlagenablauf auch die Konzentrationen für Perfluorbutansulfonsäure.

*Probenahmestelle Rahmede oberhalb Kläranlage Rahmedetal (Rahmede-km 4,5)*

Die Messstelle befindet sich unterhalb des Stadtgebiets von Lüdenscheid. Die mittleren Gehalte der Nährstoffe Phosphor und Ammonium-Stickstoff hielten die Orientierungswerte sicher ein. Lediglich bei den Starkregenereignissen im Januar überschritten die Maximalkonzentration von Phosphor und ortho-Phosphat-Phosphor die jeweiligen Grenzwerte knapp. Da Ammonium-Stickstoff im Januar nicht untersucht worden ist, können Auswirkungen des Starkregens auf die Konzentrationen des Ammonium- und Ammoniak-Stickstoff nicht belegt werden. Des Weiteren wurde der Orientierungswert für Ammoniak-Stickstoff bei einem leicht erhöhten pH-Wert im Juni überschritten. Beide Parameter hielten aber im Mittel den guten Zustand ein. Des Weiteren wurden für die Leitparameter Kupfer, Zink, Acesulfam und Metformin höhere Konzentrationen insbesondere bei den Starkregenereignissen im Januar gemessen, was zu mäßigen Bewertungen beitrug. Überschreitungen lagen auch für PFOS sowie für Benzo[a]pyren und sie-

ben weitere PAK vor. Auch für diese Kenngrößen wurden die Maximalgehalte im Januar bei hohem Abfluss gemessen. Die Konzentrationen der Pflanzenschutzmittel und Antibiotika lagen unter den Qualitätszielen.

*Kläranlage Rahmedetal – Ablauf Nachklärung (Rahmede-km 4,2)*

Die im wasserrechtlichen Genehmigungsbescheid festgelegten Überwachungswerte für CSB, TIN und Phosphor wurden durchgehend sowie die niedrigerklärten Werte mit Ausnahme einer einmaligen knappen Überschreitung beim CSB eingehalten. Die Phosphorkonzentrationen lagen durchgehend über dem Zahlenwert des Betriebsmittelwerts, während der entsprechende Wert für Ammonium-Stickstoff in vier von sechs Proben eingehalten wurde. In der im Januar entnommenen Probe wurde die mit deutlichem Abstand maximale Konzentration an Ammonium-Stickstoff ermittelt. An diesem Tag wurde auch eine erhöhte Nitrit-Stickstoffkonzentration gemessen. Ursache für die Gehalte war eine betriebsbedingte erhöhte Zugabe von Schlammwasser. Die Schwermetallgehalte hielten die jeweiligen Überwachungswerte durchgehend ein. Die mittleren Konzentrationen der Leitparameter Kupfer, Nickel, Zink, Acesulfam, Amidotrizoesäure, Iopamidol, Carbamazepin, Diclofenac, Metformin und Clarithromycin lagen über den im Gewässer geltenden Qualitätszielen. Die Konzentrationen der Pflanzenschutzmittel, PAK, und Komplexbildner waren unauffällig. Im Vergleich zu anderen Ruhrverbandskläranlagen wurden überdurchschnittliche Konzentrationen an PFOS und H4PFOS festgestellt.

*Probenahmestelle Rahmede unterhalb Kläranlage Rahmedetal (Rahmede-km 3,6)*

Zwischen der Kläranlage Rahmedetal und der 600 m unterhalb gelegenen Messstelle fließen keine Bäche zu. Für mehrere Leitparameter wurden Konzentrationsanstiege im Vergleich zur oberhalb gelegenen Probenahmestelle festgestellt, die in einigen Fällen auch zu einer Verschlechterung der Bewertung führten. Zu nennen sind Nitrit-Stickstoff, Gesamt- und ortho-Phosphat-Phosphor. Die Orientierungswerte für Gesamt- und ortho-Phosphat-Phosphor wurden dabei durchgehend überschritten. Da im Januar keine Messwerte für Ammonium-Stickstoff vorlagen, konnten die Einflüsse der Starkregenereignisse sowie des Kläranlagenablaufs für diesen Zeitpunkt nicht bewertet werden. Aus den weiteren fünf Untersuchungen ergab sich aber eine Einhaltung des Orientierungswertes. Überschreitungen traten für die Leitparameter Amidotrizoesäure, Iopamidol, Diclofenac, Metformin, Clarithromycin und Acesulfam auf. Die im Vergleich zur oberhalb gelegenen Probenahmestelle erhöhten Gehalte sind vor allem auf die Kläranlagenemissionen zurückzuführen. Die Maximalgehalte der kläranlagenbürtigen Parameter wie Iopamidol und Diclofenac traten in den Sommermonaten bei Niedrigwasserabflüssen und den damit

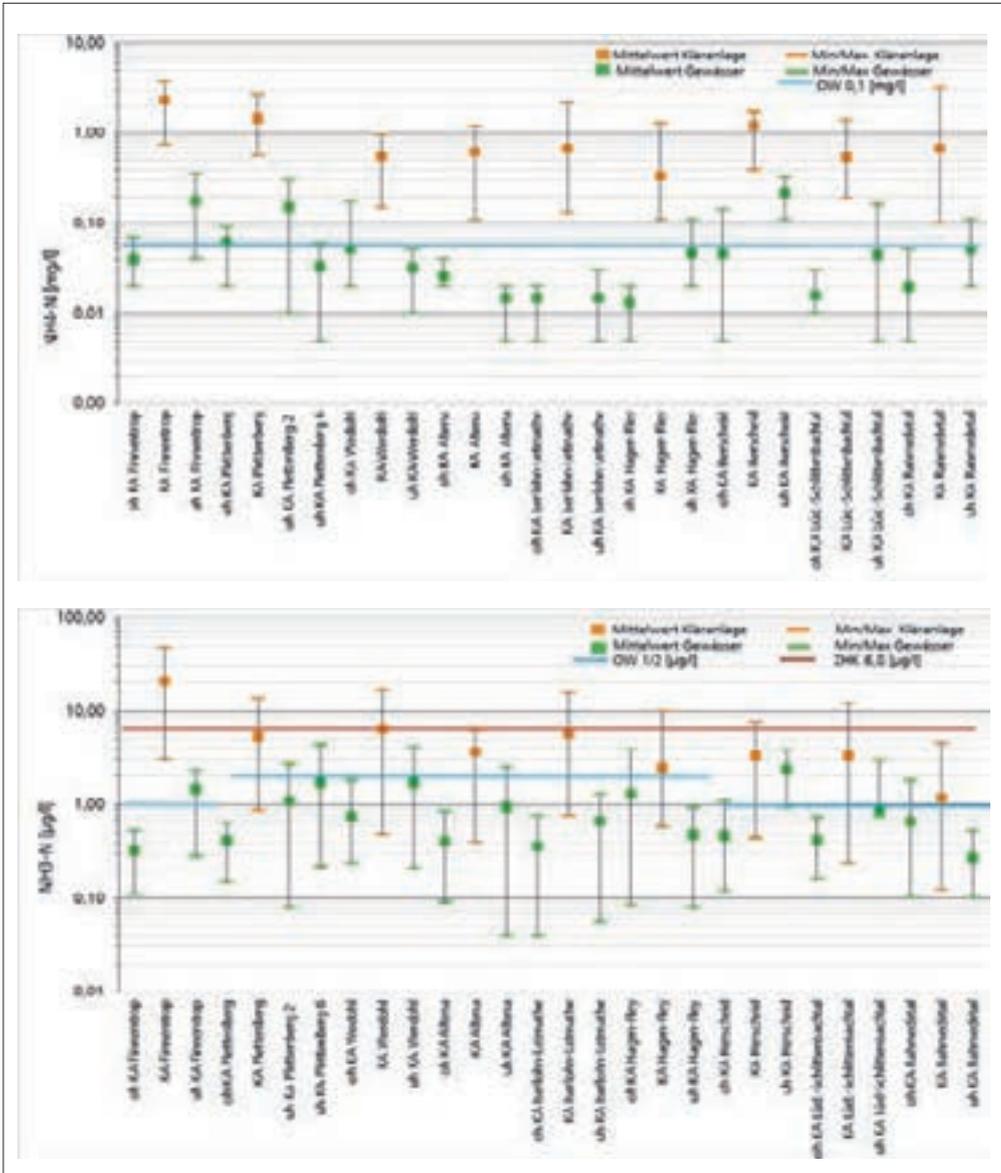


Bild 9.3: Spannweiten und Mittelwerte der Ammonium- und Ammoniak-Stickstoff-Gehalte im Fließverlauf  
 Fig. 93: Spectrums and mean values for the concentrations of ammonium and ammonia nitrogen along the course of the river

verbundenen Anteilen an behandeltem Abwasser auf. Im Januar waren die Metallkonzentrationen aufgrund des Starkregens und der damit verbundenen Remobilisierungsprozesse erhöht. Die im November gemessenen hohen Metallgehalte sind auf eine Baustelle im Gewässer oberhalb der Kläranlage, die zu einer Mobilisierung von Sediment geführt hat, zurückzuführen. Am selben Tag wurden auch höhere Werte für Trübung und abfiltrierbare Stoffe gemessen. Die Metalle Kupfer, Zink, Eisen, Cobalt, Molybdän und Nickel erfuhren eine mäßige Bewertung. Weiterhin lagen Überschreitungen für PFOS sowie für Benzo[a]pyren und sieben weitere PAK vor. Zudem waren analog zum Kläranlagenablauf die Gehalte für das polyfluorierte Tensid H4PFOS erhöht. Mit Ausnahme des Imidacloprids lagen die Konzentrationen der Pflanzenschutzmittel unter den Qualitätszielen.

### Zusammenfassende Betrachtung der Phosphor- und Ammonium-Stickstoff-Gehalte im Fließverlauf

Hinsichtlich der Qualitätsziele im Gewässer und der potenziellen, gezielten Maßnahmen auf Kläranlagen zur Einhaltung der Umweltqualitätsnormen bzw. Orientierungswerte in den Wasserkörpern stehen zurzeit die Parameter Phosphor gesamt und ortho-Phosphat-Phosphor sowie Ammonium- und Ammoniak-Stickstoff besonders im Fokus. In den Bildern 9.3 und 9.4 sind die Mittelwerte dieser Kenngrößen im Fließverlauf dargestellt. Die Untersuchungen ergaben einen signifikanten Einfluss der Kläranlagenemission auf die Nährstoffgehalte in der Lenne unterhalb der Kläranlagen Finntrop, Plettenberg und Hagen-Fley, während die Einleitung der gereinigten Abwässer aus den Kläranlagen Werdohl, Altena und Iserlohn-

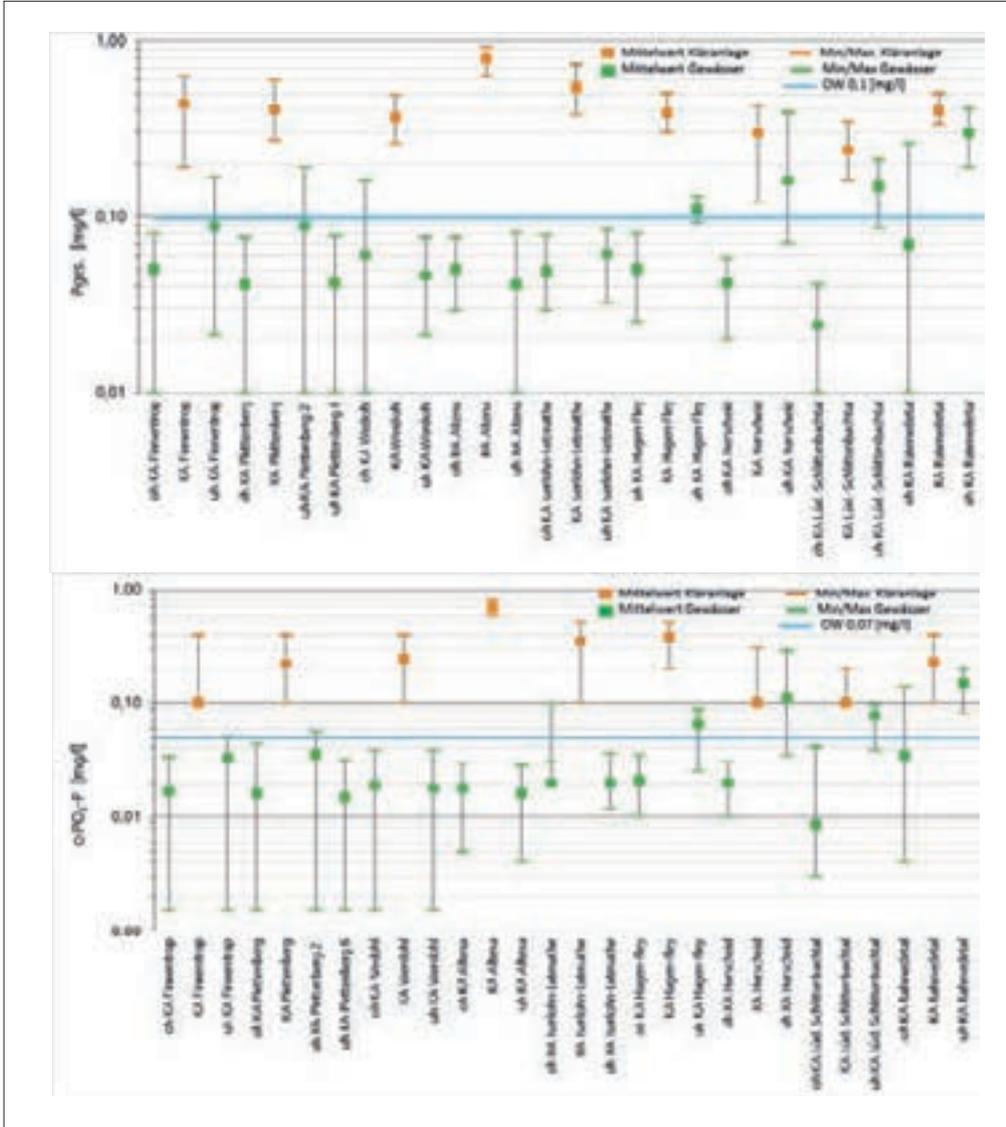


Bild 9.4: Spannweiten und Mittelwerte der Gehalte an  $P_{ges}$  und  $o-PO_4-P$  im Fließverlauf  
 Fig. 9.4: Spectrums and mean values for the concentrations of  $P_{ges}$  and  $o-PO_4-P$  along the course of the river

Letmathe insgesamt zu keiner Konzentrationserhöhung im Gewässer führte. In den Nebengewässern Ahe, Schlittenbach und Rahmedetal ist der Einfluss der Kläranlagen Herscheid, Lüdenscheid-Schlittenbachtal und Rahmedetal auf die Nährstoffbelastung deutlich zu erkennen, was auch auf die vergleichsweise hohen Anteile an gereinigtem Abwasser am Abfluss im Gewässer zurückzuführen ist.

Konzentrationserhöhende Effekte führten aber nicht zwangsläufig zu Überschreitungen der Qualitätsziele im Gewässer unterhalb der jeweiligen Kläranlage. So lagen nur unterhalb der drei Kläranlagen Finnentrop, Plettenberg und Herscheid die mittleren Konzentrationen an Ammonium-Stickstoff über dem Orientierungswert, wobei im Ablauf der Kläranlage Plettenberg der Zahlenwert des Betriebsmittelwerts bei den Untersu-

chungen durchgehend überschritten wurde. Im Fall von Gesamt- und ortho-Phosphat-Phosphor wurden Überschreitungen der Orientierungswerte an den Probenahmestellen unterhalb der vier Kläranlagen Herscheid, Rahmedetal, Hagen-Fley (nur Gesamtphosphor) und Lüdenscheid-Schlittenbachtal festgestellt. In den Abläufen der beiden letztgenannten Kläranlagen wurden dabei aber die Zahlenwerte der Betriebsmittelwerte bei den Untersuchungen ausnahmslos unterschritten. Das für die Kläranlage Lüdenscheid-Schlittenbachtal im Verlauf der Untersuchungen im Jahr 2020 neu festgelegte deutlich strengere Qualitätsziel wurde immer noch bei der Hälfte der Proben eingehalten. Im Ablauf der Kläranlage Rahmedetal lagen die Konzentrationen dagegen bei allen Probenahmen über dem entsprechenden vereinbarten Wert. Im Fall der Ahe machte sich die wegen der anhaltenden Trocken-

heit niedrige Wasserführung in einem entsprechend hohen Anteil an gereinigtem Abwasser im Gewässer bemerkbar. Der auf die mittlere Belastung abzielende Orientierungswert für Ammoniak-Stickstoff wurde nur unterhalb der Kläranlagen Finnentrop und Herscheid überschritten. Die Höhe der Ammoniak-Stickstoff-Konzentrationen hängt dabei nicht nur vom Ammonium-Stickstoff-Gehalt, sondern auch wesentlich vom pH-Wert und der Wassertemperatur ab, sodass mit Überschreitungen des Orientierungswertes insbesondere bei höheren Temperaturen und pH-Werten – letztere treten vor allem bei großen Algen- oder Pflanzenbeständen auf – zu rechnen ist. Die aktuell diskutierte aber noch nicht verbindlich geregelte zulässige Höchstkonzentration wurde aber bei den Untersuchungen im Gewässer ausnahmslos unterschritten.

### **Fazit**

Die Längsuntersuchung der Unteren Lenne fand in der Zeit von Januar bis November 2020 an neunzehn Stellen im Gewässer sowie im Zu- und Ablauf der neun Kläranlagen im Einzugsgebiet überwiegend bei Trockenwetterverhältnissen sowie einmal bei erhöhten Abflüssen im Januar statt. Die Zulaufbelastung und die Ablaufwerte lagen bezüglich der organischen Substanzen und der Nährstoffe insgesamt im für die jeweiligen Kläranlagen üblichen Schwankungsbereich, wobei die Gehalte im Kläranlagenzulauf im Vergleich zu den vorangegangenen Jahren eher überdurchschnittlich waren. Die in den Genehmigungsbescheiden vorgegebenen Überwachungswerte wurden auch von den in den Abläufen gemessenen Maximalkonzentrationen und die niedrigerklärten Werte mit sehr wenigen Ausnahmen eingehalten. Auch die Zahlenwerte der mit der Bezirksregierung Arnsberg für sechs der neun Kläranlagen vereinbarten Betriebsmittelwerte für Ammonium-Stickstoff und Phosphor wurden mehrheitlich unterschritten.

Die Untersuchungen ergaben einen erkennbaren Einfluss der Kläranlagenemission auf die Gehalte an Ammonium- und Ammoniak-Stickstoff sowie an Gesamt- und ortho-Phosphat-Phosphor in der Lenne unterhalb der Kläranlagen Finnentrop, Plettenberg und Hagen-Fley, während die Einleitung der gereinigten Abwässer aus den Kläranlagen Werdohl, Altena und Iserlohn-Letmathe insgesamt zu keiner signifikanten Konzentrationserhöhung im Gewässer führte. In den kleineren Gewässern Ahe, Schlittenbach und Rahmede ist der Einfluss der Kläranlagen Herscheid, Lüdenscheid-Schlittenbachtal und Rahmedetal auf die Nährstoffbelastung ebenfalls deutlich zu erkennen. Konzentrationserhöhende Effekte führten aber nur im Gewässer unterhalb der drei Kläranlagen Finnentrop, Plettenberg und Herscheid zu mittleren Konzentrationen an Ammonium-Stickstoff oberhalb des Orientierungswerts für den guten Zustand. Im Fall von Gesamtphosphor traf dies auf die Gewässerabschnitte unterhalb der vier Kläranlagen Herscheid, Rahmedetal, Hagen-Fley und Lüdenscheid-Schlittenbachtal zu. Nach verfahrenstechnischer Optimierungen u.a. auf den Kläranlagen Plettenberg und Rahmedetal ist perspektivisch von einer Verringerung der Ablaufkonzentrationen und in Folge der Gehalte im Gewässer auszugehen. Die Konzentrationsan-

stiege bei einigen Süßstoffen, Röntgenkontrastmitteln und einer Anzahl von Arzneimittelrückständen in der Lenne und den untersuchten Nebengewässern an den Probenahmestellen unterhalb der Kläranlagen sind vor allem auf die Einleitungen der gereinigten Abwässer der Kläranlagen zurückzuführen. Überwiegend war hiermit aber keine Änderung der Bewertung verbunden. Bei der Betrachtung der Schwermetalle Kupfer und Zink sind auch die jeweilige Hintergrundbelastung bzw. diffuse Einträge zu berücksichtigen. Atmosphärische Deposition oder Eintrag von Verkehrsflächen sind hauptsächliche Ursachen für Überschreitungen bei den PAK. Zudem überschritten die PFOS-Konzentrationen durchgehend die sehr niedrige UQN.

Im Jahr 2021 werden zur detaillierten Erfassung und Bewertung der Emissions- und Immissionssituation eines Gewässereinzugsgebietes und der dazugehörigen Kläranlagen kombinierte Untersuchungen im Längsverlauf der Möhne durchgeführt.

---

## 10 Vier Jahre Baden an der Badestelle Seaside Beach - Rückblick und Ausblick

---

### Hygienische Aspekte beim Baden in Fließgewässern

In Deutschland gibt es aktuell rund 2.300 ausgewiesene Badegewässer. Nur etwa 1,4 % der Badestellen liegen an Flüssen, der überwiegende Teil findet sich in den Küstengebieten [10.1]. Dies ist unter anderem der schwankenden hygienischen Situation fließender Gewässer geschuldet. Gerade im städtischen Raum werden Flüsse und Seen jedoch zunehmend für ihren hohen ökologischen sowie ihren Erholungswert geschätzt. Dabei wächst auch die Nachfrage nach Badestellen an städtischen Gewässern. Die notwendige Wasserqualität, die eine Badestelle aufweisen muss, wird in Europa durch die Europäische Badegewässerrichtlinie geregelt [10.2]. Die Bewertung stützt sich auf die Indikatorparameter *Escherichia coli* (*E. coli*) und intestinale Enterokokken (Int. E.), für die Grenzwerte formuliert sind. Laut Badegewässerverordnung NRW [10.3] muss ein Badeverbot verhängt werden, sobald ein Einzelwert für den Parameter *E. coli* von 1.800 MPN (*most probable number*)/100 ml oder für den Parameter Int. E. von 700 MPN/100 ml überschritten wurde. Das Badeverbot kann erst aufgehoben werden, wenn die Unterschreitung der o.g. Grenzwerte durch eine anschließend durchgeführte Messung (so-g. Freimessung) nachgewiesen werden konnte.

Die Überwachung viraler Partikel ist aktuell nicht vorgeschrieben. Infektionen, die möglicherweise durch Viren im Wasser übertragen werden können, stehen insbesondere mit fäkalen Verunreinigungen im Zusammenhang. Die Risikobewertung der viralen Belastung wird somit indirekt mit der Überwachung der Indikatorkeime abgedeckt. Seit Beginn der noch andauernden Pandemie durch Sars-CoV-2 werden jedoch weltweit Anstrengungen unternommen, die Konzentration des Virus in verschiedenen Wassermatrizes, auch Oberflächengewässern, zu untersuchen. Bisher konnten keine infektiösen Viruspartikel in Oberflächengewässern nachgewiesen werden [10.4]. Auf Basis der Daten der Weltgesundheitsorganisation sah das Umweltbundesamt in einer Stellungnahme im März 2020 keine Einschränkungen des Badebetriebes in Bezug auf die Wasserqualität hinsichtlich einer möglichen Kontamination mit Sars-CoV-2 vor [10.5].

### Die Flussbadestelle Seaside Beach am Baldeneysee

Das Baden in der Ruhr war zwar bis zum Jahr 1971 möglich, blieb danach über Jahrzehnte untersagt, bis im Jahr 2017 die erste offizielle Badestelle eröffnet wurde. Die Badestelle Seaside Beach liegt am Nordufer des Baldeneysees, dem größten von insgesamt sechs Ruhrstauseen.

Da im Einzugsgebiet der Badestelle Mischwasserentlastungen liegen, können kurzzeitige Einleitungen aus dem Kanalnetz die hygienische Badegewässerqualität an der Badestelle negativ beeinflussen. Aus diesem Grund wurde im Rahmen des Forschungsprojekts „Sichere Ruhr“ ein Frühwarnsystem für die Badestelle erarbeitet [10.6], welches vor kurzzeitigen hygienischen Verunreinigungen an der Badestelle warnen soll. Eine kurzzeitige Verschmutzung zeichnet sich dadurch aus, dass die Ursache eindeutig feststellbar ist, und bei der normalerweise nicht damit gerechnet wird, dass die Badegewässerqualität mehr als 72 h ab Beginn der Belastung beeinträchtigt wird [10.3].

### Das Frühwarnsystem

Bei der Erstellung eines Frühwarnsystems für die Badestelle Seaside Beach wurde zunächst die Eignung von Korrelationsanalysen, künstlicher Neuronaler Netze (KNN), von Bilanz- und Niederschlagsmodellen sowie eines dynamischen Simulationsmodells zur Vorhersage hygienisch kritischer Bedingungen untersucht. Einfache und multiple lineare Regressionen, KNN und das Niederschlagsmodell erwiesen sich dabei als grundsätzlich zur Prognose hygienisch kritischer Bedingungen geeignet [10.6].

Nach Abschluss der Voruntersuchungen wurde schließlich ein Frühwarnsystem für die Badestelle entwickelt, das hygienisch kritische Ereignisse, die die Badenden potenziell gefährden könnten, auf der Grundlage von Niederschlagsdaten prognostiziert. Das Niederschlagsmodell verfügt über eine sehr hohe Prognosegenauigkeit für die Überschreitung der Richtwerte für die Indikatororganismen *E. coli* und Int. E. Vorteilhaft für die Umsetzung war, dass die Niederschlagsstationen bereits im Untersuchungsgebiet existierten und die online bereitgestellten, hochaufgelösten Daten mit relativ geringem Aufwand in ein Frühwarnsystem eingebunden werden konnten. Eine vom

- 
- [10.1] Umweltbundesamt: Wasserqualität in Badegewässern (<https://www.umweltbundesamt.de/wasserqualitaet-in-badegewaessern#die-qualitaet-der-badegewasser-in-deutschland>)
- [10.2] EU Badegewässerrichtlinie (2006): Richtlinie 2006/7/EG des europäischen Parlaments und des Rates vom 15. Februar 2006 über die Qualität der Badegewässer und deren Bewirtschaftung und zur Aufhebung der Richtlinie 76/160/EWG. In: Amtsblatt der Europäischen Union vom 04.03.2006, L 64/37
- [10.3] MULNV NRW (2008): Ministerium für Umwelt, Landwirtschaft, Natur- und Verbraucherschutz des Landes NRW: Verordnung über die Qualität und die Bewirtschaftung der Badegewässer (Badegewässerverordnung). In: Gesetz- und Verordnungsblatt NRW, S. 138–143.
- [10.4] Mancuso, G.; Perulli G. D.; Lavrnic, S.; Morandi, B.; Toscano, A. (2021) SARS-CoV-2 from Urban to Rural Water Environment: Occurrence, Persistence, Fate, and Influence on Agriculture Irrigation. A Review. In: *Water* 2021, 13, 764.
- [10.5] Umweltbundesamt: Auswirkungen der COVID-19-Pandemie auf Badegewässer. [https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/4031/dokumente/uba\\_covid\\_badegewaesser\\_2020-03-27\\_0.pdf](https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/4031/dokumente/uba_covid_badegewaesser_2020-03-27_0.pdf)
- [10.6] BMBF-Verbundprojekt „Sichere Ruhr“ (2015): Gemeinsamer Abschlussbericht aller Verbundprojektpartner, Förderkennzeichen 02WRS1283A bis J inkl. Ergänzungen zur Weiterförderung.



Bild 10.1: Ereignisbezogene Probenahme in der Entlastung eines der beprobten Regenüberlaufbecken (RÜB)  
 Fig. 10.1: Event-related sampling in the discharge of one of the sampled stormwater overflow basins.

Essener Systemhaus im Auftrag der Stadt Essen entwickelte Web-Anwendung ermittelt anhand der vorliegenden Niederschlagsdaten automatisch, ob an der Badestelle ein sicheres Baden im Hinblick auf die hygienischen Verhältnisse möglich ist.

### Das Forschungsprojekt „Flusshygiene“

Im Anschluss an das in den Jahren 2012 bis 2015 durchgeführte Forschungsvorhaben des BMBF (Bundesministerium für Bildung und Forschung) „Sichere Ruhr – Badegewässer und Trinkwasser für die Ruhr“ (Förderkennzeichen:

02WRS1283 A-J), das sich erstmals wissenschaftlich mit einer zukünftigen Nutzung der Ruhr als Badegewässer beschäftigte, wurde das BMBF-Forschungsvorhaben „Flusshygiene“ (Förderkennzeichen: 02WRM1364A) initiiert, und die Untersuchungen an der Ruhr in Essen konnten fortgeführt werden. Darin sollten basierend auf den Erkenntnissen aus dem Projekt „Sichere Ruhr“ kurzzeitige Gewässerverschmutzungen der Ruhr intensiver analysiert und deren Haupteintragspfade identifiziert werden [10.7].

Im Rahmen einer umfangreichen Messkampagne wurden zwei Regenüberlaufbecken, die in die Ruhr im Zustrom der Badestelle entlasten, ereignisbezogen auf *E. coli* und Int. E sowie weitere Parameter beprobt (siehe Bild 10.1). Um die Dynamik der Mischwasserentlastungen und deren Auswirkungen auf die Badestelle Seaside Beach zu erfassen, erfolgte neben der automatischen Probenahme an den Becken auch eine, aufgrund der Fließzeit der Ruhr zeitlich verzögerte, Probenahme an der Badestelle.

Zusätzlich dazu erfolgten im Ablauf von zwei Kläranlagen sowie im Mündungsbereich eines repräsentativen Nebengewässers der Ruhr Beprobungen. Die erhobenen Daten bildeten die Grundlage zur Erstellung und Validierung eines Eintrags- und Bilanzmodelles der Gewässerqualität der Ruhr [10.7].

Die Ergebnisse der analysierten Proben zeigen, dass die Konzentration der oben genannten hygienisch relevanten Bakterien (*E. coli*, Int. E.) in den Entlastungsabflüssen der Regenüberlaufbecken bis zu drei Zehnerpotenzen höher lagen als in den Abläufen der untersuchten Kläranlagen.

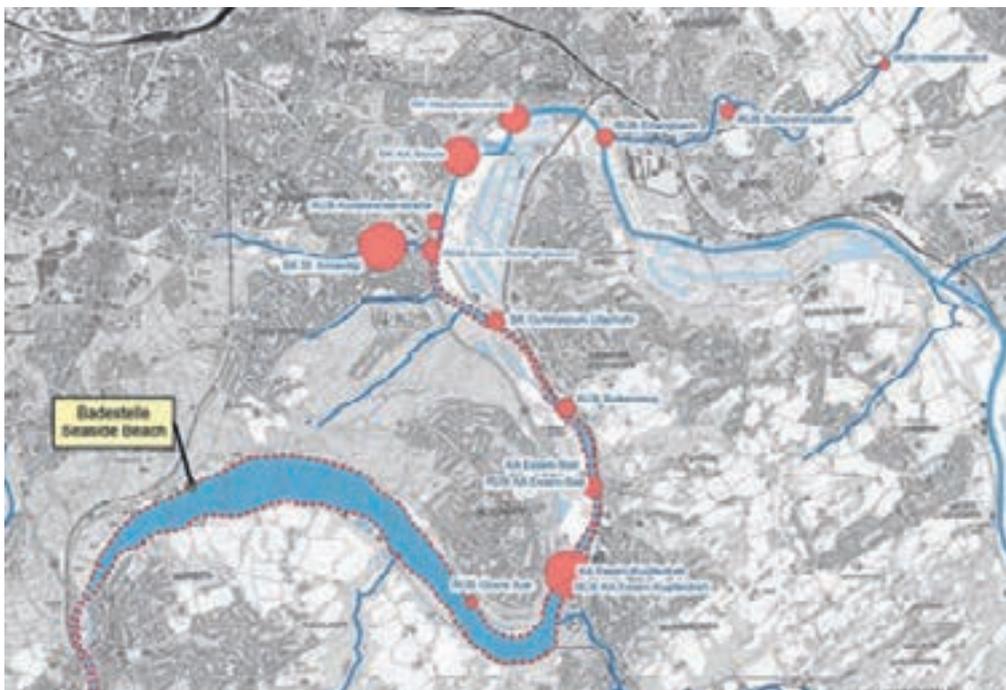


Bild 10.2: Übersichtskarte Baldeneysee mit Badestelle Seaside Beach und räumlicher Verteilung der *E. coli*-Frachteinträge [10.7]  
 Fig. 10.2: General map of Lake Baldeney with bathing area Seaside Beach and spatial distribution of *E. coli* loads [10.7]

Mit Hilfe der Eintragsmodellierungen wurden Jahresbilanzen der *E. coli*- sowie der Int. E.-Einträge aus der Siedlungsentwässerung erstellt. Die Ergebnisse der lokalen Emissionsschwerpunkte sind in Bild 10.2 dargestellt. Die Größe der Kreise ist direkt proportional zur eingeleiteten Fracht.

Die Menge an eingeleitetem gereinigtem Abwasser aus den Kläranlagen in die Ruhr ist um ein Vielfaches höher als die Mischwasserentlastungen. Die *E. coli*-Frachten zeigen jedoch ein anderes Bild. Die Frachten aus den Kläranlagen in die Ruhr sind im Verhältnis zu denen der Mischwasserentlastungen eher gering und tragen zu einer unkritischen Grundbelastung bei. Die kurzzeitigen Mischwasserentlastungen bestimmen somit maßgeblich die hygienische Qualität der Ruhr und müssen bei der Nutzung der Ruhr als Badegewässer unbedingt berücksichtigt werden. Eintragsmodelle können bei der Auswahl von Badestellen hilfreich sein, um die Einflüsse der Mischwasserentlastungen abschätzen zu können.

### Badesaisons 2017 bis 2020 am Seaside Beach

Die Badesaison 2017 startete mit einer konservativen Frühwarnstrategie, die bei Überschreitung eines über den Tag summierten Grenzniederschlags von 5 mm an einer der sechs im Untersuchungsgebiet liegenden Niederschlagsstationen die Badestelle sperrt. Dabei wird ein Bewertungszeitraum von drei Tagen einschließlich des Bewertungstags betrachtet. Die Freigabe der Flussbadestelle erfolgt erst nach mikrobiologischen Analysen, die eine Unterschreitung der Grenzwerte für *E. coli* und Int. E. nachweisen. Die endgültige Einstufung der hygienischen Situation wird während der Badesaison kontinuierlich durch das Essener Gesundheitsamt vorgenommen.

Bild 10.3 zeigt die Untersuchungsergebnisse für *E. coli* an der Badestelle Seaside Beach sowie die Badetage der Badesaisons 2017 bis 2020.

Der Grenzwert von 1.800 MPN/100 ml für *E. coli* wurde an insgesamt zehn Messtagen in der Badesaison 2017 überschritten. An zwei der Tage, an denen eine Überschreitung von *E. coli* festgestellt wurde, wurde auch der Grenzwert von Int. E. überschritten. Es gab keine Überschreitung des Grenzwertes von Int. E. von 700 MPN/100 ml ohne eine zeitgleiche Überschreitung von *E. coli*. Dies deckt sich mit den Ergebnissen der vorangegangenen Messkampagnen, die klar *E. coli* als Leitparameter für hygienische Verschmutzungen an der Badestelle definierten [10.8].

In der Badesaison 2017 durfte an 47 von 118 Tagen gebadet werden. Neun der zehn hygienischen Überschreitungen wurden durch das Frühwarnsystem korrekt prognostiziert. Eine anschließende Auswertung der hygienischen Daten ergab, dass die 5 mm/d Grenzniederschlag an einer der Niederschlagsstationen ein zu strenges Kriterium für die Sperrung der Badestelle bildet. Aus diesem Grund wurde für die Badesaison 2018 die Frühwarnstrategie nachgeschärft, ohne das Infektionsrisiko für die Badenden zu erhöhen. Eine parallele Auswer-

tung der Überlaufdaten der im Einzugsgebiet liegenden Mischwasserentlastungen zeigte, dass bei der Verwendung der Messdaten der Mischwasserentlastungsbauwerke als Kriterium für ein Frühwarnsystem keine größere Prognosesicherheit und -genauigkeit als bei Verwendung der Niederschlagsdaten erreicht werden kann. [10.9]

Für die Badesaison 2018 wurde die Frühwarnstrategie dahingehend modifiziert, dass der Grenzniederschlag, bei dem die Badestelle gesperrt wird, von 5 mm/d auf 7 mm/d erhöht wurde und dass dieser mindestens an drei der sechs Niederschlagsstationen überschritten werden muss. Dabei wird ein Bewertungszeitraum von drei Tagen einschließlich des Bewertungstags betrachtet. Zur Berücksichtigung eventuell auftretender kurzzeitiger und stark lokal begrenzter Starkniederschläge wurde ein zusätzliches Starkregenkriterium eingeführt. Dieses sperrt die Badestelle ab einer Tagesniederschlagssumme von 9 mm an einer der Niederschlagsstationen. Diese aktualisierte Frühwarnstrategie wurde im Frühwarnsystem umgesetzt und bereits in Badesaison 2018 angewendet. [10.10]

In der Badesaison 2018 wurden an vier Tagen Grenzwertüberschreitungen von *E. coli* und an drei Tagen von Int. E. gemessen. Bei zwei der Grenzwertüberschreitungen durch Int. E. wurde keine Grenzwertüberschreitung bei *E. coli* festgestellt, was eine Abweichung vom bisher beobachteten Systemverhalten darstellt. [10.8]

In der Badesaison 2018 durfte an 89 Tagen am Seaside Beach gebadet werden. Die Badesaison 2018 war jedoch insgesamt 17 Tage länger als die im Jahr 2017. Dessen ungeachtet konnte die Anpassung der Frühwarnstrategie im Jahr 2018 im Vergleich zum Frühwarnsystem des Vorjahres 20 zusätzliche Badetage generieren. Zwei hygienische Überschreitungen konnten durch das Frühwarnsystem nicht prognostiziert werden. Eine dieser Überschreitungen trat nach einer Trockenwetterperiode von 29 Tagen auf, so dass die Vermutung eines nicht mischwasserbürtigen Ursprungs naheliegt. Eine mögliche Ursache könnte eine lokale Verschmutzung durch Wasservogelkot darstellen [10.8].

[10.7] Schönfeld, A.; Schneider, Y. (Hrsg.) (2019): Hygienisch relevante Mikroorganismen und Krankheitserreger in multifunktionalen Gewässern und Wasserkreisläufen – Nachhaltiges Management unterschiedlicher Gewässertypen Deutschlands Fallstudie Ruhr, BMBF-Forschungsprojekt FLÜSSHYGIENE (02WRS1278A)

[10.8] Schönfeld, A.; Mälzer, H.-J.; Schneider, Y.; Bachmann-Machnik, A. (2019): Frühwarnsystem zur Bewirtschaftung von Badestellen in Fließgewässern. In: 52. Essener Tagung für Wasserwirtschaft. Aachen, 20.-22.03.2019.

[10.9] Ruhrverband (Hrsg.) (2017): Baden in der Ruhr – Entwicklung der hygienischen Beschaffenheit der Ruhr. In: Ruhr Gütebericht 2017, Essen, S. 107 – 115

[10.10] Bachmann-Machnik, A., Dittmer, U. (2018): Schlussbericht zum Projekt Baden in der Ruhr, Ruhrverband - internes Dokument

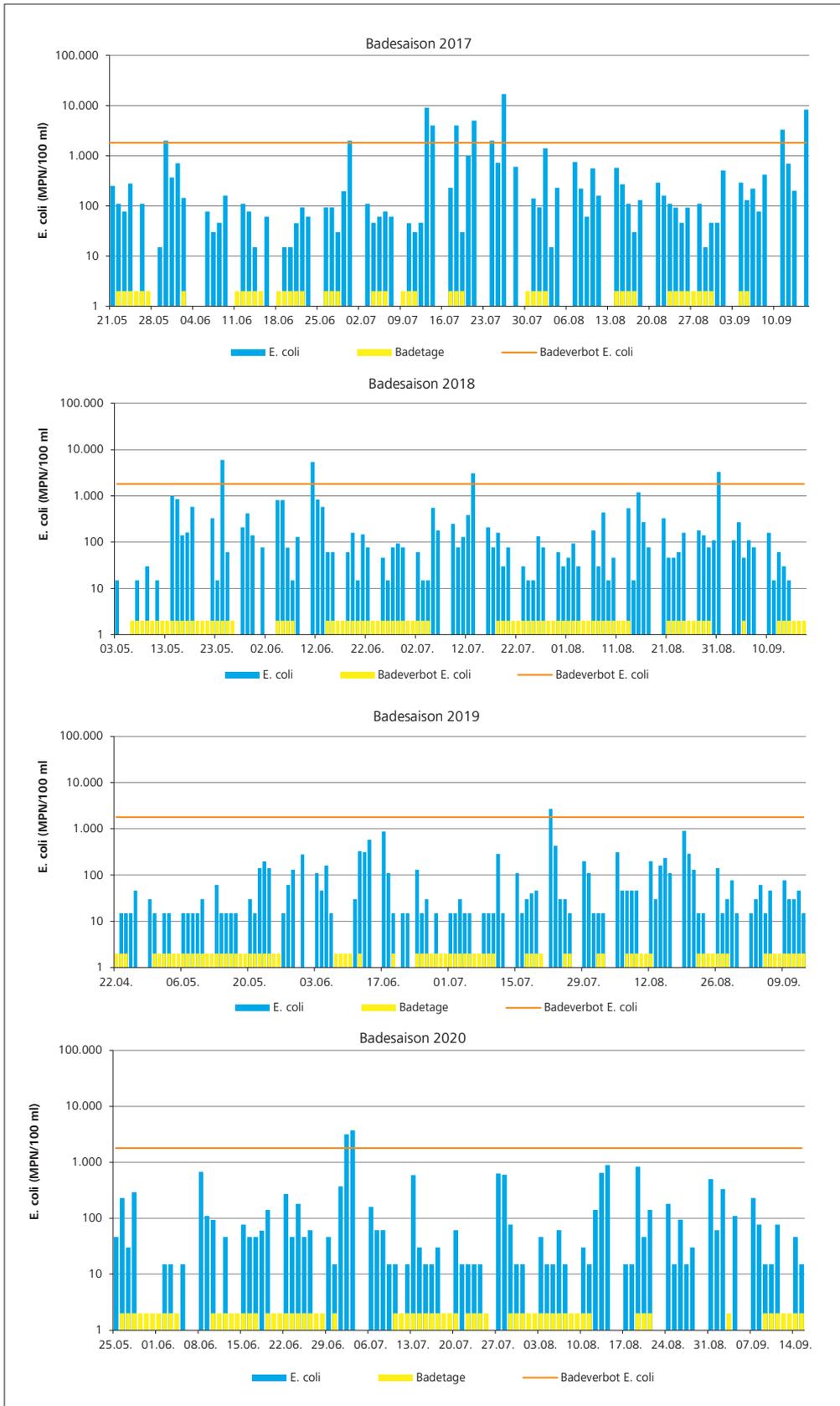


Bild 10.3: E. coli-Konzentrationen und Badetage der Badesaisons 2017 bis 2020 an der Badestelle Seaside Beach

Fig. 10.3: E. coli concentrations and bathing days of the bathing seasons from 2017 to 2020 at the Seaside Beach bathing site.

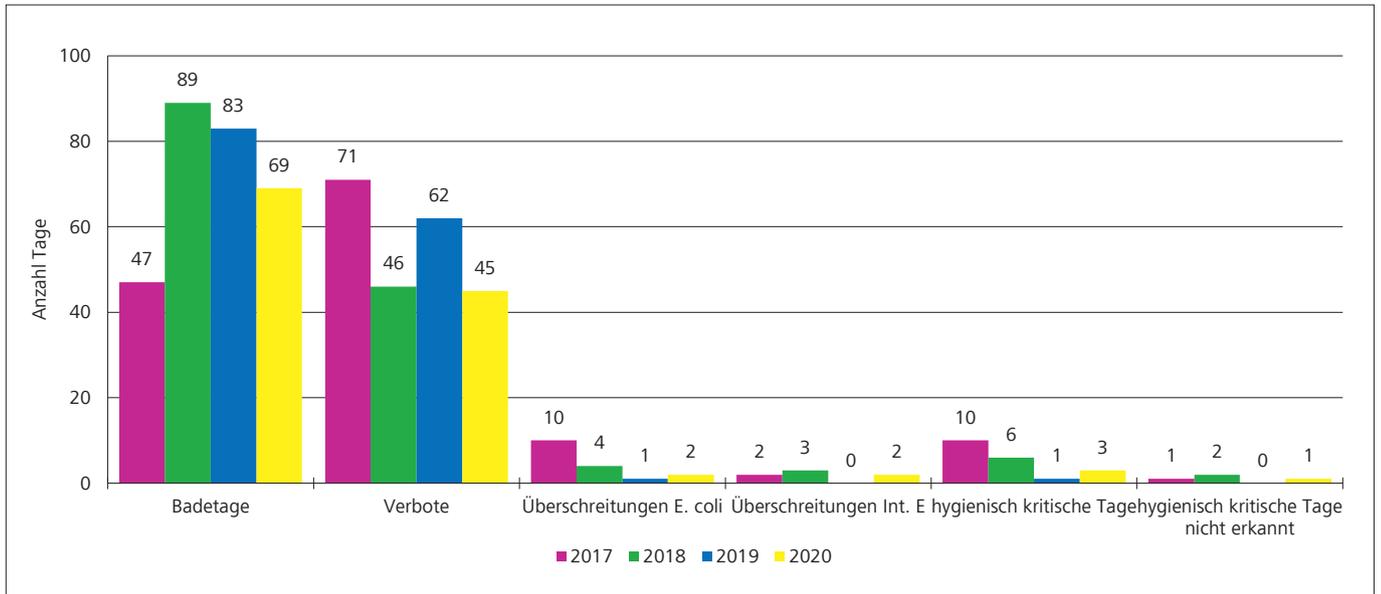


Bild 10.4: Zusammenfassende Darstellung der Badesaisons 2017 bis 2020 an der Badestelle Seaside Beach  
 Fig. 10.4: Summary of the bathing seasons from 2017 to 2020 at the Seaside Beach bathing area.

In den Badesaisons 2019 und 2020 wurde die Frühwarnstrategie aus dem Jahr 2018 nicht weiter modifiziert. Im Jahr 2019 war das Baden an 83 der 129 Tage andauernden Badesaison erlaubt. Es wurde eine Überschreitung des Grenzwertes von *E. coli* gemessen, die auch korrekt durch das Frühwarnsystem prognostiziert wurde.

Im Jahr 2020 durfte an 69 Tagen an der Badestelle Seaside Beach gebadet werden. Aufgrund der durch Sars-CoV-2 ausgelösten Pandemie verzögerte sich der Start der Badesaison auf Mitte Mai 2020. Der anschließende Betrieb erfuhr keine Einschränkungen durch die Pandemie. Die Sperrtage in der Badesaison 2020 basieren auf den Badeverboten aus dem Frühwarnsystem und auf den methodisch bedingten Verzögerungen der Freimessungen. An insgesamt drei Tagen wurde bei der Probenahme eine Überschreitung der hygienischen Grenzwerte festgestellt. An einer der drei Überschreitungstage wurde dabei ausschließlich ein erhöhter Grenzwert von Int. E. coli gemessen, was wie bereits in der Badesaison 2018 die Vermutung einer anderen lokalen Verschmutzungsquelle nahelegt. Die beiden hygienischen Überschreitungen von *E. coli* konnten durch das Frühwarnsystem korrekt vorhergesagt werden.

Die Badetage und -verbote sowie die hygienischen Überschreitungen der Badesaisons 2017 bis 2020 sind zusammenfassend in Bild 10.4 dargestellt. Die deutliche Erhöhung der Anzahl der Badetage durch die Anpassung der Frühwarnstrategie im Jahr 2018 ist gut erkennbar. Lag der Anteil der Badeverbote an den Tagen der Badesaison 2017 noch bei 60 %, konnte er in den folgenden Jahren auf 34 bis 43 % reduziert werden. Mit in den Jahren 2017 bis 2020 nur insgesamt vier durch das Früh-

warnsystem nicht erkannten hygienischen Überschreitungen, von denen zwei vermutlich nicht mischwasserbürtig und somit nicht prognosefähig waren, ermöglicht das Frühwarnsystem ein hygienisch sicheres Baden im Baldeneyesee an der Badestelle Seaside Beach. Eine genaue Analyse der Badeverbots-tage zeigt auch, dass einige Sperrtage durch die methodisch bedingte Verzögerung der mikrobiologischen Freigabeuntersuchung verursacht werden. Diese Freimessungen nach einem Badeverbot führen zu mindestens zwei (an Sonn- und Feiertagen drei) Tagen Verzug, bis potenziell eine Freigabe wieder möglich ist. Daher bleibt ein gewisser Anteil an Badeverbotstagen durch die Freimessung unumgänglich.

Die jährliche Datenauswertung der vorangegangenen Badesaisons hat gezeigt, dass auf das in der Badesaison 2018 eingeführte Starkregenkriterium in Zukunft voraussichtlich verzichtet werden kann. In den letzten Jahren konnte die Prognosegenauigkeit des Frühwarnsystems durch das Starkregenkriterium nicht erhöht werden. Zur Erhöhung der Ausfallsicherheit des Systems werden derzeit Untersuchungen zur Eignung von Regenradar-daten als zusätzliche Datenquelle für das Frühwarnsystem durchgeführt.

### Badegewässerqualität (\*)

Die Badegewässerqualität wird anhand einer statistischen Auswertung der hygienischen Messergebnisse über den Zeitraum von vier Jahren ermittelt. Dabei sind innerhalb der Badesaison (in der Regel zwischen dem 15. Mai und 15. September, jedoch sind auch Abweichungen möglich) unmittelbar vor dem Start der Badesaison sowie im Abstand von einem Monat in-

Tabelle 10.1: Anforderungen an die Badegewässerqualität für Binnengewässer nach Badegewässerverordnung NRW

Table 10.1: Bathing water quality requirements for inland waters according to the NRW bathing water ordinance

Parameter	Ausgezeichnete Qualität	Gute Qualität	Ausreichende Qualität
Intestinale Enterokokken in KBE/100ml	200*	400*	330**
<i>E. coli</i> in KBE/100ml	500*	1000*	900**

\* auf der Grundlage einer 95-Perzentil-Bewertung

\*\* auf der Grundlage einer 90-Perzentil-Bewertung

nerhalb der Badesaison an zuvor festgelegten Terminen Wasserproben zu entnehmen und auf die Indikatorparameter zu analysieren. Für die Bewertung der Badegewässerqualität werden ausschließlich diese Proben aus dem gemeldeten Probestplan herangezogen. Von den im Zeitraum von vier Badesaisons ermittelten Konzentrationen (mindestens 16 Messwerte) werden die 90- und 95-Perzentile gebildet, wobei davon ausgegangen wird, dass die Konzentrationen von *E. coli* und Intestinalen Enterokokken log-normalverteilt vorliegen. Die Einstufung der Badegewässerqualität nach Badegewässerverordnung ist in Tabelle 10.1 aufgeführt.

Werden Werte für eine ausreichende Qualität nicht erreicht, wird das Badegewässer als „mangelhaft“ eingestuft. Ende des Jahres 2020 wurde die Badewasserqualität der Badestelle Seaside Beach von der zuständigen Behörde, in diesem Fall von dem Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz Nordrhein-Westfalen (LANUV NRW), bewertet und diese Flussbadestelle als „gut“ eingestuft. Somit haben sich die Anstrengungen der letzten Jahre gelohnt. Aus einem ehemals stark belasteten Gewässer in einer dicht besiedelten Industrieregion ist wieder ein Erholungsraum für die Menschen geworden. Unter Anwendung des Frühwarnsystems, das vor kurzzeitigen hygienischen Verschmutzungen an der Badestelle warnt, ist hier erstmals nach einigen Jahrzehnten wieder ein hygienisch sicheres Baden bei guter Badegewässerqualität in der Ruhr möglich.

### Untersuchung der Badestelle auf antibiotikaresistente Bakterien

Während der Nachweis von *E. coli* und Int. E. im Oberflächenwasser für die Bewertung eines Badegewässers obligatorisch ist, werden Untersuchungen auf antibiotikaresistente Bakterien (ARB) weder durch rechtliche Vorgaben gefordert noch in der Routineuntersuchung durchgeführt; gleiches gilt auch für die Untersuchung von Biofilmen. In Gewässern bilden sich natürlicherweise Biofilme als Lebensgemeinschaften von Umweltmikroorganismen (überwiegend Bakterien, aber auch Algen, Protozoen und Pilze) auf wasserbedeckten Oberflächen wie zum Beispiel auf Steinen (epilithische Biofilme) und in Sedimenten. Über Kläranlageneinleitungen oder Mischwasserentlastungen kann ein Eintrag von pathogenen Mikroorganismen fäkaler Herkunft und von ARB erfolgen, welche sich im Gewässer in Biofilme einnisten und dort temporär überleben können. Das Vorkommen von Fäkalindikatoren (*E. coli*, Int. E.) in epilithischen Biofilmen und Sedimenten in der Ruhr wurde bereits beschrieben [10.11;10.12]. Biofilme können zusätzlich auch ein potenzielles Reservoir für ARB darstellen [10.13]. Neben Infektionen mit ARB in Krankenhäusern kann das Vorkommen von ARB auch in natürlichen aquatischen Ökosystemen eine mögliche Infektionsquelle und Gesundheitsgefährdung darstellen, insbesondere für immunsupprimierte oder -defiziente Badende [10.14;10.15]. Während bereits Daten über ARB an ausgewählten Badegewässern vorliegen [10.16;10.17], waren weitergehende Erkenntnisse über ihr Vorkommen im Wasser und in Biofilmen an der Flussbadestelle Seaside Beach bisher nicht vorhanden.

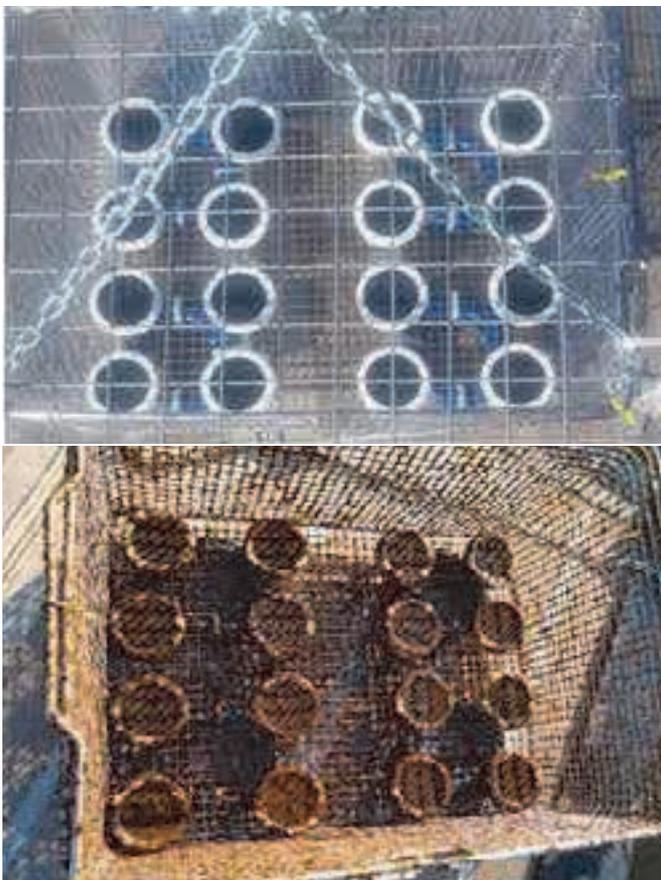


Bild 10.5: Versuchsaufbau für die Beprobung von Biofilmen mittels Chemcatcher® Passivsammler

Fig. 10.5: Experimental setup for biofilm sampling using Chemcatcher® passive samplers.



Bild 10.6: CHROM-Agar ESBL (Fa. Mast) bewachsen mit präsumtiv ESBL-produzierenden *E. coli*-, KEC-Kolonien und nicht chromogener Begleitflora (*E. coli*, dunkel pinkfarben bis rötlich Kolonien; *Klebsiella*, *Enterobacter*, *Citrobacter* spp. (KEC), metallisch blaue Kolonien mit teilweise rotem Hof)

Fig. 10.6: CHROM agar ESBL (Fa. Mast) overgrown with presumptive ESBL-producing *E. coli*, KEC colonies and non-chromogenic accompanying flora (*E. coli*, dark pink to reddish colonies; *Klebsiella*, *Enterobacter*, *Citrobacter* spp. (KEC), metallic blue colonies with partial red halo).

Zur Klärung des Vorkommens von ARB im Badegewässer und in Badegewässer assoziierten Biofilmen der Flussbadestelle Seaside Beach sowie zur Charakterisierung ausgewählter Gruppen von ARB-Isolaten wurde im Jahr 2020 eine Masterarbeit an der Universität Duisburg-Essen [10.18] zu diesem Thema angefertigt, deren Untersuchungen in Kooperation mit dem LANUV NRW durchgeführt wurden. Während der Badesaison erfolgte achtmal eine 14-tägige Untersuchung von Wasserproben und Biofilmpollen, wobei an keinem Probenahmetag ein theoretisches Badeverbot nach den Kriterien des Frühwarnsystems vorlag. Da es schwierig ist, repräsentative Biofilmpollen über einen Zeitraum von mehreren Monaten an der gleichen Probenahmestelle des Oberflächengewässers zu erhalten, wurde ein künstliches Biofilmgewinnungssystem entwickelt. Für eine reproduzierbare Probengewinnung wurde ein Chemcatcher® Passivsammler eingesetzt [Bild 10.5]. Parallel wurden in situ vorhandene Biofilme in ufernahen Sedimenten untersucht.

Die Passivsammler wurden am Ende eines Schwimmstegs in einer Wassertiefe von 1 m in den Baldeneysee eingebracht. Nach zwei, vier, sechs und acht Wochen Expositionszeit erfolgte die Entnahme der Sammler und die Untersuchung der darauf befindlichen Biofilme sowie der parallel dazu entnommenen Wasserproben. Aus dem Bereich der wasserumspülten Böschung des Ufers am Seaside Beach, die durch größere Steine befestigt wird, wurde zusätzlich sandiges Sediment in

einer Wassertiefe von ca. 20 cm mit einer sterilen Pipette entnommen. Alle Proben wurden sowohl auf die Indikatororganismen *E. coli* und Int. E. als auch auf coliforme Bakterien, *Acinetobacter baumannii*-Gruppe, Gesamtzellzahl und ausgewählte medizinisch relevante gramnegative ARB (*E. coli*, *Klebsiella* spp., *Enterobacter* spp., *Citrobacter* spp.) mittels chromogener antibiotikahaltiger Nährmedien untersucht (Bild 10.6) [modifizierte Methode nach HyReKA; 10.16]. Die Charakterisierung der Antibiotikaresistenzen von Bakterienisolaten fokussierte sich aufgrund der steigenden Bedeutung im Zusammenhang mit nosokomialen Infektionen und Antibiotikaresistenzen auf den Nachweis von Isolaten mit der Bildung von Enzymen (extended spectrum  $\beta$ -Laktamasen, ESBL; Carbapenemasen), die erweiterte Resistenzen gegenüber  $\beta$ -Laktam-Antibiotika bewirken können.

Zusätzlich wurden die isolierten gramnegativen ARB bezüglich möglicher Multiresistenzen unter dem Gesichtspunkt deren klinischer Relevanz beurteilt [10.19; 10.20]. Als klinisch relevant wird vor allem der Verlust von mehr als zwei von vier möglichen Antibiotikagruppen (Acylureidopenicilline, 3./4. Generations-Cephalosporine, Carbapeneme und Fluorchinolone) für die Therapie angesehen. Daraus ergeben sich gemäß einer Empfehlung der Kommission für Krankenhaushygiene und In-

- [10.11] Balzer, M., Witt, N., Flemming, H.-C., Wingender, J. (2010). Faecal indicator bacteria in river biofilms. *Water Sci. Technol.* 61, 1105-1111.
- [10.12] Mackowiak, M., Leifels, M., Hamza, I. A., Jurzik, L., Wingender, J. (2018). Distribution of *Escherichia coli*, coliphages and enteric viruses in water, epilithic biofilms and sediments of an urban river in Germany. *Sci. Total Environ.* 626, 650-659.
- [10.13] Balcázar, J. L., Subirats, J., and Borrego, C. M. (2015). The role of biofilms as environmental reservoirs of antibiotic resistance. *Front. Microbiol.*, 6:1216.
- [10.14] Döhla, M., Sib, E., Dericks, B., Grobe, S., Behringer, K., Frechen, M., Simon, K., Färber, H., Lenz, F., Parcina, M., Skutlarek, D., Voigt, A., Felder, C., Exner, M., und Schmithausen, R. M. (2019). Assessment of the prevalence of antibiotic-resistant bacteria and the concentration of antibiotics in EU bathing waters in western Germany. *Expos. Health.*, 12(2):323-334.
- [10.15] Exner, M., Schmithausen, R., Schreiber, C., Bierbaum, G., Parcina, M., Engelhart, S., Kistemann, T., Sib, E., Walger, P., and Schwartz Thomas (2018). Zum Vorkommen und zur vorläufigen hygienisch-medizinischen Bewertung von Antibiotika-resistenten Bakterien mit humanmedizinischer Bedeutung in Gewässern, Abwässern, Badegewässern sowie zu möglichen Konsequenzen für die Trinkwasserversorgung. *Hyg. Med.* 43(5):D46-D54.
- [10.16] Exner, M.; Schwartz, T.; Schmithausen, R. (2020): HyReKaA Methodenkompendium der Laboranalytik Antibiotikaresistenter Krankheitserreger aus klinischen, landwirtschaftlichen und kommunalen Abwässern; Bonn, Karlsruhe, Dresden.
- [10.17] Leonard, A. F., Zhang, L., Balfour, A. J., Garside, R., Hawkey, P. M., Murray, A. K., Ukoumunne, O. C., and Gaze, W. H. (2018). Exposure to and colonisation by antibiotic-resistant *E. coli* in UK coastal water users: Environmental surveillance, exposure assessment, and epidemiological study (Beach Bum Survey). *Environ. Int.*, 114:326-333.
- [10.18] Stach, T.L. (2020): Occurrence of antibiotic-resistant gram-negative bacteria in sediments and epilithic biofilms of a recreational water. Masterarbeit Universität Duisburg-Essen

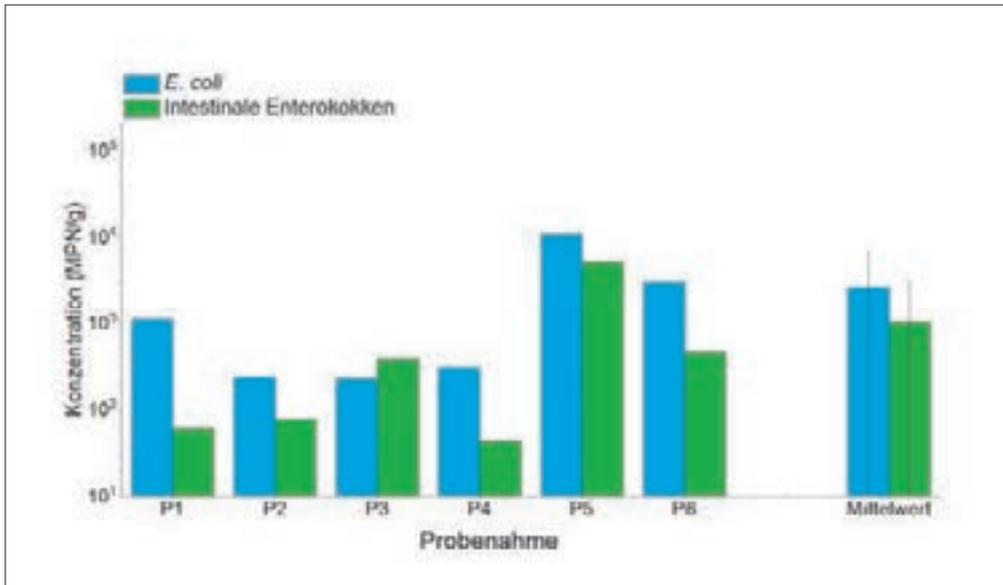


Bild 10.7: Konzentration von *E. coli* und intestinalen Enterokokken in Sedimentproben (n=6).

Fig. 10.7: Concentration of *E. coli* and intestinal enterococci in sediment samples (n=6).

fektionsprävention (KRINKO) die Klassifizierungen von 3MRGN (Multiresistente gramnegative Bakterien) bei einer Resistenz gegen drei der vier Antibiotikagruppen, sowie 4MRGN bei Resistenz gegen vier der vier Antibiotikagruppen [10.19; 10.20].

Die Untersuchung der Wasserphase erfolgte während des Untersuchungszeitraums an acht Probenahmetagen nach den Vorgaben der EU-Badegewässerrichtlinie. Bedingt durch das trockene Wetter wurden für *E. coli* fünfmal Werte unterhalb der Nachweisgrenze des Verfahrens (15 MPN/100 ml) ermittelt. Bei den übrigen drei Messungen lagen die Werte mit 15, 15 und 230 MPN/100 ml in einem niedrigen Konzentrationsbereich. Int. E. wurden nur einmal mit einer sehr geringen Konzentration von 15 MPN/100 ml nachgewiesen. Diese Befunde würden bei einer Betrachtung der Badegewässerqualität zu einer Bewertung mit ausgezeichneter Qualität führen.

In den Wasserproben waren bei fünf der acht Probenahmen keine ESBL- oder Carbapenemase-bildenden ARB nachweisbar (Nachweisgrenze < 1 Kolonie-bildende Einheit/100 ml Wasserprobe). Bei den restlichen drei Probenahmen wurden jeweils zweimal sehr niedrige Konzentrationen von 1 KBE/100 ml und einmal von 4 KBE/100 ml in der Wasserprobe gefunden. Hierbei handelte es sich um ESBL-bildende Bakterien der Art *E. coli* und *Klebsiella pneumoniae*, die in allen Fällen als 3MRGN klassifiziert wurden. Es handelte sich also um Isolate, bei denen eine Resistenz gegen drei der vier Antibiotikagruppen nach der KRINKO-Empfehlung [10.19; 10.20] vorlag. Es wurden in keinem Fall 4MRGN Isolate mit den verwendeten Methoden nachgewiesen.

Die Passivsammler wiesen bereits nach zweiwöchiger Exposition makroskopisch sichtbare flächendeckende Biofilme mit einer mittleren Gesamtzellzahl von ca.  $1,5 \times 10^8$  Zellen/cm<sup>2</sup> auf, sodass sie als Modell für einen oberflächenwasserbeeinflussten Biofilm herangezogen werden konnten. Eine verlängerte Expositionszeit führte nicht mehr zu einer Zunahme der Gesamtzellzahl. In den Biofilmproben wurden *E. coli*-Konzentrationen bis zu  $3,6 \times 10^2$  MPN/cm<sup>2</sup> und Konzentrationen an coliformen Bakterien bis zu  $8,9 \times 10^3$  MPN/cm<sup>2</sup> nachgewiesen. Int. E. spielten nur eine untergeordnete Rolle, da nur bei drei Probenahmen geringe Konzentrationen (3,5 - 6,9 MPN/cm<sup>2</sup>) gefunden wurden. Der Nachweis von ARB gelang nur einmal in einem zwei Wochen alten Biofilm, wobei hier ein 3MRGN ESBL-bildendes *Citrobacter freundii*-Isolat bestimmt wurde. Dagegen wiesen alle Proben aus dem Sediment neben coliformen Bakterien die fäkalen Indikatororganismen *E. coli* und Int. E. auf (Bild 10.7).

Zusätzlich wurden in den Sedimenten vereinzelt bei drei der sechs Probenahmen in Gesamtheit sechs ESBL-bildende ARB nachgewiesen, wobei es sich in mehr als 80 % der Fälle um *E. coli*-Isolate handelte. Nur drei der sechs ARB wiesen eine 3MRGN Klassifizierung auf. Es wurden in keinem Fall 4MRGN Isolate mit den verwendeten Methoden nachgewiesen.

Bakterien der *Acinetobacter baumannii*-Gruppe wurden zwar vereinzelt gefunden, diese wiesen jedoch ohne Ausnahme keine Multiresistenz entsprechend KRINKO-Empfehlung [10.19; 10.20] auf.

Zusammengefasst kann festgestellt werden, dass ARB in der Badesaison 2020 sowohl in der Wasserphase als auch in den oberflächengebundenen Biofilmen und Sedimenten nur in Einzelfällen nachgewiesen wurden.

Die in der Masterarbeit gezeigten geringen Konzentration an ARB in der Wasserphase bestätigen die Arbeiten von Döhla et al. [10.14] und LANUV [10.21], die für Badegewässer – inklusive dem Seaside Beach/Baldeneysee – ebenfalls nur geringe Belastungen mit ARB und Antibiotikaresistenzgenen zeigten. Aufgrund der in beiden Studien berichteten Ergebnisse kann davon ausgegangen werden, dass für Badende ohne erhöhte Vulnerabilität, bei intakter Haut und ohne akute Antibiotika-Verwendung sowie unter Beachtung der allgemeinen Regeln der Hygiene keine erhöhte Gesundheitsgefährdung durch die in dieser Untersuchung berücksichtigten ARB besteht [10.14; 10.15].

Erweiterte erstmalige Untersuchungen in Biofilmen und Sedimenten am Seaside Beach zeigten zusätzlich, dass die Befundhäufigkeit bezüglich der untersuchten ARB an Probenahmetagen ohne Badeverbot als selten eingestuft werden kann. Daher scheinen die Biofilme und Sedimente mindestens nach längeren Trockenwetterzeiten ohne Abwasser- oder Mischwasserentlastungsereignissen kein ausgeprägtes Reservoir für ARB darzustellen.

Die hier dargestellten Ergebnisse beziehen sich bisher nur auf eine Messreihe über eine Badesaison. Eine mehrjährige Betrachtung könnte die gezeigten Befunde gegebenenfalls bestätigen und weitergehende Erkenntnisse als Grundlage zur mikrobiologisch-hygienischen Bewertung von ARB in Biofilmen und Sedimenten des Badegewässers liefern.

**(\*) Danksagung: Die Arbeiten zur Untersuchung antibiotikaresistenter Bakterien an der Badestelle Seaside Beach wurden im Rahmen der Masterarbeit von Tom Lennard Stach an der Universität Duisburg-Essen in Kooperation mit dem LANUV durchgeführt. Der Ruhrverband dankt Tom Lennard Stach sowie Dr. Susanne Grobe (LANUV) und Dr. Jost Wingender (Uni Duisburg-Essen) für die AutorInnenschaft des auf Seite 129 beginnenden zweiten Teils des Kapitels.**

[10.19] KRINKO (2012): Hygienemaßnahmen bei Infektionen oder Besiedlung mit multiresistenten Gramnegativen Stäbchen. Bundesgesundheitsbl. 55: 1311-1354. DOI 10.1007/s00103-012-1549-5

[10.20] KRINKO (2019): Ergänzung zur Empfehlung der KRINKO „Hygienemaßnahmen bei Infektionen oder Besiedlung mit multiresistenten gramnegativen Stäbchen“ (2012) im Zusammenhang mit der von EUCAST neu definierten Kategorie „I“ bei der Antibiotika-Resistenzbestimmung: Konsequenzen für die Definition von MRGN. Epid Bull 9: 82–83 | DOI 10.25646/5916.

[10.21] LANUV (2019): LANUV-Fachbericht 93; Badegewässer-Screening – Untersuchung ausgewählter Badegewässer in Nordrhein-Westfalen auf antibiotikaresistente Bakterien und Antibiotikarückstände. Recklinghausen, ISSN 1864-3930 (Print), 2197-7690 (Internet)

---

## 11 Polare Substanzen in der Ruhr

---

In den letzten Jahrzehnten wurde eine Vielzahl unterschiedlicher organischer Spurenstoffe in Oberflächengewässern nachgewiesen. Bedingt durch die technisch zur Verfügung stehenden Analyseverfahren handelte es sich dabei überwiegend um unpolare bis wenig polare Verbindungen. Aufgrund von Weiterentwicklungen bestehender sowie neu entwickelter Analyseverfahren konnten in den letzten Jahren vermehrt Substanzen aus dem (sehr) polaren Bereich in die Routineanalytik integriert werden. Bei ihnen handelt es sich zumeist um kleine, polare und vielfach persistente Verbindungen, die in der Literatur häufig als PMOC (persistent mobile organic compounds) bezeichnet werden. Aufgrund ihrer Eigenschaften und den damit möglicherweise verbundenen Risiken, z. B. für das Trinkwasser und die aquatische Umwelt, befasst sich das Kooperationslabor seit mehreren Jahren mit dieser Substanzklasse.

Die Polarität eines Stoffes ist eine zentrale Eigenschaft und nimmt auf vielfältige Weise Einfluss auf das Verhalten der Substanz. Sie entscheidet unter anderem, wie hydrophil (wasserliebend) oder lipophil (fettliebend) eine Verbindung ist. Diese Eigenschaft ist von großer Bedeutung zur Beurteilung der Gefahren für die Umwelt, die von einer Substanz ausgehen könnte. So ist eine hohe Lipophilie ein Anzeichen dafür, dass sich die Stoffe gut im Fettgewebe von Tieren und Menschen lösen und sich somit über die Nahrungskette dort anreichern können. Es findet eine Bioakkumulation statt. Ein Beispiel für eine bioakkumulierende Substanzgruppe sind unter anderem die polychlorierten Biphenyle (PCB).

Ein Maß, welches das Verhältnis zwischen Hydrophilie und Lipophilie beschreibt, ist der Octanol-Wasser-Verteilungskoeffizient ( $K_{OW}$ ). Zur vereinfachten Darstellung wird zumeist der logarithmierte Wert  $\log K_{OW}$  angegeben, bei dem Werte  $> 0$  eine Lipophilie und Werte  $< 0$  eine Hydrophilie anzeigen. Oberhalb eines  $\log K_{OW}$  von 4,5 wird von einer Bioakkumulation des Stoffes ausgegangen. Für PCB 180 beispielsweise beträgt der  $\log K_{OW}$  7,36.

Von polaren Stoffen geht nicht die Gefahr der Bioakkumulation aus. Stattdessen ist ihre hohe Wasserlöslichkeit das Problem, welche dazu führt, dass diese Substanzen nur sehr schwer aus dem Wasser entfernt werden können. In Kombination mit der Persistenz in der Umwelt führt dies dazu, dass ein Eintrag ins Trinkwasser möglich wird. Dieses wird durch verschiedene Barrieren vor dem Eintritt unerwünschter Substanzen geschützt. So werden viele im Oberflächenwasser befindliche Substanzen bereits durch natürliche Barrieren, wie z. B. die Uferpassage, die ein Teil der klassischen Wassergewinnung an der Ruhr ist, zurückgehalten. Polare Substanzen werden allerdings durch solche Prozesse nicht oder nur in sehr geringem Maße aus dem Wasser entfernt. Um solchen und möglichen weiteren Verbindungen bei der Trinkwassergewinnung dennoch optimal entgegnetreten zu können, wurde im Jahr

2016 beschlossen, die bisherige naturnahe Wasseraufbereitung an der Ruhr aus Vorsorgegründen um zusätzliche technische Verfahrensschritte (u. a. Ozonung, Mehrschichtfiltration, Aktivkohle-Filtration) zu ergänzen [11.1]. Eine vollständige Entfernung aller Spurenstoffe ist zwar nicht sicher zu gewährleisten, die möglicherweise verbleibenden Konzentrationen sind aber so gering, dass selbst bei lebenslangem Genuss keine negativen Auswirkungen zu erwarten sind.

Die Risiken für das Trinkwasser, die von Stoffen mit einer Kombination der intrinsischen Stoffeigenschaften Persistenz, Mobilität sowie Toxizität ausgehen, sind bereits seit längerem bekannt und werden intensiv diskutiert [11.2, 11.3]. So förderte das Umweltbundesamt (UBA) bereits seit 2010 Forschungsprojekte zur Identifizierung von Substanzen mit solchen Eigenschaften sowie zur Erarbeitung von Kriterien für deren Einstufung. Im Rahmen von öffentlichen Konsultationen wurden so PMT (Persistenz, Mobilität, Toxizität) und vPvM-Kriterien ( $v \triangleq$  sehr) sowie Leitlinien für deren Bewertung unter REACH erarbeitet. Derzeit laufen Bestrebungen auf EU-Ebene, PMT- und vPvM-Substanzen unter REACH zu regulieren, um einen Eintrag in die Umwelt zu verhindern und so Probleme bei der Trinkwasseraufbereitung erst gar nicht entstehen zu lassen.

Im Prozess der Kriterienentwicklung zeigte sich, dass zur Beschreibung der Mobilität eines Stoffes am besten der Verteilungskoeffizient zwischen organischem Kohlenstoff und Wasser ( $K_{OC}$ ) geeignet ist. Vereinfacht ausgedrückt beschreibt der  $K_{OC}$ , ob sich ein Stoff eher im Boden oder im Wasser aufhält. Daher ist er ein gutes Maß für die Mobilität im Untergrund. Als Klassifizierungsgrenze wird für die Einstufung als *mobil* ein  $\log K_{OC} \leq 4$  und für die Einstufung als *sehr mobil* ein  $\log K_{OC} \leq 3$  angesetzt.

Die Analytik von Spurenstoffen erfolgt im Kooperationslabor bevorzugt unter der Verwendung sogenannter Multimethoden. Dabei handelt es sich um Methoden, bei denen mit einer Probenvorbereitung und anschließender Messung eine Vielzahl von Substanzen in einer Wasserprobe bestimmt werden können. Die Anzahl gleichzeitig bestimmter Verbindungen ist dabei sehr unterschiedlich und reicht derzeit bis zu ca. 70 Analyten. Bei der Etablierung neuer Substanzen werden diese im besten Falle in bestehende Multimethoden integriert, wodurch der Aufwand für die Probenvorbereitung sowie die Messung gleichbleibt und sich lediglich der Auswerteaufwand etwas erhöht. Im Gegensatz zu vielen vergleichsweise unpolaren und mäßig polaren Substanzen können sehr polare Verbindungen aufgrund von methodischen Gegebenheiten oft nicht in bestehende Analysemethoden des Kooperationslabors integriert werden. Stattdessen ist oftmals eine Einzelstoffanalytik notwendig, was sich in einem hohen zusätzlichen Zeitbedarf für Analysegeräte sowie bei der Bearbeitung niederschlägt.

## Untersuchungsergebnisse ausgewählter polarer Substanzen

Im Folgenden werden Ergebnisse aus Untersuchungen der Ruhr für ausgewählte polare Substanzen vorgestellt. Eine Beschreibung weiterer unpolarer und polarer Verbindungen erfolgt in den Kapiteln 7 sowie 16 und 24.

Bei **Trifluoressigsäure (TFA)** handelt es sich um das Anion der Trifluoressigsäure. In der Umwelt liegt die Verbindung nahezu ausschließlich als Salz vor. Da es für TFA keine wirksamen chemischen und/oder biologischen Abbaupfade in der Umwelt gibt, akkumuliert es in dieser [11.4]. Trifluoressigsäure selbst ist eine bedeutsame Verbindung in der Industrie. Dort wird es unter anderem als Lösungsmittel, Ausgangsstoff für die Synthese sowie als Reagenz in der Peptidsynthese verwendet. Zudem ist TFA ein mögliches Abbauprodukt von nahezu allen Verbindungen, die eine Trifluormethyl ( $CF_3$ )-Gruppe enthalten. Dazu zählen unter anderem Medikamente wie Sitagliptin und Pflanzenschutzmittel wie Flufenacet. Je nach Verwendung der Ausgangssubstanz erfolgt der Eintrag von TFA in die Umwelt entweder über Kläranlagen oder diffus über Abschwemmungen von Ackerflächen. Ein weiterer Eintrag von TFA in Oberflächengewässer erfolgt über die Atmosphäre, in der es als Abbauprodukt von modernen Kältemitteln gebildet und vom Regen ausgewaschen wird [11.5].

In Deutschland ist das ubiquitäre Vorkommen von TFA bereits seit den 1990er Jahren bekannt. Im Jahr 2016 wurde im Neckar jedoch eine Belastung von 100  $\mu\text{g/l}$  TFA festgestellt, welche bei weiteren Untersuchungen auf eine Punktquelle, einen Produzenten von Trifluoressigsäure, zurückgeführt werden konnte. Neben Oberflächengewässern wurden auch Trinkwasserproben analysiert und Befunde im Bereich von 10 - 20  $\mu\text{g/l}$  festgestellt. Im Laufe der Ursachenermittlung wurden in Oberflächengewässern aus anderen Regionen Deutschlands ebenfalls Werte im einstelligen  $\mu\text{g/l}$ -Bereich ermittelt. Aufgrund dieser Ergebnisse sowie der vielfältigen Eintragspfade empfahl die LAWA die Aufnahme von TFA in die Untersuchungsprogramme der Länder [11.6].

Eng mit der weiten Verbreitung sowie der oben beschriebenen Problematik ist die Entwicklung des für TFA verfügbaren Beurteilungswertes im Trinkwasser verknüpft. Im Jahr 2008 wurde erstmals durch das UBA ein Gesundheitlicher Orientierungswert (GOW) von 1  $\mu\text{g/l}$  erlassen. Im Jahr 2016 wurde dieser aufgrund neu vorgelegter Studien auf 3  $\mu\text{g/l}$  erhöht. Im Mai 2020 wurde vom UBA auf Grundlage von neuen toxikologischen Langzeitstudien schließlich ein Trinkwasserleitwert von 60  $\mu\text{g/l}$  erlassen, der den GOW ablöste. Gleichzeitig wurde aber darauf verwiesen, dass der allgemeine Schwellenwert für Pflanzenschutzmittel bei 10  $\mu\text{g/l}$  liegt und die Trinkwasserverordnung ein allgemeines Minimierungsgebot vorgibt. Aus diesen Gründen ist laut UBA im Trinkwasser dennoch ein TFA-Gehalt von unter 10  $\mu\text{g/l}$  anzustreben [11.7].

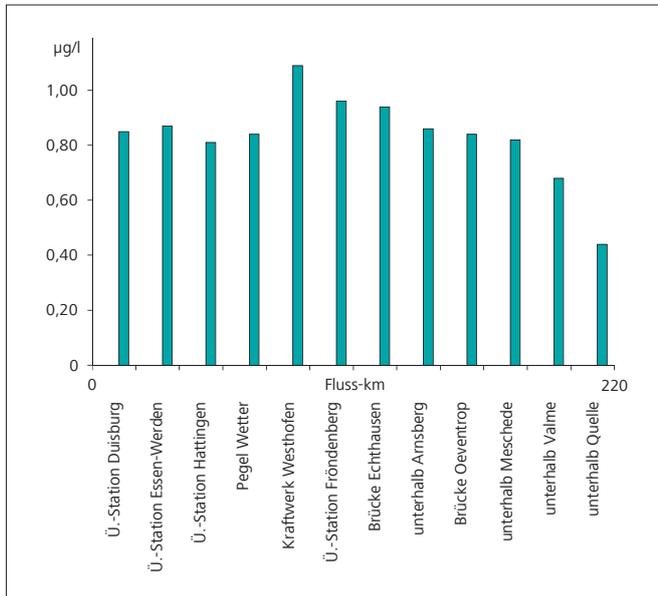


Bild 11.1: Mittlere Konzentration von TFA (Bestimmungsgrenze 0,2 µg/l) im Ruhrlängsverlauf im Jahr 2020

Fig. 11.1: Mean concentration of TFA (limit of quantification 0,2 µg/l) along the river Ruhr in 2020

Im Kooperationslabor wurde nach dem Bekanntwerden der hohen Befunde im Neckar und aufgrund der Relevanz des Ruhrwassers für die Trinkwassergewinnung eine Methodik für die Bestimmung von TFA erarbeitet. Dabei ergaben sich Schwierigkeiten mit Blindwerten in Folge der ubiquitären Verbreitung von TFA sowie mit der Polarität der Substanz. Aufgrund methodischer Probleme bei der Analytik von sehr polaren Verbindungen konnte diese schließlich nur als Einzelstoffanalytik bewerkstelligt werden. Erste Testmessungen ermöglichten, den in der Ruhr vorliegenden Konzentrationsbereich auf den oberen ng/l- bzw. unteren µg/l-Bereich einzugrenzen, wodurch keine negativen Auswirkungen für die Trinkwassergewinnung zu erwarten waren. Mit der etablierten Methodik wird der Gehalt an TFA in der Ruhr seit dem Jahr 2018 überwacht. Bei den Ruhrlängsuntersuchungen (Bild 11.1) zeigten die bereits an der Quelle nachzuweisenden Konzentrationen oberhalb der Bestimmungsgrenze von 0,2 µg/l die ubiquitäre Verbreitung von TFA sowie den zumeist diffusen Eintrag in die Gewässer an. Im weiteren Fließverlauf nimmt die Konzentration bis zur Probenahmestelle Kraftwerk Westhofen kontinuierlich auf 1,1 µg/l zu. Durch den Zufluss der Lenne sinkt die Konzentration auf 0,84 µg/l ab und verbleibt bis zur Ruhrmündung auf einem ähnlichen Niveau. Die Konzentration an der Probenahmestelle Essen-Rellinghausen bewegte sich in den letzten drei Jahren zwischen 0,41 und 1,1 µg/l. Interessanterweise steht die Konzentration in keinem erkennbaren Zusammenhang mit dem Abfluss (Bild 11.2). Dies ist wahrscheinlich damit zu begründen, dass TFA durch Regenwasser aus der Atmosphäre gewaschen wird und in diesem in ähnlichen Konzentrationen wie in der Ruhr nachgewiesen werden kann [11.8; 11.9], wodurch das der Ruhr zusätzlich zugeführte Wasser nicht zu einer Verdünnung und somit einer Abnahme

der TFA-Konzentration führt. In Ermangelung von Grenzwerten in Oberflächengewässern wird zu einer Bewertung bezüglich TFA auf die vorliegenden Grenzwerte für Trinkwasser zurückgegriffen. Dabei zeigten die Messergebnisse der letzten Jahre eine deutliche Unterschreitung des Trinkwasserleitwerts und auch des niedriger liegenden Schwellenwertes für Pflanzenschutzmittel.

**Amidosulfonsäure (AS)**, oft auch als Sulfamidsäure bezeichnet, zählt zu den anorganischen Verbindungen, da sie kein Kohlenstoffatom enthält. Sie ist eine typische Industriechemikalie, die in der EU in der Produktions- bzw. Importklasse von 10.000 bis 100.000 t/a registriert ist und in vielfältiger Weise Anwendung findet [11.6]. In der Industrie wird AS unter anderem als Ausgangsverbindung für die Synthese des künstlichen Süßstoffes Acesulfam (siehe Kapitel 7) eingesetzt. Ein großer Anwendungsbereich von Amidosulfonsäure ist jener als Bestandteil von Entkalkern, Reinigungsmitteln, Desinfektions- und Oberflächenbehandlungsmitteln im industriellen sowie privaten Umfeld [11.10].

Als eine Substanz mit hohen Befunden in Oberflächengewässern ist AS bei Untersuchungen in Deutschland und der Schweiz im Jahr 2017 aufgefallen. In Studien des DVGW-Technologiezentrum Wasser (TZW) wurde Amidosulfonsäure als

- [11.1] [https://www.awwr.de/presseaktuelles/presse-artikel/news/vorsorge-fuer-trinkwasserqualitaet/?tx\\_news\\_pi1%5Bcontroller%5D=News&tx\\_news\\_pi1%5Baction%5D=detail&tx\\_news\\_pi1%5Bday%5D=18&tx\\_news\\_pi1%5Bmonth%5D=10&tx\\_news\\_pi1%5Byear%5D=2016&cHash=edad671a18d6caa468317abb12fe890b](https://www.awwr.de/presseaktuelles/presse-artikel/news/vorsorge-fuer-trinkwasserqualitaet/?tx_news_pi1%5Bcontroller%5D=News&tx_news_pi1%5Baction%5D=detail&tx_news_pi1%5Bday%5D=18&tx_news_pi1%5Bmonth%5D=10&tx_news_pi1%5Byear%5D=2016&cHash=edad671a18d6caa468317abb12fe890b), Zugriff 15. März 2021
- [11.2] Neumann, M., Schliebner, I.: Protecting the source of our drinking water: The criteria for identifying persistent, mobil and toxic (PMT) substances and very persistence and very mobil (vPvM) substances under EU Regulation REACH (EC) No 1907/2006. In: Texte 127/2019, Umweltbundesamt, Ausgabe November 2019
- [11.3] <https://www.umweltbundesamt.de/oeffentliche-konsultation-der-pmtvpvm-kriterien>, Zugriff 24. März 2021
- [11.4] Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz Nordrhein-Westfalen: Trifluoroacetat (TFA) – Update. In: ECHO-Stoffbericht, November 2020
- [11.5] Wille, J.: Kältemittel in der Atmosphäre. In: Frankfurter Rundschau, 08. Mai 2015
- [11.6] Nödler, K., Freeling, F., Sandholzer, A., Schaffer, M., Schmid, R., Scheurer, M.: Untersuchungen zum „Vorkommen und Bildungspotential von Trifluoroacetat (TFA) in niedersächsischen Oberflächengewässern“. Februar 2019
- [11.7] Umweltbundesamt: Ableitung eines gesundheitlichen Leitwertes für Trifluoressigsäure (TFA), Mai 2020
- [11.8] Dorgerloh, U., Becker, R., Kaiser, M.: Evidence for the Formation of Difluoroacetic Acid in Chlorofluorocarbon-Contaminated Ground Water. In: Molecules, 2019, 24, 1039
- [11.9] Freeling, F., Behringer, D., Heydel, F., Scheurer, M., Ternes, T., Nödler, K.: Trifluoroacetate in Precipitation: Deriving a Benchmark Data Set. In: Environmental Science and Technology, 2020, 54, S. 11210 - 11219
- [11.10] Castronovo, S., Wick, A., Scheurer, M., Nödler, K., Schulz, M., Ternes, T.A.: Biodegradation of the artificial sweetener acesulfame in biological wastewater treatment and sandfilters. In: Water Research, 2017, 110, S. 342 - 353

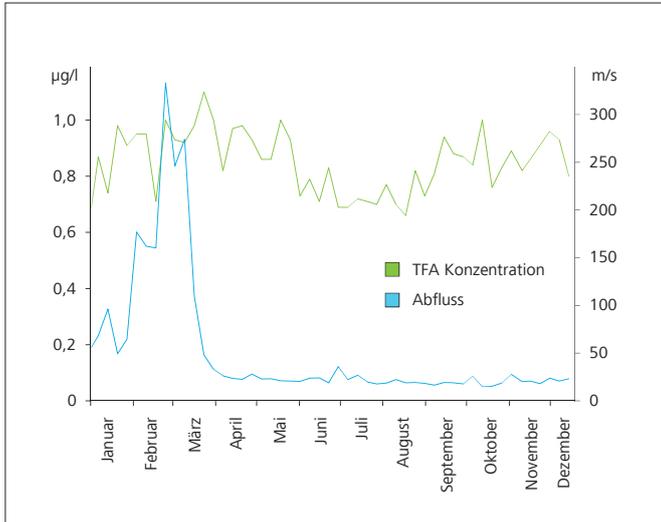


Bild 11.2: Entwicklung der Konzentration von TFA sowie des Abflusses im Jahr 2020 in der Ruhr bei Essen-Rellinghausen  
 Fig. 11.2: Development of the TFA concentration and the runoff during 2020 in the Ruhr at Essen-Rellinghausen

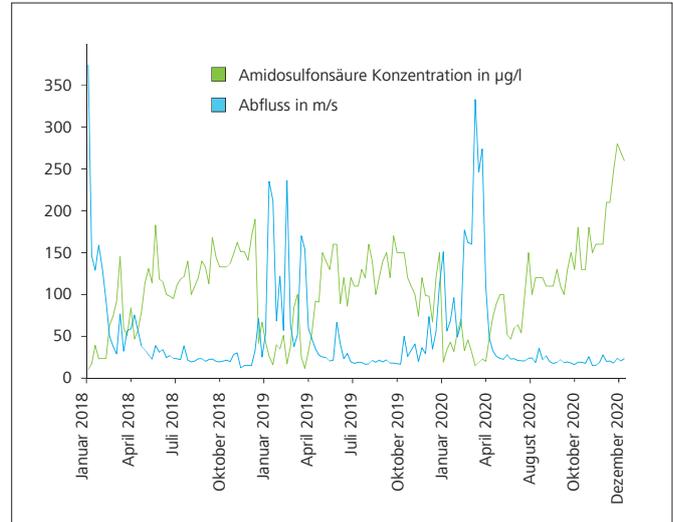


Bild 11.4: Entwicklung der Konzentration von Amidosulfonsäure sowie des Abflusses im Jahr 2020 in der Ruhr bei Essen-Rellinghausen  
 Fig. 11.4: Development of the concentration of amidosulfuric acid and the runoff during 2020 in the Ruhr at Essen-Rellinghausen

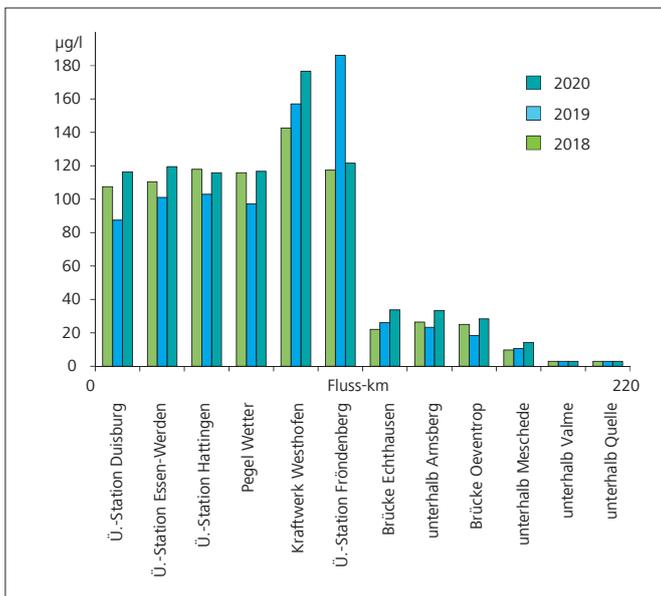


Bild 11.3: Vergleich der mittleren Konzentrationen von Amidosulfonsäure im Ruhrlängsverlauf der Jahre 2018, 2019 und 2020  
 Fig. 11.3: Comparison of mean concentrations of amidosulfuric acid along the course of the Ruhr in 2018, 2019 and 2020

Abbauprodukt des bis dahin als sehr stabil geltenden Süßstoffes Acesulfam identifiziert. Bei Messungen in Kläranlagenabläufen und Oberflächengewässern wurden aber Gehalte bestimmt, die nicht allein durch die Verwendung und den Abbau von Acesulfam erklärt werden konnten [11.10]. Aufgrund der hohen Befunde im Rahmen der TZW-Studie, der Persistenz sowie bestehender Probleme bei der Trinkwasseraufbereitung

wurde im Kooperationslabor eine Methodik für Amidosulfonsäure entwickelt und die Gehalte in der Ruhr seit dem Jahr 2018 überwacht. Aufgrund der zuvor beschriebenen Probleme bei der Analytik von polaren Verbindungen konnte dies nur als Einzelstoffanalytik bewerkstelligt werden.

Bei der Analyse der Proben der Ruhrlängsuntersuchungen zeigte sich für die letzten drei Jahre im Mittel ein sehr einheitliches Bild (Bild 11.3). Ein Nachweis oberhalb der Bestimmungsgrenze von 3 µg/l erfolgte erst ab der Probenahmestelle unterhalb Meschede (Fluss-km 175,32). Ein sprunghafter Anstieg der Konzentration konnte jeweils nach der Messstelle Brücke Echthausen beobachtet werden. Der Zufluss der Lenne reduzierte die Konzentration von AS in der Ruhr, welche im weiteren Verlauf bis zu Mündung in den Rhein auf einem gleichbleibenden Niveau verblieb. Das Monitoring an der Probenahmestelle Essen-Rellinghausen zeigte in den Jahren 2018 bis 2020 stark schwankende Konzentrationen, die im direkten Zusammenhang mit den dort registrierten Abflusswerten stehen (Bild 11.4). Der direkte Zusammenhang zwischen Konzentration und Abfluss ist typisch für kläranlagenbürtige Substanzen mit relativ konstanter Fracht. Mit den beobachteten Konzentrationen von bis zu 280 µg/l, aber auch wegen seiner Einstufung als anorganische Verbindung nimmt Amidosulfonsäure unter den im Kooperationslabor analysierten Spurenstoffen eine Sonderstellung ein. Im Verhältnis zu organischen Spurenstoffen weist AS bedingt durch die hohen Konzentrationen auch mit etwa 100 t/a eine sehr hohe Jahresfracht in der Ruhr auf. Die beobachteten hohen Gehalte liegen jedoch immer noch deutlich unter dem 2017 vom UBA abgeleiteten Trinkwasserleitwert von 2.000 µg/l [11.11]. Bei der Analyse von verschiedenen Kläranlagen-Abflüssen wurden Werte im Bereich von 0,1 bis 5 mg/l gefunden. Hohe Schwankungen

zwischen einzelnen Kläranlagen, wie auch die Höhe der Gehalte, sind so auch in der Literatur beschrieben [11.6; 11.10].

Einer der bekanntesten polaren Spurenstoffe dürfte **Glyphosat** sein. Es handelt sich dabei um ein Pflanzenschutzmittel, welches in den letzten Jahren ein enormes Medienecho hervorgerufen hat. Ausgelöst wurde dieses durch eine Einstufung der Internationalen Agentur für Krebsforschung (IARC) im Jahr 2015, in der Glyphosat als wahrscheinlich krebsauslösend deklariert wurde. Dieser Sichtweise widersprechen eine Reihe von Organisationen, u. a. die Europäische Behörde für Lebensmittelsicherheit (EFSA) und die Europäische Chemikalienagentur (ECHA), welche das Vorhandensein in Nahrungsmitteln als nicht gefährlich einstufen. Bezüglich Persistenz kann Glyphosat nicht eindeutig einer Klasse zugeordnet werden. Laut einem Bericht der EFSA aus dem Jahr 2015 ist das Abbauverhalten im Boden stark von den jeweiligen Umweltbedingungen abhängig, was zu einer Einstufung von geringer bis sehr hoher Persistenz führt [11.12]. Die Studien zeigten weiterhin, dass die Persistenz der **Aminomethylphosphonsäure** (AMPA), dem Hauptmetaboliten von Glyphosat, ähnlichen Schwankungen unterliegt, aber stets größer als die der Ausgangssubstanz ist. Derzeit ist die Verwendung von Glyphosat in der EU noch bis Ende 2022 zugelassen. Wie sich die rechtliche Situation in Deutschland entwickelt, ist zurzeit unklar, da es zwar Bestrebungen und Vereinbarungen gibt, den Einsatz von Glyphosat zu verbieten, diese jedoch bisher nicht in einem entsprechendem Regelwerk fixiert wurden.

Glyphosat und das Abbauprodukt AMPA wurden im Jahr 2020 in das Untersuchungsprogramm des Kooperationslabors aufgenommen. Aufgrund der Polarität der beiden Verbindungen ist vor der Analytik ein zusätzlicher Derivatisierungsschritt notwendig, was zu einer aufwendigeren Probenvorbereitung führt, an die sich eine Analytik für nur zwei Verbindungen anschließt. In den bisher durchgeführten Untersuchungen zeigten sich starke Schwankungen der Glyphosat- und AMPA-Konzentrationen in der Ruhr. Dabei sind die Gehalte von Glyphosat mit ca. 0,010 µg/l um gut eine Größenordnung geringer als die von AMPA mit etwa 0,10 µg/l. Die Orientierungswerte von 28 bzw. 96 µg/l für Glyphosat bzw. AMPA werden damit sicher unterschritten.

**Metformin** wird zur Behandlung von Diabetes Typ 2 eingesetzt und war im Jahr 2012 der mit einem Anteil von 20 % am Gesamtmarkt mengenmäßig meist verschriebene Wirkstoff in Deutschland. Noch im Jahr 1999 betrug der Anteil lediglich 7 % [11.13]. Der Verbrauch von Antidiabetika lag 2018 bei insgesamt 2,23 Mrd. Tagesdosen (DDD = Defined Daily Dose), was nahezu einer Verdopplung seit dem Jahr 1996 entspricht. Der Verbrauchsanteil metforminhaltiger Antidiabetika inklusive Metformin als Monopräparat lag 2019 bei 60 %. Werden die 2019 im Bereich der gesetzlichen Krankenversicherung, denen ca. 90 % der deutschen Bevölkerung angehören, verordneten 629 Mio. DDD mit der Masse der Tagesdosis (2 g) multipliziert, so ergibt sich eine jährliche Verschreibungsmenge von rund 1.300 t. Vom menschlichen Körper wird Metformin vollständig

und unverändert ausgeschieden. Das relativ kleine und polare Molekül ist gut wasserlöslich. In Kläranlagen wird Metformin in der Regel zu über 90 %, primär durch Transformation zu dem Hauptmetaboliten **Guanylarnstoff**, entfernt [11.14]. Ergebnisse von erweiterten Biodegradationsstudien zeigen zusätzliche Abbauwege bis hin zur vollständigen Mineralisierung von Metformin und Guanylarnstoff, wozu allerdings eine längere Adaptierungsphase der Mikroorganismen notwendig ist [11.15]. Aufgrund des langen und hohen Einsatzes von Metformin als Antidiabetikum ist aber davon auszugehen, dass sich die Mikroorganismen auf den Kläranlagen bereits angepasst haben und somit auch zu einer Mineralisierung der beiden Substanzen beitragen. In Oberflächengewässern wird Metformin nur sehr langsam durch Photolyse zu Guanylarnstoff abgebaut, welcher gegenüber einer weiteren Photodegradation stabil ist. Studien zeigten jedoch, dass beide Substanzen in Oberflächengewässern einem weiteren Abbau unterliegen, welcher abhängig vom Vorhandensein entsprechend angepasster Degradations-Mikroorganismen im Flusssystem zu sein scheint [11.15].

Die Analytik von Metformin und Guanylarnstoff war im Jahr 2015 für das Kooperationslabor der Einstieg in die Bestimmung von besonders polaren Substanzen unter Zuhilfenahme von speziellen Trennsäulen und der Etablierung von neuen Methodiken.

Aufgrund der hohen Verschreibungsmenge fand sich Metformin in der Ruhr ab der zweiten Probenahmestelle im Fließverlauf in allen untersuchten Proben in Konzentrationen oberhalb der Bestimmungsgrenze von 0,03 µg/l. Für Guanylarnstoff war dies aufgrund der höheren Bestimmungsgrenze von 0,3 µg/l erst ab der dritten Probenahmestelle der Fall (Bild 11.5). Für Metformin stieg die Konzentration bereits im Bereich der oberen Ruhr bei Fluss-km 160,72 rasch auf über 0,5 µg/l an. Dieser Wert gilt in grober Näherung für alle weiteren Probenahmestellen der mittleren und unteren Ruhr. Guanylarnstoff erreichte die höchste Durchschnittskonzentration im Längsverlauf mit 3,8 µg/l an der Probenahmestelle Kraftwerk Westhofen. Bis zur Mündung der Ruhr bei Duisburg reduzierte sich

- 
- [11.11] Grenzwert Amidosulfonsäure (CAS 5329-14-6) in Trinkwasser. Persönliche Korrespondenz mit dem Umweltbundesamt, 25. März 2021
- [11.12] European Food Safety Authority: Conclusion on the peer review of the pesticide risk assessment of the active substance glyphosate. In: *EFSA-Journal*, 2015, 13 (11), 4302
- [11.13] <https://www.arzneimittel-atlas.de/arzneimittel/a10-antidiabetika/verbrauch/>, Zugriff 01. April 2020
- [11.14] Briones, R. M., Sarmah, A. K., Padhye, L. P.: A global perspective on the use, occurrence, fate and effects of anti-diabetic drug metformin in natural and engineered ecosystems. In: *Environmental Pollution*, 2016, 219, S. 1007 - 1020
- [11.15] Straub, J., Caldwell, D., Davidson, T., D'Aco, V., Kappler, K., Robinson P., Simon-Hettich, B., Tell, J.: Environmental risk assessment of metformin and its transformation product guanyurea. I. Environmental fate. In: *Chemosphere*, 2019, 216, S. 844 - 854

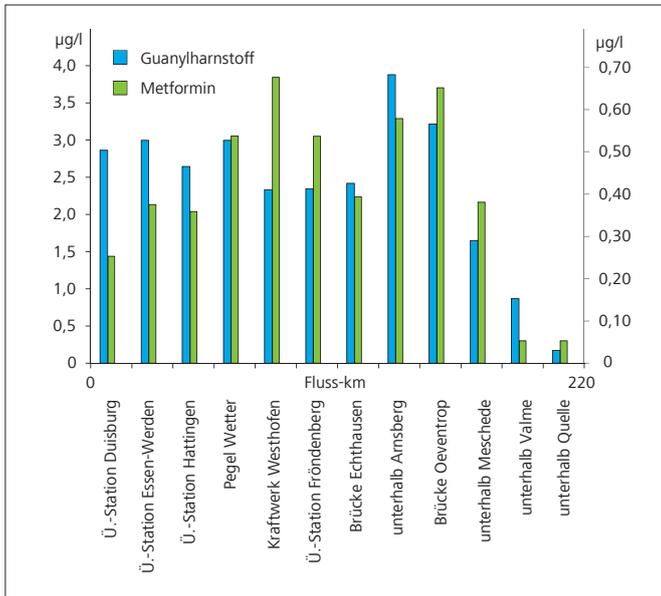


Bild 11.5: Mittlere Konzentration von Guanylharnstoff und Metformin (Bestimmungsgrenze 0,3 µg/l) im Ruhrlängsverlauf des Jahres 2020

Fig. 11.5: Mean concentration of guanyl urea and metformin (limit of quantification 0.3 µg/l) along the course of the Ruhr in 2020

diese um mehr als die Hälfte und betrug dort 1,4 µg/l. Diese Konzentrationsverläufe über den Fließweg der Ruhr sind bemerkenswert, da bei abwasserbürtigen Substanzen mit einer konstanten Zunahme der Summe von Ausgangs- und Transformationsprodukten zu rechnen ist. Ursächlich für diese gegenteilige Beobachtung ist wahrscheinlich der oben thematisierte Abbau von Metformin und Guanylharnstoff durch Mikroorganismen in der Ruhr.

An der wöchentlich beprobten Messstelle in Essen-Rellinghausen betrug 2020 der Jahresmittelwert von Metformin 0,56 µg/l und lag damit in etwa auf dem Niveau der Vorjahre. Für Guanylharnstoff ergab sich ein Jahresmittelwert von 2,1 µg/l, der niedrigste seit dem Messbeginn im Jahr 2015. Anhand der korrespondierenden Fracht ist für Guanylharnstoff ein fast kontinuierlicher Rückgang von 5,8 t/a im Jahr 2015 auf 3,2 t/a im Berichtsjahr festzustellen (Bild 11.6). Da für diese Reduktion nicht ausschließlich eine geringere Fracht an Metformin ursächlich ist, wäre eine mögliche Erklärung, dass sich die Mikroorganismen in der Ruhr zunehmend an den Abbau von Guanylharnstoff adaptieren. Ob es sich dabei um einen langfristigen Trend handelt, werden aber erst die nächsten Jahre zeigen. Zur Bewertung der beiden Substanzen kann aufgrund von fehlenden Daten zur Ökotoxizität derzeit nur auf die vom UBA abgeleiteten und nicht für Oberflächenwasser geltenden GOW in Höhe von jeweils 1,0 µg/l zurückgegriffen werden. An der Probenahmestelle Essen-Rellinghausen wird dieser Wert von Metformin unter- und von Guanylharnstoff überschritten. Die hier berichteten Werte aus der Ruhr sind vergleichbar mit Gehalten anderer Flüsse in NRW [11.16].

**Melamin** ist eine Industriechemikalie, deren Hauptanwendung in der Produktion von Melamin-Formaldehyd-Harzen (MFH) liegt. Diese Kunststoffe sind besonders bruchfest und weisen meistens eine glatte Oberfläche auf, weswegen sie oft zur Herstellung von Geschirr und Kochutensilien verwendet werden [11.17]. Seit einigen Jahren werden von der Industrie vermehrt Bambusfasern mit MFH-Kunststoffe eingebaut und unter anderem als „Bambusware“, die „besonders umweltfreundlich, biologisch abbaubar oder ausschließlich aus nachwachsenden Rohstoffen hergestellt ist“ beworben. Untersuchungen des Bundesinstituts für Risikobewertung (BfR) zeigten, dass aus MFH-Kunststoffen und sogar vermehrt aus sogenannter Bambusware beim Erhitzen eine Freisetzung von Melamin und Formaldehyd auftritt. Berechnungen an Hand eines von der EFSA im Jahr 2010 abgeleiteten TDI (tolerable daily intake) von 0,2 mg pro kg Körpergewicht pro Tag zeigten, dass die Melaminfreisetzung für Erwachsene keine Gesundheitsgefahr, für Kleinkinder jedoch eine Überschreitung des TDI bedeuten [11.18]. Als Konsequenz empfiehlt das BfR, keine heißen Speisen und Getränke aus Produkten, die aus MFH und „Bambusware“ bestehen, zu sich zu nehmen. Über Freisetzungen aus melaminhaltigen Produkten findet über die Kläranlagen ein Eintrag von Melamin in die Oberflächengewässer statt. Aufgrund der Polarität und der Persistenz ist Melamin nur sehr schwer aus dem Wasserkreislauf zu entfernen und kann somit auch Eingang in das Trinkwasser finden. Für Oberflächengewässer gilt in NRW laut D4-Liste ein Präventivwert von 10 µg/l. In den Niederlanden wurde für die Summe von Melamin sowie Melem und Melam (Kondensationsprodukte von Melamin) ein Trinkwasserrichtwert von 0,28 µmol/l (entspricht 35 µg Melamin/l) erlassen [11.19].

In der Ruhr wird Melamin seit 2020 routinemäßig vom Kooperationslabor überwacht. Aufgrund des Vorkommens in unterschiedlichen Materialien und deren weiten Verbreitung waren auch bei dieser Methodenentwicklung im großen Maße Pro-

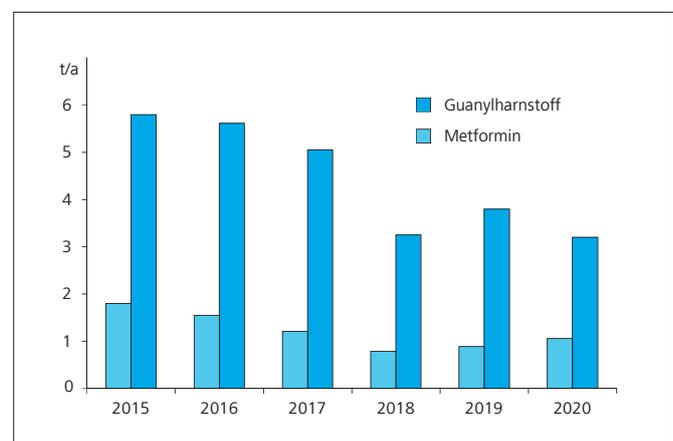


Bild 11.6 Entwicklung der Jahresfrachten von Guanylharnstoff und Metformin in der Ruhr bei Essen-Rellinghausen

Fig. 11.6: Development of annual loads of guanyl urea and metformin in the river Ruhr at Essen-Rellinghausen

bleme mit Blindwerten zu lösen. Die ermittelten Gehalte an der Probenahmestelle Essen-Rellinghausen schwanken über einen großen Bereich zwischen  $< 0,30$  und  $5,7 \mu\text{g/l}$ . Die Konzentrationsunterschiede sind wesentlich auf industrielle Einleitungen mit schwankenden Melamingehalten in der mittleren Ruhr zurückzuführen. Die in der Ruhr gefundenen Konzentrationen liegen in einem ähnlichen Größenbereich wie in anderen Oberflächengewässern [11.20].

**Dicyandiamid (DCD)** wurde ebenfalls im Jahr 2020 in das Untersuchungsprogramm des Kooperationslabors aufgenommen. Im Gegensatz zu anderen polaren Verbindungen konnte es in eine bestehende Analysenmethode für polare Substanzen integriert werden. Anwendung findet es als Nitrifikationshemmer in der Landwirtschaft sowie als Synthesebaustein für eine Vielzahl von Chemikalien, wie z. B. Metformin oder der Neonicotinoide, einer Gruppe von Pflanzenschutzmitteln, die insbesondere im Zusammenhang mit dem Bienensterben medial Erwähnung findet [11.21]. Im Jahr 2016 lag die Produktionsmenge von Dicyandiamid in Deutschland bei 1 Mio. Tonnen [11.22]. Laut einem Sachstand des wissenschaftlichen Dienstes des Deutschen Bundestags weist DCD eine hohe Mobilität sowie Persistenz auf, weswegen ein Eintrag in Rohwässer zur Trinkwassergewinnung nicht ausgeschlossen werden kann [11.23].

In der Ruhr konnte Dicyandiamid in allen untersuchten Proben der mittleren Ruhr nachgewiesen werden. Die höchste mittlere Konzentration wurde mit  $0,54 \mu\text{g/l}$  bei Fluss-km 114 in Fröndenberg bestimmt. Durch den Zufluss der Lenne wird der Gehalt in der Ruhr deutlich verdünnt, da vor der Mündung in die Ruhr in dieser keine Befunde oberhalb der Bestimmungsgrenze von  $0,1 \mu\text{g/l}$  nachgewiesen werden konnten. Beurteilungswerte für Trink- oder Oberflächenwasser sind für Dicyandiamid derzeit nicht verfügbar. Die in Studien zur Ökotoxizität ermittelten  $\text{LC}_{50}$ -Werte von  $7,7 \text{ g/l}$  für Regenbogenforellen bzw.  $3,18 \text{ g/l}$  für Wasserflöhe [11.24] zeigen aber, dass von den in der Ruhr gefundenen Konzentrationen keine Gefahren für die aquatische Lebensgemeinschaft ausgehen, da diese die  $\text{LC}_{50}$ -Werte um sieben Zehnerpotenzen unterschreiten.

## Zusammenfassung

Durch die Neu- und Weiterentwicklung von analytischen Methoden können heutzutage neben unpolaren und polaren auch sehr polare und mobile Substanzen, die häufig trinkwasserrelevant sind, untersucht werden. Aufgrund von anderen methodischen Anforderungen ist zumeist eine Einzelanalytik erforderlich, was mit Zeit- sowie gerätetechnischem Mehraufwand verbunden ist. Die Proben der Ruhr werden derzeit neben dem bekanntesten polaren Spurenstoff Glyphosat auf weitere potenziell problematische polare Substanzen wie Trifluoressigsäure und Amidosulfonsäure untersucht. Für alle untersuchten Substanzen gilt, dass verglichen mit anderen Oberflächengewässern in NRW und Deutschland keine Auffälligkeiten zu erkennen sind und bestehende gesetzliche Anforderungen sicher eingehalten werden.

- 
- [11.16] Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz Nordrhein-Westfalen: Metformin / N-Guanylharnstoff. In: ECHO-Stoffbericht, Oktober 2020
  - [11.17] Bundesinstitut für Risikobewertung: Fragen und Antworten zu Geschirr und Küchenutensilien aus Melamin-Formaldehyd-Harz. In: FAQ des BfR, 25. November 2019
  - [11.18] Bundesinstitut für Risikobewertung: Gefäße aus Melamin-Formaldehyd-Harz wie „Coffee to go“ Becher aus „Bambusware“ können gesundheitlich bedenkliche Stoffe in heiße Lebensmittel abgeben. In: Stellungnahme BfR, Nr. 046/2019, 25. November 2019
  - [11.19] Internationale Kommission zum Schutz des Rheins: Melamin-Bericht. In: IKSR-Berichte, 270, 2020
  - [11.20] Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz Nordrhein-Westfalen: Melamin. In: ECHO-News, Juli 2020
  - [11.21] <https://www.chemanager-online.com/news/die-millionste-tonne-dicyandiamid>, Zugriff 08. März 2021
  - [11.22] Wissenschaftliche Dienste Deutscher Bundestag: Zulassung von Düngemitteln mit Nitrifikations- und Ureaseinhibitoren. In: Ausarbeitung WD 5 - 3000 - 116/16, 2017
  - [11.23] Wissenschaftliche Dienste Deutscher Bundestag: Auswirkungen des Einsatzes von Nitrifikations- und Ureasehemmern in der Landwirtschaft. In: Sachstand WD 8 - 3000 - 079/16, 2016
  - [11.24] [https://www.fishersci.at/chemicalProductData\\_uk/wercs?itemCode=10242462&lang=DE](https://www.fishersci.at/chemicalProductData_uk/wercs?itemCode=10242462&lang=DE), Zugriff 01. April 2021

## 12 Registrierte Gewässerverunreinigungen

Im Kalenderjahr 2020 ist dem Ruhrverband und den an der Ruhr ansässigen Wasserwerken erfreulicherweise nur eine als relevant einzustufende Gewässerverunreinigungen gemeldet worden. Bei der Berichterstattung werden Ereignisse, bei denen es sich lediglich um vorsorgliche Meldungen handelt, sowie offensichtliche Bagatellfälle nicht berücksichtigt.

Am 5. Juni 2020 hat eine Firma im Einzugsgebiet der Ihne Werkstücke gekühlt sowie Reinigungsarbeiten durchgeführt. Das verunreinigte Wasser, welches durch Eisengraphit vollständig schwarz gefärbt war, wurde über den Hofeinlauf direkt in die Ihne, ein Nebengewässer der Bigge, geleitet (Bild 12.1). Diese Arbeiten wurden nach Bekanntwerden durch Mitarbeiter des Ruhrverbands an der Biggetalsperre sofort gestoppt. Die untere Wasserbehörde veranlasste, dass die Firma den Regenwasserkanal (Hofeinlauf) spülte und die Fläche reinigte. Ein Fischsterben konnte nicht festgestellt werden.



Bild 12.1: Eintrag von verunreinigtem Wasser in die Ihne  
Fig. 12.1: Discharge of contaminated water into the Ihne

## 13 Leistungen der Kläranlagen des Ruhrverbands

Der Ruhrverband betreibt im Verbandsgebiet Kläranlagen, um die anfallenden Haushalts- und Industrieabwässer sowie das Niederschlagswasser unter Einhaltung der gesetzlichen Regelungen und Grenzwerte zu behandeln und in den natürlichen Wasserkreislauf zurückzuführen. Unter Berücksichtigung wirtschaftlicher und ökologischer Aspekte wird der Betrieb der Anlagen stets weiter verbessert – insbesondere hinsichtlich des Einsatzes an Energie, Hilfs- und Betriebsstoffen.

Bei einem Anschlussgrad von über 99 % der EinwohnerInnen im Ruhreinzugsgebiet wurden auf den Verbandskläranlagen im Jahr 2020 rund 333 Mio. m<sup>3</sup> Abwasser gereinigt. Dies entspricht einem Jahresmittelwert von 10,5 m<sup>3</sup>/s und liegt ca. 7,3 % unter dem Vorjahreswert. Ein Anteil von 70 % dieser Menge entfällt auf die Jahresschmutzwassermenge (einschließlich Fremdwasser) mit rd. 232 Mio. m<sup>3</sup>. Die Differenz zur Jahresabwassermenge ergibt sich durch das auf den Kläranlagen mitbehandelte Niederschlagswasser. Die behandelten Abwasser- und Schmutzwassermengen der letzten fünf Jahre sind in Bild 13.1 dargestellt, dem auch der spezifische Abwasseranfall zu entnehmen ist. Die wichtigsten Kennzahlen für die Verbandskläranlagen sind der Tabelle 13.1 zu entnehmen.

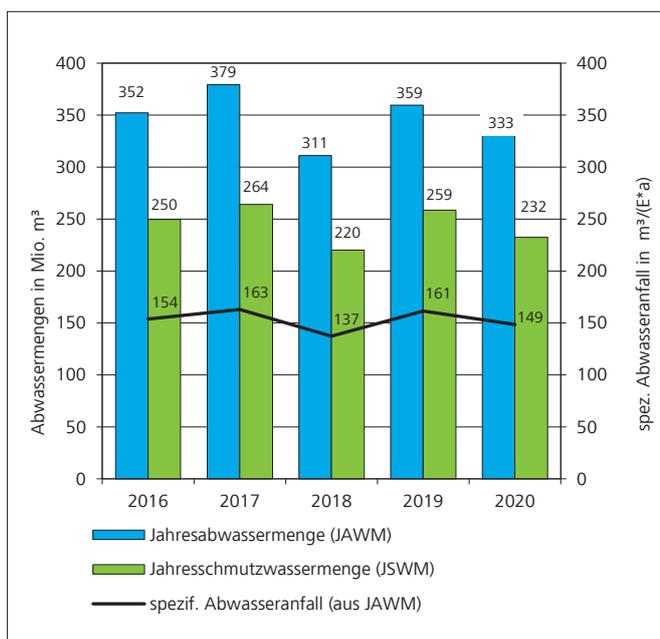


Bild 13.1: Abwassermengen und spezifischer Abwasseranfall der Ruhrverbandskläranlagen von 2016 bis 2020

Fig. 13.1: Sewage volumes and specific sewage loads at the Ruhrverband's sewage treatment plants from 2016 to 2020

Tabelle 13.1: Kennzahlen der Ruhrverbandskläranlagen für das Jahr 2020

Table 13.1: Parameters of the Ruhrverband's sewage treatment plants in 2020

Anzahl Kläranlagen	65
Jahresabwassermenge	333 Mio. m <sup>3</sup>
Jahresschmutzwassermenge	232 Mio. m <sup>3</sup>
Gesamt-Ausbaugröße aller Anlagen	3,251 Mio. E
Angeschlossene Einwohner (Einwohnerzahl)	2,040 Mio. E
Anschlussgrad	99,3 %
Mittlere Einwohnerbelastung (Bezug: 120 g CSB / (E*d))	2,2 Mio. E
Verhältnis Ausbaugröße / Mittlere CSB-Belastung	1,5
85-Perzentil der Einwohnerbelastung (Bezug: 120 g CSB / (E*d))	2,8 Mio. E
Spezifischer Abwasseranfall (Bezug: mittlere CSB-Belastung)	149 m <sup>3</sup> /(E*a)
Spezifischer Stromverbrauch (Bezug: mittlere CSB-Belastung)	36,8 kWh/(E*a)

Analog zu dem von der Deutschen Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e.V. (DWA) veröffentlichten bundesweiten Leistungsnachweis kommunaler Kläranlagen [13.1] wird alljährlich der aktuelle Stand der Reinigungsleistung der Verbandskläranlagen ermittelt. Grundlage der Leistungszahlen bilden die mittleren Konzentrationen im Zulauf und Ablauf der Kläranlagen hinsichtlich der Kenngrößen Chemischer Sauerstoffbedarf (CSB), Gesamtphosphor (TP) sowie Ammoniumstickstoff (NH<sub>4</sub>-N) und Gesamtstickstoff (TN). Die Ergebnisse im Ablauf entstammen im Wesentlichen den laufenden Untersuchungen des Betriebspersonals im Rahmen der Selbstüberwachung. Die Untersuchungsergebnisse aus den Zuläufen der Kläranlagen werden durch das Kooperationslaboratorium erhoben. In den zugehörigen Auswertungen wird die Kläranlage Hagen-Boele nicht berücksichtigt, deren kommunales Abwasser auf einer industriellen Anlage biologisch mitbehandelt wird. Tabelle 13.2 enthält die frachtgewichteten Zu- und Ablaufkonzentrationen im Abwasser.

[13.1] Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e. V. (DWA): 32. Leistungsnachweis kommunaler Kläranlagen (KA Korrespondenz Abwasser, Abfall-2020 (67) Nr. 11 S.876 - 881)

Tabelle 13.2: Mittlere Konzentrationen im Zu- und Ablauf der Ruhrverbandskläranlagen im Jahr 2020

Table 13.2: Average concentrations in the inlet and outlet of the Ruhrverband's sewage treatment plants in 2020

	Zulauf	Ablauf
Biochemischer Sauerstoffbedarf (BSB <sub>5</sub> )	107 mg/l	4,4 mg/l
Chemischer Sauerstoffbedarf (CSB)	294 mg/l	19,5 mg/l
Ammonium-Stickstoff (NH <sub>4</sub> -N)		0,8 mg/l
Anorganisch gebundener Stickstoff (TIN)		5,8 mg/l
Gesamtstickstoff (TN)	29,7 mg/l	6,6 mg/l
Gesamtposphor (TP)	4,2 mg/l	0,35 mg/l

Die Ablaufqualität des gereinigten Abwassers ist weiterhin ausgezeichnet und liegt deutlich unter den in der nationalen Abwasserverordnung geregelt und in behördlichen Bescheiden festgelegten Anforderungen. Überwachungswerte für die Kläranlagen bzgl. Stickstoff bestehen wegen der erschwerten mikrobiologischen Bedingungen bei niedrigen Temperaturen lediglich für Abwassertemperaturen über 12 °C. Zusätzlich zu den Überwachungswerten wurden für 29 Kläranlagen mit immissionsbedingten erhöhten Anforderungen an das aufzunehmende Gewässer Betriebsmittelwerte für einzelne Parameter mit den Behörden auf Grundlage von im Gewässer zu erwartenden Konzentrationen unterhalb der Einleitungsstelle vereinbart. Die in Genehmigungsbescheiden festgelegten Betriebsmittelwerte konnten im Jahr 2020 auf den meisten Kläranlagen erreicht werden. Die Reinigungsleistung befindet sich seit Jahren gleichbleibend auf einem hohen Niveau. Bild 13.2 zeigt die Ergebnisse für die wesentlichen Parameter.

Die Zulaufkonzentrationen sind teilweise durch den Fremdwasseranteil bedingt, der für eine deutliche Verdünnung des Abwassers sorgt und auch bei niedrigen Ablaufkonzentrationen zu einem geringeren Wirkungsgrad führt. Im Vergleich liegt der spezifische Abwasseranfall mit 149 m<sup>3</sup> je Einwohnerwert (E) und Jahr beim Ruhrverband um 82 % über dem bundesweiten Wert (DWA) von 82 m<sup>3</sup>/(E\*a) [13.1]. Der Ruhrverband bemüht sich in Zusammenarbeit mit den beteiligten Kommunen auf vielfältige Weise um eine Reduzierung der Fremdwasserbelastungen.

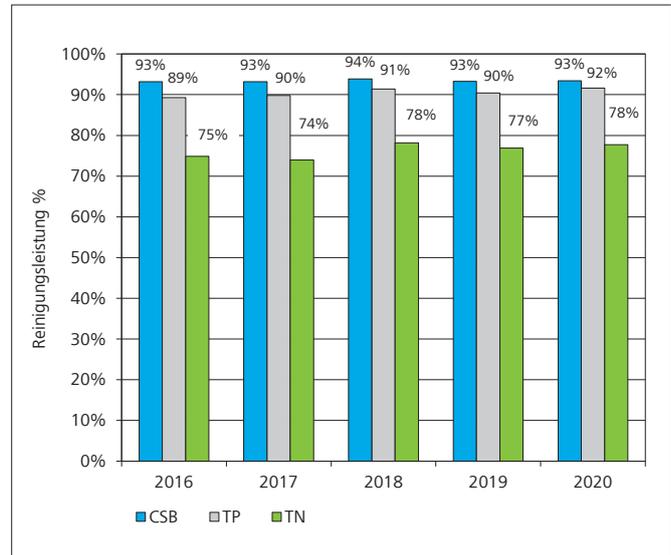


Bild 13.2: Entwicklung der Reinigungsleistung der Ruhrverbandskläranlagen von 2016 bis 2020

Fig. 13.2: Development of the treatment performance of the Ruhrverband's sewage treatment plants from 2016 to 2020

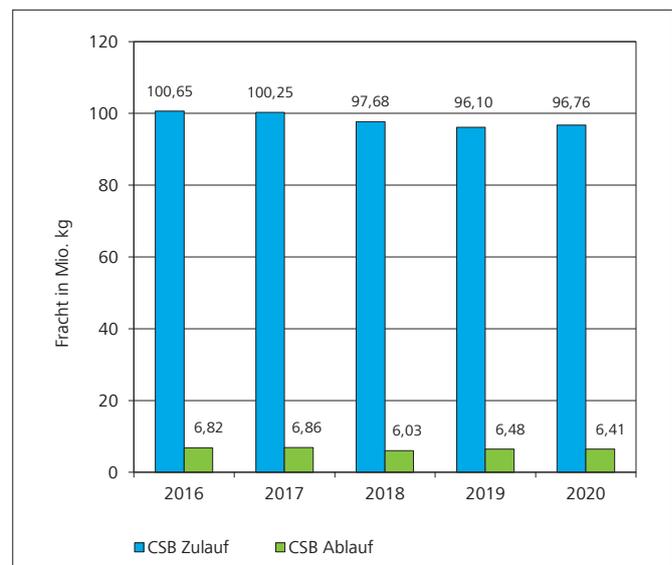


Bild 13.3: Jahresfrachten CSB im Zu- und Ablauf der Ruhrverbandskläranlagen von 2016 bis 2020

Fig. 13.3: Annual loads of COD in the inlet and outlet of the Ruhrverband's sewage treatment plants from 2016 to 2020

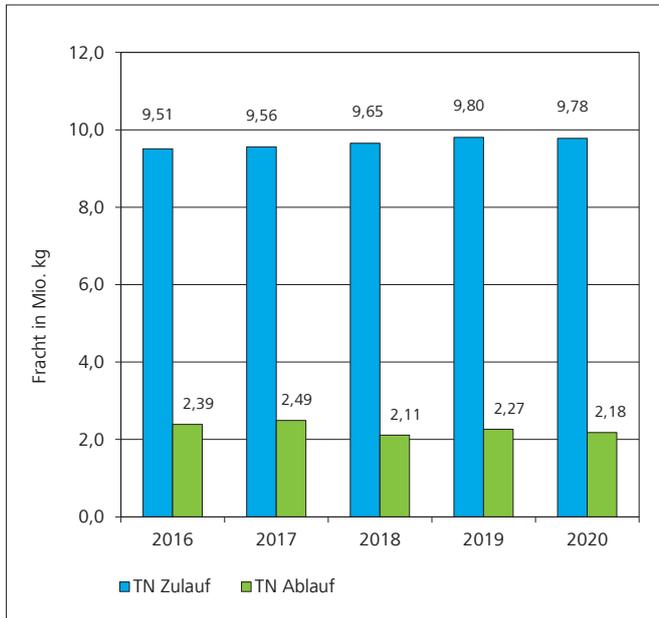


Bild 13.4: Jahresfrachten Gesamtstickstoff im Zu- und Ablauf der Ruhrverbandskläranlagen von 2016 bis 2020  
 Fig. 13.4: Annual loads of total nitrogen in the inlet and outlet of the Ruhrverband's sewage treatment plants from 2016 to 2020

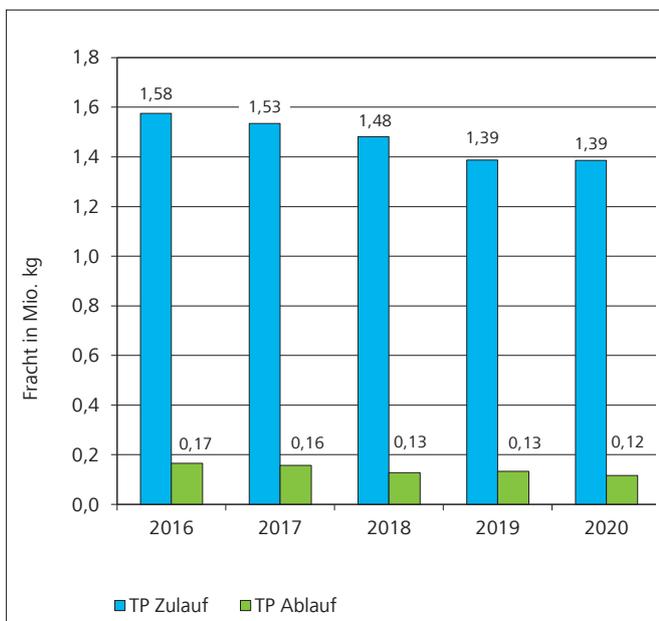


Bild 13.5: Jahresfrachten Gesamtphosphor im Zu- und Ablauf der Ruhrverbandskläranlagen von 2016 bis 2020  
 Fig. 13.5: Annual loads of total phosphorus in the inlet and outlet of the Ruhrverband's sewage treatment plants from 2016 to 2020

Den Verbandskläranlagen wurde im Jahr 2020 eine Gesamtzulauffracht über 96 Mio. kg CSB zugeführt. Bei einem spezifischen Wert von 120 Gramm CSB je Einwohner und Tag lässt sich daraus die Bezugsgröße von rd. 2,21 Mio. Einwohnerwerten als mittlere Belastung berechnen. Der 85-Perzentilwert der CSB-Zulaufbelastung betrug 2,77 Mio. E, dem beim Ruhrverband eine Behandlungskapazität von rd. 3,25 Mio. E gegenüber steht. Im Mittel weist eine Ruhrverbandskläranlage eine Ausbaugröße von 50.016 E auf. An die Ruhrverbandsanlagen angeschlossen sind rd. 2,0 Mio. EinwohnerInnen. Die zeitliche Entwicklung der Gesamtfrachten für die Kenngrößen CSB, Gesamtstickstoff und Gesamtphosphor zeigen die Bilder 13.3, 13.4 und 13.5. Die Ablauffrachten sind für alle Parameter aufgrund von Optimierungsmaßnahmen und infolge der geringeren Jahresabwassermenge leicht gesunken.

Durch die Abwasserreinigung entstehen 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 weist mengenmäßig den größten Anteil auf und muss zunächst stabilisiert werden, um eine effektive Weiterbehandlung zu ermöglichen und Geruchsbelästigungen zu vermeiden. Die Stabilisierung erfolgt fast ausschließlich anaerob in Faulbehältern, wodurch eine beträchtliche Reduzierung der Feststoffmenge erreicht wird. Die anschließende Entwässerung verbessert die Transportbedingungen und schafft die Voraussetzung für eine thermische Behandlung. Gegenüber dem Vorjahr ist die Menge an stabilisiertem Schlamm mit 38.032 t Trockenmasse um 2,2 % geringfügig gestiegen.

Bild 13.6 zeigt die angefallenen Abfallmengen an stabilisiertem Schlamm, Rechen- und Sandfanggut. Daneben sind die angelieferten Mengen an Fettabseiderinhalten für die Co-Vergärung dargestellt, durch die ein höherer Gasanfall für die Eigenenergieerzeugung ermöglicht wird. Im Jahr 2020 wurden im Wesentlichen wegen der Corona-Pandemie keine Küchen-

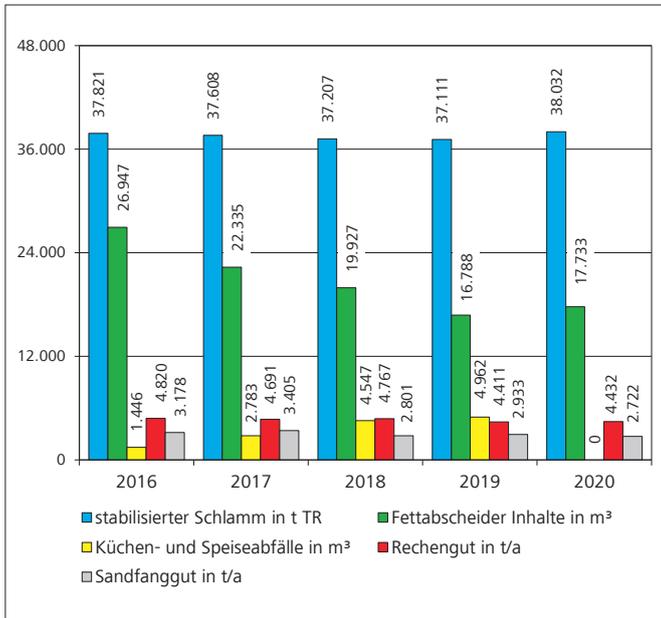


Bild 13.6: Reststoffmengen und angelieferte Co-Substrate für die Jahre 2016 bis 2020

Fig. 13.6: Residue volumes and supplied co-substrates from 2016 to 2020

und Speiseabfälle angeliefert. Durch Pressen bzw. Waschpressen erfolgt beim Rechengut eine deutliche Massenreduktion, bevor es in der Verbrennung entsorgt wird. Beim Sandfanggut erfolgt die Verwertung zu 100 %.

Eine wesentliche Komponente der Kläranlagenleistung ist die Energieeffizienz. Die zumeist elektrisch betriebenen Verdichter bzw. Belüfter für die Sauerstoffversorgung der Mikroorganismen in den Belebungsbecken haben den größten Anteil am Energieverbrauch. So sind Maßnahmen zur effizienteren Energieerzeugung in Kombination mit Eigenenergieerzeugung geeignet, die Energieeffizienz positiv zu beeinflussen. Seit 2015 betreibt der Ruhrverband ein Energiemanagementsystem, um die Energieeffizienz, die Eigenenergieerzeugung und den Energiebezug gezielt zu optimieren und die Energiekosten zu minimieren. Dabei werden die Abwasseranlagen bezüglich ihres Energieeinsatzes eingehend analysiert.

Um den Energiebezug zu senken, werden auf 30 Kläranlagen insgesamt 52 Blockheizkraftwerke (BHKW) und Direktverdichter eingesetzt. Die durch das Faulgas angetriebenen Motoren erzeugen elektrische, mechanische und thermische Energien, die nahezu vollständig auf der Kläranlage genutzt werden. Der nicht auf der Anlage zu verwertende Strom wird entweder über eigene Kabelwege anderen Ruhrverbandsanlagen zugeführt oder ins öffentliche Stromnetz eingespeist. Bild 13.7 zeigt die zeitliche Entwicklung der Klärgasverwertung über die vergangenen fünf Jahre.



Bild 13.8: Kläranlage Essen-Kettwig, Photovoltaikanlage

Fig. 13.8: Sewage treatment plant Essen-Kettwig, photovoltaic system

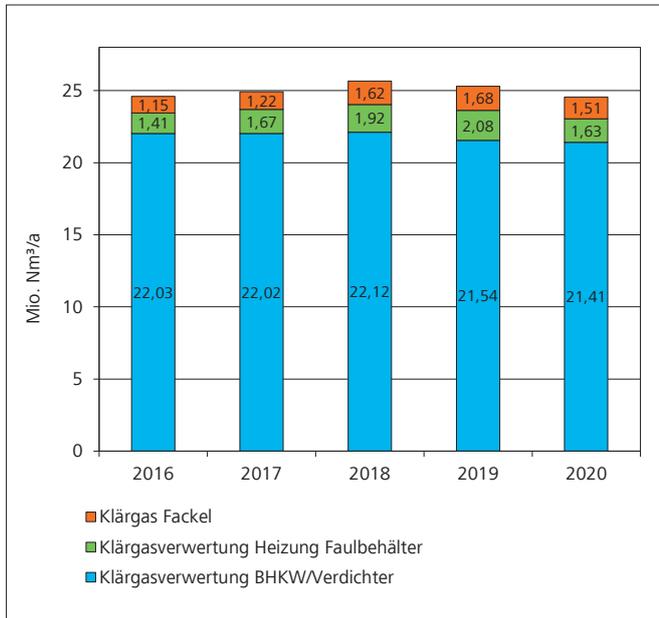


Bild 13.7: Klärgasverwertung auf den Ruhrverbandskläranlagen von 2016 bis 2020

Fig. 13.7: Sewage gas utilisation at the Ruhrverband's sewage treatment plants from 2016 to 2020

Eine weitere Energiequelle wurde durch die Aufstellung von insgesamt zwölf Photovoltaikanlagen (PV) erschlossen, die im Jahr 2020 insgesamt rd. 1,0 Mio. kWh Strom erzeugt haben (Bild 13.8). Von dem in drei eigenen Wasserkraftanlagen (WK) erzeugten Strom konnten 2020 0,9 Mio. kWh auf Kläranlagen genutzt werden.

Durch diese Maßnahmen konnte der Strombezug von Energieversorgungsunternehmen (EVU) auf Kläranlagen leicht gesenkt werden. Seit 2006 ist der Strombezug von 64,9 Mio. kWh auf 30,2 Mio. kWh um mehr als die Hälfte reduziert worden. Der Gesamtstromverbrauch der Kläranlagen beträgt 82,5 Mio. kWh/a. Die BHKW liefern dabei 45,0 Mio. kWh/a und damit 55 % des erforderlichen Stroms. Die zeitliche Entwicklung bei Verbrauch, Bezug und Erzeugung von Strom beim Ruhrverband zeigt Bild 13.9. Zusätzlich enthält diese Darstellung den Energieeinsatz bei den durch Faulgas direkt angetriebenen Verdichtern für Druckluft und den bezogenen Freistrom. Dieser durch Altverträge gesicherte Bezug an kostenfreiem bzw. kostenreduziertem Strom aus der Verpachtung einer Wasserkraftanlage betrug im letzten Jahr 6,7 Mio. kWh/a. Aus dem Gesamtstromverbrauch ergibt sich über die mittlere CSB-Belastung ein spezifischer Stromverbrauch für die Kläranlagen des Ruhrverbands von derzeit 36,8 kWh je Einwohner und Jahr.

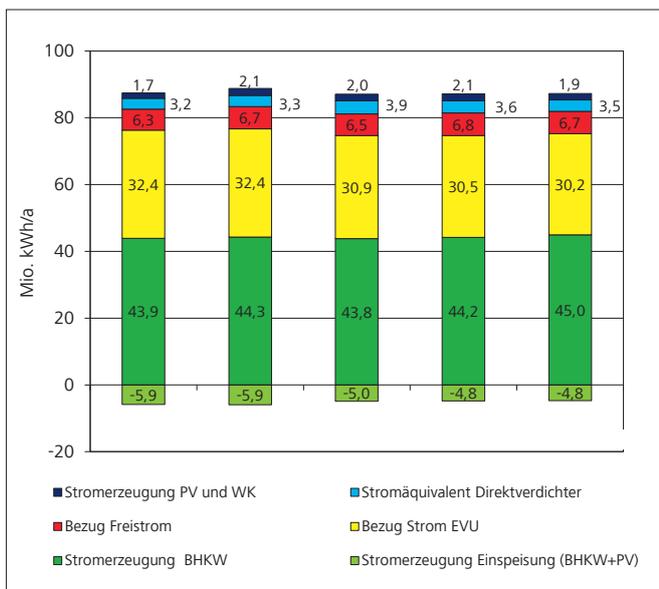
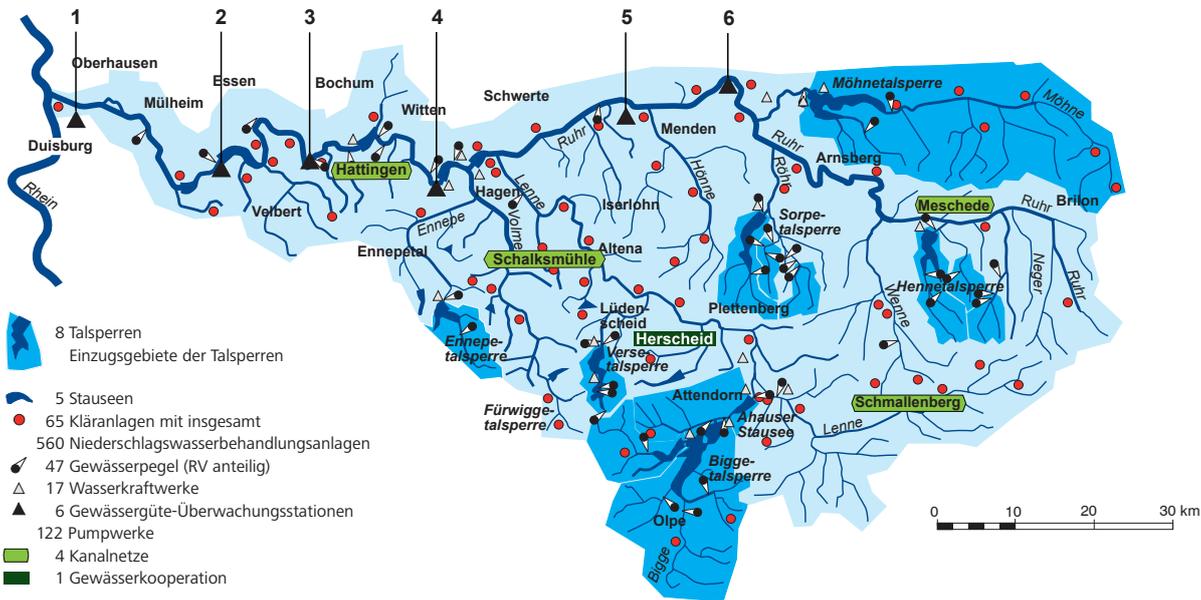


Bild 13.9: Energieeinsatz auf den Ruhrverbandskläranlagen von 2016 bis 2020

Fig. 13.9: Energy data from the Ruhrverband's sewage treatment plants from 2016 to 2020

# Der Ruhrverband in Zahlen



## Gewässergüte-Überwachungsstationen (kontinuierlich)

- ▲ 1. Duisburg (Ruhr-km 2,65)
- ▲ 2. Essen-Werden (Ruhr-km 31,18)
- ▲ 3. Hattingen (Ruhr-km 56,70)
- ▲ 4. Wetter (Ruhr-km 81,49)
- ▲ 5. Fröndenberg (Ruhr-km 113,78)
- ▲ 6. Echthausen (Ruhr-km 128,32)

## Charakterisierung des Ruhreinzugsgebiets nach EG-WRRL

Fläche:	4.478 km <sup>2</sup>
Höhenverhältnisse:	20 bis 800 m ü. NN
Anzahl der Planungseinheiten:	9
Gesamtlänge der Fließgewässer:	~7.000 km
Anzahl Gewässer im Einzugsgebiet > 10 km <sup>2</sup> :	122
Anzahl Grundwasserkörper:	30
178 natürliche und 65 als erheblich verändert ausgewiesene Wasserkörper	

## BETRIEBSANLAGEN

### Bereich Wassergütwirtschaft

Kläranlagen	_____	65
Niederschlagswasserbehandlungsanlagen	_____	560
Stauseen	_____	5
Pumpwerke	_____	122
Wasserkraftwerke	_____	7

### Bereich Wassermengenwirtschaft

Talsperren	_____	8
Gesamtstauraum (in Millionen m <sup>3</sup> )	_____	462,9
Rückpumpwerke	_____	4
Wasserkraftwerke	_____	10

## MITGLIEDER

Mitglieder insgesamt	_____	563
----------------------	-------	-----

## BESCHÄFTIGTE

MitarbeiterInnen in Vollzeitäquivalenten	_____	952
--	-------	-----

## JAHRESABSCHLUSS

Anlagevermögen zu AHK	_____	3.501,6 Millionen Euro
Umsatz	_____	280,7 Millionen Euro
davon Verbandsbeiträge	_____	254,7 Millionen Euro
Eigenkapitalquote	_____	33,3 Prozent
Investitionen	_____	176,3 Millionen Euro

## LEISTUNGEN DER WASSERGÜTEWIRTSCHAFT

Abwasserentsorgung eines Gebietes mit \_\_\_\_\_ 2,040 Millionen EinwohnerInnen \*  
Anschlussgrad \_\_\_\_\_ rd. 99,3 Prozent \*  
Gesamtkapazität der Kläranlagen \_\_\_\_\_ 3,251 Millionen Einwohnerwerte (E)  
Gesamtabwasservolumen  
(einschließlich Niederschlagswasser) \_\_\_\_\_ 333 Millionen m<sup>3</sup>/Jahr

### Ablaufwerte des gereinigten Abwassers (mengengewichtete Mittelwerte)

Biochemischer Sauerstoffbedarf (ATH-BSB<sub>5</sub>) \_\_\_\_\_ 4,4 mg/l  
Chemischer Sauerstoffbedarf (CSB) \_\_\_\_\_ 19,5 mg/l  
Ammonium-Stickstoff (NH<sub>4</sub>-N) \_\_\_\_\_ 0,8 mg/l  
Stickstoff (N<sub>anorganisch</sub>) \_\_\_\_\_ 5,8 mg/l  
Stickstoff (N<sub>gesamt</sub>) \_\_\_\_\_ 6,6 mg/l  
Phosphor (P<sub>gesamt</sub>) \_\_\_\_\_ 0,35 mg/l  
Klärschlammbehandlung  
entsorgte Trockenmasse \_\_\_\_\_ 39.517 t<sub>TM</sub>/Jahr

\* 30. Juni 2020

## LEISTUNGEN DER WASSERMENGENWIRTSCHAFT

Sicherung der Wasserversorgung  
eines Gebiets mit \_\_\_\_\_ 4,6 Millionen EinwohnerInnen  
bei einer Entnahme für die Versorgung  
innerhalb des Ruhreinzugsgebiets von \_\_\_\_\_ 256 Millionen m<sup>3</sup> Wasser  
bei einer Entnahme für die Versorgung  
außerhalb des Ruhreinzugsgebiets  
(einschließlich aller Wasserverluste) von \_\_\_\_\_ 213 Millionen m<sup>3</sup> Wasser  
Schutz vor Hochwasser und Wassermangel  
(bezogen auf die Ruhrmündung)  
durch Verringerung des Maximalabflusses von \_\_\_\_\_ 485 auf 384 m<sup>3</sup>/s  
durch Erhöhung des Minimalabflusses von \_\_\_\_\_ 0,0 auf 15,3 m<sup>3</sup>/s

## SONSTIGE LEISTUNGEN

### Qualitätsüberwachung und Beratung

Probenahmen mit insgesamt \_\_\_\_\_ 250.000 Bestimmungen

### Stromerzeugung

LLK-Biggegruppe \_\_\_\_\_ 24,23 Millionen kWh  
LLK-Nordgruppe \_\_\_\_\_ 22,53 Millionen kWh  
Ruhrverbands-Stauseen \_\_\_\_\_ 59,27 Millionen kWh  
Blockheizkraftwerke auf Kläranlagen \_\_\_\_\_ 44,97 Millionen kWh  
Photovoltaikanlagen auf Kläranlagen \_\_\_\_\_ 1,0 Millionen kWh  
Stromerzeugung insgesamt \_\_\_\_\_ 152,0 Millionen kWh

### Forstwirtschaft und Fischerei

Waldflächen im Besitz des Ruhrverbands \_\_\_\_\_ 3.100 Hektar  
Fischereierlaubnisverträge \_\_\_\_\_ 6.584 Stück

Stand: 31. Dezember 2020

Die Arbeitsgemeinschaft  
der Wasserwerke an der Ruhr e. V. (AWWR) im Jahr 2020



*Wasserwerk Hengstey der Mark-E Aktiengesellschaft. Weitergehende Aufbereitungsstufe mit einer Leistungsfähigkeit von 1.800 m<sup>3</sup>/h.*





Dipl.- Ing. Roland Rütter

Kurz vor Drucklegung dieses Ruhrgüteberichts ereignete sich im Juli 2021 auch in Teilen der Ruhrregion ein extremes Hochwasser, das uns mit katastrophaler Macht unerwünschte Botschaften des Klimawandels schickte. Es brachte Menschen in NRW an ihre Grenzen und darüber hinaus. Viele Menschen haben alles verloren, einige sogar ihr Leben. Mitgefühl, Solidarität, Hilfsbereitschaft, Gemeinsinn sowie der Wille zur Veränderung und zum Neuaufbau haben Kräfte freigesetzt, die Mut machen und zeigen, wozu wir in NRW fähig sind.

Auch die Ruhr selbst und ihre Nebenflüsse hat es hart getroffen. Schadstoffe aus überspülten Betrieben und Kellern haben die Gewässer sehr strapaziert. Positive Nachrichten gibt es dennoch zu vermelden: Durch die Selbstheilungskraft der fließenden Gewässer fand die Ruhr schnell auf den Weg der Regeneration zurück. Die Trinkwasserversorgung aus den Ruhrwasserwerken war aufgrund der sicheren Aufbereitungsanlagen auch in der Spitze gewährleistet. Dort, wo es kurzfristig zu Einschränkungen kam, informierten die Versorger zeitnah bzw. wurden Ersatzversorgungen eingerichtet.

Das Jahrhundert-Hochwasser drohte zuletzt, das bereits im Juni in der Redaktion eingereichte Vorwort den Bach hinunterzuspülen, denn dieses behandelt im Kern den zeitweisen Wassermangel im Klimawandel und das Niedrigwassermanagement der Ruhr. Themen, die in den letzten drei Jahren Hauptschwerpunkte der AWWR ausmachten, aber mit denen man in Hochwasserzeiten Gefahr läuft, für verrückt erklärt oder schlimmer noch, überhört zu werden. Bitte, verehrte Leserinnen und Leser, werten Sie daher das Festhalten am ursprünglichen Vorwort nicht als Bequemlichkeit des Verfassers, sondern als Unbequemlichkeit, die in der Ambivalenz der Auswirkungen des Klimawandels laut ausgesprochen werden muss.

Der aktuelle Bericht liefert Ihnen einen Überblick über die Arbeit, die 2020 in unseren Kompetenzzentren von ehrenamtlich tätigen Fachleuten geleistet wurde, die im Schwerpunkt aus unseren Mitgliedsunternehmen kommen. Sie erhalten in Ergänzung zu den Beiträgen des Ruhrverbands die Ergebnisse unseres Ruhr-Monitorings, das sich wie immer als Transparenzbaustein zur Gewässerbeschaffenheit versteht. Aus der Ruhr beziehen die 30 Wasserwerke unserer Mitgliedsunternehmen das Rohwasser für die Aufbereitung von rund 240 Mio. m<sup>3</sup>/a Trinkwasser bester Güte und Qualität, das an über 4,5 Mio. Menschen in der Region geliefert wird.

Dass aus dem anthropogen veränderten Fluss Ruhr das Rohwasser für die Trinkwasserversorgung entstammt, wurde in der Vergangenheit häufig kritisiert. Und auch heute wäre es dem Einen oder Anderen vielleicht wohler, Trinkwasser aus einem gut gekapselten Grundwasserreservoir zu erhalten, das sich in einer geologischen Zeit vor jeglicher menschlicher Beeinflussung gebildet hat. Es ist ein legitimer Wunsch und eine Maxime der Wasseraufbereitung, den Rohstoff aus einer möglichst unbelasteten, naturnahen Quelle zu erhalten.

Schaut man sich in diesem Kontext die Situation an der Ruhr an, ist es das Beste, was einem Fluss passieren kann: Der Grundsatz der modernen Trinkwasserversorgung – „so viel Gewässerschutz wie möglich, so viel Aufbereitung wie nötig“ zu betreiben – hat der Ruhr sehr gut getan. Ergänzend zu allgemeinen wasserwirtschaftlichen Maßnahmen und Projekten im Einzugsgebiet haben auch die Bedeutung für die Trinkwasserversorgung und Qualitätsmaßnahmen der AWWR sowie der jährliche Transparenzbeitrag in Form des Ruhrgüteberichts zu einer stetigen Verbesserung der Gewässerökologie an der Ruhr beigetragen. Reiht man die bisher erschienenen Ruhrgüteberichte aneinander, lässt sich ablesen, dass sich die Güte der Ruhr, begleitet von gestiegenen Qualitätsanforderungen sogar bei immer präziserer bzw. tiefer blickender Analytik, fortlaufend verbessert hat.

Die Ruhr ist grundsätzlich in einem sehr guten Qualitätszustand und ein hervorragender naturräumlicher Rohwasserlieferant für eine nachhaltige Daseinsvorsorge. Dennoch sollten wir uns nie auf Erreichtem ausruhen. Umso erfreulicher ist es, dass auch Ehrenamtliche z. B. im Rahmen von Schulprojekten oder universitären Forschungen dazu beitragen, den Blick auf und in den Fluss noch transparenter zu gestalten. Auch gibt es viele freiwillige Helfer, die mit Reinigungsaktionen in ihrer Freizeit Ufersäume pflegen. In einer Vielzahl von Vereinen bringen sich Menschen für die Ruhr ein. Ihnen gebührt Dank und Anerkennung!

Aus den Wasserwerken wird auf den nachfolgenden Seiten vermeldet, dass der Stand der Aufbereitungstechnik an der Ruhr weiterhin wie geplant fortgeschrieben wurde. Aktuell sind die Weitergehenden Aufbereitungsstufen im Wasserwerk Westhofen (Wasserwerke Westfalen GmbH) und im Wasserwerk Hengstey (Mark-E Aktiengesellschaft) erfolgreich in Betrieb gegangen.

Neben den Beiträgen über diese neuen Aufbereitungstechniken werden Sie nachfolgend drei weitere spannende Berichte unserer Mitglieder aus den Bereichen Ökologie und Nachhaltigkeit finden: Die Wassergewinnung Essen GmbH berichtet über den Ersatz herkömmlicher Flockungsmittel durch nachwachsende, polymere Stoffe auf Basis von Pflanzenstärke am Beispiel der Wassergewinnung Essen-Burgaltendorf und die Rheinisch-Westfälische Wasserwerksgesellschaft mbH beschreibt moderne Ansätze bei der Implementierung von Photovoltaikanlagen in den Wasserwerken. Im Wasserwerk Hengstey der Mark-E Aktiengesellschaft wurde die Außenbeleuchtung so modernisiert, dass neben signifikanter Energie- und CO<sub>2</sub>-Einsparung die neue Beleuchtung zur Vermeidung des Insektensterbens beiträgt und nachtaktive Tiere kaum mehr irritiert werden.

Hauptanliegen und Nachhaltigkeitsschwerpunkt der AWWR war im zurückliegenden Berichtszeitraum erneut das Niedrigwassermanagement der Ruhr. Es bleibt wichtig hervorzuheben, dass aufgrund geologischer Gegebenheiten die Ruhr für die Trinkwasserversorgung unserer Region alternativer Rohwasserspender ist, denn nennenswerte Grundwasservorkommen gibt es hier nicht. Die Talsperren des Ruhrverbands sind für die Ruhr unverzichtbare Vorlieferanten, die neben dem Hochwasserschutz überlebenswichtigen Speicherraum zur Überbrückung von Trockenphasen darstellen. Aus ihnen speist sich der Fluss, der bereits ohne Klimawandel über längere Zeiten im Jahr trocken fallen würde.

Die Ruhrwasserwerke haben sich seit dem letzten Ruhrgütebericht weiterhin intensiv mit dem Thema Klimawandel und dem zukünftigen Niedrigwassermanagement an der Ruhr beschäftigt. Der Klimawandel hat auch in unserer Region Einzug gehalten und die Überbrückungszeiten, in denen die Ruhr einzig aus den Talsperren gespeist wird, sind länger geworden, wie der Ruhrverband anschaulich belegt. Die anhaltend extreme Dürrephase der Jahre 2018, 2019 und 2020 hat die Talsperren des Ruhrverbands auf eine harte Bewährungsprobe gestellt und gezeigt, dass die Ausfallwahrscheinlichkeit des Systems höher geworden ist. Unsere Mitgliedsunternehmen sorgen sich zunehmend um die Rohwasservorräte der Trinkwasserversorgung der Ruhrregion.

Mehreren vom Ruhrverband angestregten Sonder-Genehmigungsverfahren zur Abflussreduzierung und dem Glücksfall eines von überdurchschnittlichen Niederschlägen geprägten wasserwirtschaftlichen Winterhalbjahres 2019/2020 ist es zu verdanken, dass mit gefüllten Talsperren ins vergangene Trockenjahr 2020 gestartet werden konnte. Besonders hervorzuheben ist, dass die Nordgruppe der Ruhrverbandstalsperren weniger von Niederschlägen profitierte als die Südgruppe. Gleichzeitig muss die Nordgruppe laut bestehendem Ruhrverbandsgesetz mehr überproportionale Abflussspende leisten. Dies führt zu einem erhöhten Risiko, besonders für die oberhalb von Schwerte-Villigst gelegenen Wasserversorgungen.

Die AWWR engagiert sich seit 2018 sehr intensiv gemeinsam mit dem Ruhrverband und den zuständigen Genehmigungsbehörden für eine gegenüber dem Klimawandel resiliente Anpassung des Niedrigwassermanagements der Ruhr, die sich an möglichst geringen Ausfallwahrscheinlichkeiten orientiert. Dies bedeutet eine Verringerung der Abgaben aus den Talsperren in Niedrigwasserzeiten, zu denen eine Zuschusspflicht aus den Talsperren besteht. Die Leit-Pegel hierfür sind Oeventrop, Villigst und Hattingen.

Intakte Gewässer und gute Gewässerökologie sind Grundlage für die Nutzung / Entnahme von Rohwasser für die Trinkwasserversorgung. Dies fordert das in Deutschland vorgegebene Multibarriersystem, das unser Trinkwasser vom Gewässer bis zum Wasserhahn schützt. Die Verringerung der Abflüsse der Ruhr an Tagen, an denen Zuschusspflicht besteht, stellt aus unserer Sicht in dem hier erforderlichen gebotenen Ausmaß keine Gefährdung der erreichten und zukünftigen Gewässerökologie dar. Im Gegenteil: Flora, Fauna und Habitat profitieren davon, wenn der Fluss oder die Talsperren auch in sehr lang anhaltender Dürre aufgrund einer vorausschauenden Speicherraumbewirtschaftung am Ende nicht trocken fallen.

Die vom Ruhrverband aktiv angestrebte Anpassung des Ruhrverbandsgesetzes mit neuen grundständigen, zukunftsfähigen und versorgungssicheren Niedrigwasserabflüssen ist dringend erforderlich. Kombiniert mit der weiterhin angedachten rechtlichen Möglichkeit, in außergewöhnlichen Trockenzeiten weitere Abflussreduzierungen im behördlichen Antragsverfahren zu erwirken, wäre auch aus Sicht der AWWR die Trinkwasserversorgung aus dem Naturraum Ruhr im Klimawandel gut aufgestellt.

Nicht nur deshalb verdient dieses gemeinsame Vorhaben vollste Unterstützung von Fachleuten, Verbänden, Politik und Gesellschaft. Dem Ruhrverband wird damit ermöglicht, die Stauraumbewirtschaftung so ressourcenschonend zu betreiben, dass der Bau neuer Talsperren in der Region aus heutiger Perspektive nicht erforderlich wird. Den Vorteil der in unserer Region bereits bestehenden wasserwirtschaftlichen Infrastruktur gilt es nun für eine auch im Klimawandel sichere Daseinsvorsorge zu heben. Für die Umsetzung ist Eile geboten, die Sorgfalt nicht ausschließt.

Die AWWR wirbt eindringlich für eine sachgerechte und an der Ausfallwahrscheinlichkeit der Talsperren orientierte Änderung des Ruhrverbandsgesetzes zur Sicherstellung der Daseinsvorsorge bis zum Jahresende 2021, gleichwohl in dieser Legislaturperiode.

Hagen, im August 2021

Dipl.-Ing. Roland Rüter  
Vorsitzender des Präsidiums  
der AWWR Arbeitsgemeinschaft der  
Wasserwerke an der Ruhr e. V.  
Aktiv für Ihr Wasser aus dem Ruhrtal

---

## 15 AWWR-Ausschusstätigkeit

---

---

### Ausschuss Wassergüte

*Obmann: Dr. Henning Schünke, Westfälische Wasser- und Umweltanalytik GmbH, Schwerte*

---

Auf Grund der Corona-Pandemie traf sich der Fachausschuss Wassergüte der AWWR im Jahr 2020 zu seiner 105. Sitzung nur einmal und im Onlineformat. Trotz des ungewohnten Formates konnten die aktuellen Themen der Wassergüte an der Ruhr durch die Mitglieder des Ausschusses – Fachleute aus den Wasserversorgungsunternehmen sowie den beiden Untersuchungslaboren (Hygiene-Institut des Ruhrgebiets Gelsenkirchen, Westfälische Wasser- und Umweltanalytik GmbH) und dem Ruhrverband – beraten werden (siehe Mitglieder Ausschuss Wassergüte).

Dem Ausschuss sind die Arbeitskreise „Anorganische Spurenanalytik“, „Organische Spurenanalytik“ und „Mikrobiologie“ zugeordnet und sichern die Kompetenz des Ausschusses durch ihre vertiefte fachliche Beratung in ihren Fachgebieten ab. Weiterhin ist in dem Ausschuss die Kooperation Landwirtschaft / Wasserwirtschaft an der Ruhr eingebunden; die Vertretung der Kooperation im Ausschuss unterstützt bei Fragen zur landwirtschaftlichen Bewirtschaftung im Ruhreinzugsgebiet.

Im Jahr 2020 schied Herr Ortwin Rodeck aus dem aktiven Dienst bei der Gelsenwasser AG aus und legte auch sein Amt als Sprecher der Kooperation Landwirtschaft / Wasserwirtschaft an der Ruhr nieder. Diesem Gremium gehörte er seit Beginn im Jahr 1992 an und war zuletzt Sprecher der Kooperation. Seine Funktion in der Kooperation wurde von Herrn Klaus Döhmen (Verbund-Wasserwerk Witten) übernommen. Mit Herrn Rodeck verlieren der Ausschuss und die Wasserversorgung an der Ruhr einen ausgewiesenen Fachexperten für den Bereich Landwirtschaft, der sich stets mit großem Einsatz für die Belange der Wasserwirtschaft, basierend auf einer umfassenden Kenntnis der landwirtschaftlichen Praxis, eingesetzt hat. Darüber hinaus verlieren wir einen sehr geschätzten Kollegen. Neben seinem Engagement in den konkreten Anforderungen für den Wasserschutz in den Schutzgebieten brachte er sich auch in den Verfahren der europäischen Wasserrahmenrichtlinie mit ein und mahnte an, die gesetzlichen Grundlagen der landwirtschaftlichen Praxis mit den Anforderungen aus dem Grundwasserschutz in Einklang zu bringen. Wir wünschen Herrn Rodeck alles erdenklich Gute für die Zukunft, vor allem aber Gesundheit, damit er die gewonnenen Freiheiten nach seinem Berufsleben genießen kann.

Die fortlaufenden Aufgaben des Ausschusses Wassergüte umfassen folgende Themen der Wasserwirtschaft an der Ruhr:

- Beobachtung und Bewertung der chemisch-hygienischen Ruhrwasserqualitäten
- Beurteilung und Ursachenforschung von aktuellen Belastungen der Ruhrwasserqualität anhand von Informationen der Versorger und des Ruhrverbands
- Erfassung und Auswertung der Ergebnisse aus den Ruhrlängsuntersuchungen und den zeitdichten Untersuchungen
- Bewertung der Ergebnisse der gemeinsamen Ruhrlängsuntersuchungen und der freiwilligen zeitdichten Untersuchungen durch die Mitgliedsunternehmen und des Ruhrverbands im Rahmen des Ruhrgüteberichts
- Initiierung, fachliche Konzeptionierung, Begleitung, Auswertung und Präsentation von Sondermessprogrammen zu chemischen Qualitätsmerkmalen; aktuelle Untersuchungsprogramme waren 2020:
  - organische Spurenstoffe
  - Untersuchung des Einflusses von Erbstollenabflüssen
- 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
- Beurteilung von aktuellen Entwicklungen in der nationalen und internationalen Gesetzgebung hinsichtlich ihrer Relevanz für die Mitglieder der AWWR
- Beratung der AWWR-Mitgliederversammlung bei allen qualitätsrelevanten Fragestellungen, ggf. in Zusammenarbeit mit den Ausschüssen Wassergewinnung und -aufbereitung und/oder Öffentlichkeitsarbeit
- Unterstützung der AWWR-Mitglieder bei Behördenterminen
- Erarbeitung von Fachbeiträgen zur Ruhr- und Trinkwassergüte, z.B. für den Ruhrgütebericht
- Inhaltliche Unterstützung bei der Verbesserung des Internet-Auftrittes der AWWR
- Unterstützung beim Ausbau einer verbesserten Kommunikation bei Ausschuss-übergreifenden Themen innerhalb der AWWR: Benennung und Präsentation vorhandener Kompetenzen

Im Jahr 2020 wurden durch den Ausschuss über die regelmäßig übernommenen Aufgaben hinaus aktuelle Fragestellungen bearbeitet, die die folgenden Themen umfassten:

- Die Entwicklung und die Folgen des Niedrigwasserabflusses auf die Wasserqualität in den Jahren seit 2018 wurden diskutiert. Der Ausschuss beteiligt sich an der Arbeitsgruppe Wasserqualität in der Abstimmung zum Niedrigwassermanagement.
- Die Relevanz von Abflüssen aus den Erbstollen des Altbergbaues in die Ruhr wurde durch ein Sondermonitoring durch die Mitgliederversammlung beauftragt. Das Monitoring konnte in 2019 begonnen und 2020 abgeschlossen werden. Über die Ergebnisse wurde bereits im Ruhrgütebericht 2019 berichtet. Es lagen aktuell keine Belastungen aus den Erbstollen vor, die eine Beeinträchtigung der Qualitäten der Ruhr befürchten lassen.
- Für das Untersuchungsprogramm zur Reduktion von Viren, vor allem Adenoviren, bei der Wasseraufbereitung an der Ruhr wurden die Vorbedingungen abgeschlossen. Die Untersuchungen an verschiedenen Wasserwerken an der Ruhr wurden abschließend für 2021 geplant.
- Im Ausschuss wurde über die geplante Verschärfung des Maßnahmewertes bei PFAS durch das UBA sowie die neue Festsetzung des Leitwertes für Trifluoressigsäure diskutiert.
- Die Nachweise des Auftretens des Wirkstoffes Oxipurinol wurden besprochen. Mit der weitergehenden Aufbereitung oder oxidierenden Aufbereitungsschritten z.B. während der Desinfektion wird dieses Arzneimittel bei der Trinkwasseraufbereitung entfernt.
- Zu einer geplanten Sedimentverlagerung aus dem Staubeereich des Hammerteiches des Nebenbaches Borbach in die Ruhr bei Witten wurde für das Präsidium der AWWR eine Stellungnahme ausgearbeitet, die als Grundlage für die AWWR-Rückmeldung an den Vorhabenbetreiber verwendet wurde.

Schwerpunkt der Ausschussarbeit war erneut die Bewertung der Ruhrwasserqualität. Dazu wurden die Untersuchungen des Ruhrverbands an der Probestelle Essen-Rellinghausen und des Spurenstoffmonitorings der AWWR im Ausschuss diskutiert und bewertet.

Die Untersuchungen des Grubenwassermonitorings aus dem Altbergbau im so genannten Erbstollen-Projekt wurden 2020 abgeschlossen und die Ergebnisse diskutiert. Es konnte keine aktuelle Belastung aus den Zuflüssen für die Ruhr aufgefunden werden.

### **Arbeitskreis Allgemeine und anorganische Analytik**

*Obmann: Dr. Georg Böer, Westfälische Wasser- und Umweltanalytik GmbH, Schwerte*

Der Arbeitskreis, der 2020 weiterhin 8 Mitglieder zählte, hat sich im Januar 2020 zu seiner jährlichen Sitzung getroffen. Hauptthemen waren Erfahrungsaustausch und Besprechung der Ergebnisse und Konsequenzen aus den Vergleichsanalysen.

Im Austausch wurden gerätetechnische Fragen oder Prozesse der beteiligten Labore thematisiert, die für die Beteiligten relevant sind (Behebung von Problemen bei Laborrobotern, Überprüfung von Titrationsgeräten im Rahmen der Qualitätssicherung, Auswahlkriterien und Erfahrungen bei der Einführung von neuen Labor-Informations- und Management-Systemen, Erfahrungen mit dem Einsatz und den Verbrauchsmaterialkosten von TOC-Geräten verschiedener Hersteller, Umsetzung des DVGW- Merkblattes W 273 2019-05 „Anleitung zur Durchführung von sensorischen Prüfungen in Wasserlaboratorien zur Sensorik bei der Probenahme, usw.).

Bei den Vergleichsanalysen sind die bekannten Abweichungen z.B. bei den Parametern Aluminium, Eisen, DOC immer wieder im Fokus. Es wird akzeptiert, dass es auch zukünftig schwebstoffbedingte Inhomogenitäten bei der realen Ruhrwasserprobe geben wird.

Die bisherigen Befunde bei abfiltrierbaren Stoffen und AOX sollen längerfristig ausgewertet werden. Als Weiteres soll geprüft werden, ob die bisher vorliegenden Daten der Vergleichsanalysen für eine Berechnung der Vergleichsstandardabweichung nutzbar sein könnten, um eine Messunsicherheit für „nicht dotierbare Parameter“ wie Sauerstoff oder Säurekapazität zu ermitteln.

Coronabedingt mussten die sonst vierteljährlichen Vergleichsanalysen (VA) 2020 größtenteils entfallen. Die einzige Entnahme fand vor der Pandemie im Februar 2020 statt (VA 121). Im weiteren Jahresverlauf machten es die gebotenen Abstandsregelungen unmöglich, die Entnahme in der üblichen Form, d.h. möglichst zeitgleich, an einer gemeinsamen Entnahmestelle im WW Hengstey durchzuführen.

### **Arbeitskreis Organische Spurenanalytik**

*Obfrau: Petra Bröcking, Hygiene-Institut des Ruhrgebiets, Gelsenkirchen*

Auch die Arbeit des Arbeitskreises hat im Jahr 2020 auf Grund der Corona-Pandemie nur eingeschränkt stattfinden können. Die Labore haben ihren Betrieb in der Regel vollständig aufrechterhalten. Es waren jedoch viele organisatorische Maßnahmen umzusetzen, was insbesondere personell Kapazitäten gebunden hat.

Der Arbeitskreis hat sich im Februar des Jahres 2020 noch zu einer Sitzung zusammengefunden. Eine für den Herbst 2020 vorgesehene Sitzung wurde als Videokonferenz abgehalten. Hier wurden jedoch ausschließlich die Vergleichsuntersuchungen ausgewertet und die Planung für 2021 durchgeführt. Weitergehende Diskussionen, die im Arbeitskreis sonst rege geführt werden, konnten unter diesen Umständen nicht stattfinden.

Es wurde innerhalb des Arbeitskreises diskutiert und beschlossen, dass auch weiterhin zweimal jährlich Sitzungen stattfinden sollen. Auch bei zunehmend hoher Arbeitsbelastung der teilnehmenden Mitglieder ist der Austausch im derzeitigen Abstand sinnvoll und nützlich für alle Beteiligten.

Bei der Durchführung von Vergleichsuntersuchungen innerhalb des Arbeitskreises werden einige Parameter nach wie vor ein- oder zweimal im Jahr durchgeführt. Hierzu zählt z.B. die Bestimmung der Pflanzenschutzmittel-Wirkstoffe, der Komplexbildner, der Halogenkohlenwasserstoffe oder der polycyclischen aromatischen Kohlenwasserstoffe. Derzeit wird im Arbeitskreis jedoch auch regelmäßig diskutiert, welche zusätzlichen Parameter in den Laboren untersucht werden und welche Untersuchungsverfahren neu entwickelt wurden. Dabei werden die Analysenverfahren besprochen und zusätzliche Vergleichsuntersuchungen konzipiert. Ziel ist es, auch für diese Verfahren die Vergleichbarkeit von Ergebnissen der Analytik zu überprüfen und gegebenenfalls zu verbessern.

Im Jahr 2020 wurden ergänzend Vergleichsuntersuchungen für weitere PSM-Metabolite, phosphororganische Flammenschutzmittel, ausgewählte Arzneimittel-Wirkstoffe und MTBE/ETBE durchgeführt. Alle durchgeführten Vergleichsuntersuchungen zeigten, dass die Verfahren beherrscht werden und insgesamt vergleichbare Ergebnisse erzielt werden.

Zu einigen dieser Vergleichsuntersuchungen hat der Arbeitskreis Gäste eingeladen. Die Ergebnisse zeigen, dass auch im Vergleich mit Laboratorien außerhalb des Arbeitskreises vergleichbare Ergebnisse erzielt werden.

Im Erfahrungsaustausch zwischen den beteiligten Laboren, der im Februar 2020 noch möglich war und für den Arbeitskreis immer ein zusätzlicher Schwerpunkt ist, wurden Informationen z.B. über die Erfahrungen mit neu beschafften Analysegeräten ausgetauscht. Zusätzliche Themen waren unter anderem die Bestimmung von Microcystin, Informationen zur Non-Target-Analytik oder zur Einführung eines Labordatensystems (LIMS).

### **Arbeitskreis Mikrobiologie**

*Obmann: Bernd Lange, IWW Rheinisch-Westfälisches Institut für Wasserforschung gGmbH, Mülheim (bis 31.10.2020)*

*Obfrau Dr. Anne Heyer, RWW Rheinisch-Westfälische Wasserversorgungsgesellschaft mbH, Mülheim (seit 01. November 2020)*

Im Jahre 2020 fiel die geplante Enterokokken-Vergleichsuntersuchung innerhalb des Arbeitskreises aufgrund der Corona-Pandemie aus. Außerdem fanden auch beide Sitzungen im März und September als Online-Konferenzen statt, in denen ein reger Austausch über neue Regelwerke und Bestimmungen sowie Maßnahmen zur Qualitätssicherung in den mikrobiologischen Laboratorien stattfand. Wichtig hierbei zu erwähnen ist das Auslaufen des Patentes für Colilert (DIN EN ISO 9308 Teil 2). Der Produktname muss daher mittelfristig in der Norm ersetzt werden. Alternativprodukte sind auf dem Markt.

Über das neue ISO-Projekt „Water quality – Enumeration of culturable microorganisms – colony count of slow-growing microorganisms“ wurde bereits im letzten Protokoll berichtet. Hier wird mit R2A-Agar bei 22°C mit einer Bebrütungszeit von sieben Tagen gearbeitet, um Wasserbakterien (geringer Nährstoffbedarf) zu bestimmen.

In Kooperation mit dem LANUV ist vor ca. zwei Jahren am Baldeneysee eine Studie zu multiresistenten Bakterien in Badegewässern erstellt worden. Derzeit läuft eine Masterarbeit zu Biofilmen in Sedimenten und auf Steinen. Eingesetzt werden Probenahmegeräte mit Aufwuchskörpern, die in die Ruhr eingelassen werden. Über die Ergebnisse wird im Arbeitskreis nach Abschluss berichtet werden.

## **Kooperation Wasserwirtschaft / Landwirtschaft im Ruhreinzugsgebiet**

*Sprecher: Klaus Döhmen, Verbund-Wasserwerk Witten, Witten*

*Bericht: Frank Reinhardt, Wasserberater der Landwirtschaftskammer, Meschede*

Innerhalb des Personals gab es 2020 keine Veränderungen. Herr Hornkamp, der im Herbst 2018 neu ins Beratungsteam für das Gebiet Märkischer Kreis eingestellt worden ist, hat sich mittlerweile gut eingearbeitet. Herr Schröder ist weiterhin für die Beratung im Gebiet Ruhr-Lippe und Teile des Rheinlandes (Mettmann) zuständig, ebenso wie Herr Reinhardt, der die Kooperationsmitglieder im Hochsauerlandkreis betreut.

Bedingt durch die Corona-Situation sind weniger Betriebsbesuche als im Vorjahr durchgeführt worden. Die Beratung vor Ort wurde oftmals durch Telefonate, Mailverkehr und Videokonferenzen ersetzt. Da auch in den einzelnen Kreisstellen der LWK Vorsichtsmaßnahmen zur Eindämmung der Pandemie getroffen wurden, sind viele Beratungstermine telefonisch aus dem Homeoffice durchgeführt worden. Die Landwirtschaftskammer hat alle technischen Voraussetzungen für die Arbeit von zu Hause aus geschaffen, so dass eine ständige Erreichbarkeit der Berater gegeben war. Insgesamt war so der Kontakt mit den Betriebsleitern jederzeit möglich.

Insgesamt sind derzeit 927 Betriebe Mitglied in der Kooperation. Diese bewirtschaften insgesamt 46.893 ha Fläche. Die Nutzung teilt sich in 47 % Ackerflächen, 52 % Grünlandflächen und 1 % Brachflächen auf. Somit kommt die Ruhrkooperation auf einen Kooperationsflächenanteil von 50,8 % an den gesamten landwirtschaftlichen Flächen im Ruhreinzugsgebiet.

Der Arbeitsschwerpunkt der Kooperation lag, wie auch schon in den vergangenen Jahren, in der betrieblichen Umsetzung der Düngeverordnung (EU-Nitratrichtlinie). Neben der Berechnung von Nährstoffvergleichen, die einen ersten Überblick über die Düngung mit organischen und mineralischen Düngemitteln geben, müssen ab 2019/2020 auf Betrieben, die einen bestimmten Viehbesatz/ha überschreiten oder organische Nährstoffträger aus anderen Betrieben/Biogasanlagen aufnehmen, betriebliche Stoffstrombilanzen berechnet werden.

Sowohl Landwirte als auch Berater investierten in diese neue Berechnungsmethode viel Zeit. Die schon aus den letzten Jahren bekannte Düngebedarfsermittlung wurde durch schlagbezogene Düngeaufzeichnungen erweitert, so dass auch hier erhöhter Beratungsbedarf bestand. Insgesamt wurden durch die drei Berater

- 369 Nährstoffvergleiche
- 75 Stoffstrombilanzen
- 97 Düngebedarfsermittlungen und
- 18 gesamtbetriebliche Düngepläne (schlagbezogen) erstellt.

Im Düngebereich lässt sich positiv festhalten, dass einzelbetrieblich sowohl die organische Düngung (Viehbesatz) als auch die Mineraldüngung im Vergleich zum Vorjahr weiter leicht gesunken ist.

Zusätzlich beraten werden die Betriebe, die aufgrund ihres hohen Viehbesatzes organische Düngemittel (Gülle, Mist, Geflügelkot) an andere Betriebe abgeben müssen. Aufnahmefähige Betriebe werden gesucht, Gespräche zwischen den Betriebsleitern begleitet, entsprechende Berechnungen durchgeführt. So gibt es beispielsweise allein im Hochsauerlandkreis 94 Betriebe, die aufgrund ihrer Viehhaltung org. Düngemittel abgeben müssen, 117 aufnehmende Betriebe stehen dem gegenüber (vermittelte Menge im HSK 2020: > 28.000 t). Die Beratung versucht regional zu vermitteln, um den Import von Gülle aus anderen Regionen Deutschlands oder dem Ausland zu verhindern.

Des Weiteren wurden im Rahmen von Betriebsbesuchen, die AwSV in Bezug auf die Lagerung von organischen Düngemitteln überprüft, um den Beirat auf der jährlichen Sitzung (2020 online) eine Einschätzung über den Stand zu geben. Es wurden 50 Betriebe besichtigt/befragt. Die Ergebnisse wurden dokumentiert.

Ein weiteres Standbein der Beratung ist der von der AWWR beschlossene Förderkatalog, der je nach Bedarf jährlich angepasst werden kann. Insgesamt sind in 2020 80 Einzelförderungen beantragt und mit 56.102,79 € abgerechnet worden. Schwerpunkte waren hier nach wie vor die bodennahe Gülleausbringung (13 Einzelförderungen) und die Uferflächenförderung (13 Einzelförderungen, mit insgesamt 34,31 ha Fläche). Wenn man bei der Uferflächenförderung eine durchschnittliche Breite des Schutzstreifens von 15 m annimmt, werden im Ruhreinzugsgebiet auf einer Länge von 22,8 km Fließgewässer zusätzlich vor Pflanzenschutz- und Düngemittelträgen geschützt.

Im Bereich Informationsveranstaltungen sind im Winter 2020 mehrere Seminare mit den Betriebsleitern zum Thema „Düngebedarfsermittlung“ durchgeführt worden. Ein Zwischenfruchtversuch, den die Kooperationsberater in Ruhr-Lippe/Märkischer Kreis vor Ort angelegt hatten, konnte zwar bezüglich unterschiedlicher Bodenbearbeitungstechniken und Fruchtarten ausgewertet werden. Eine geplante Feldbesichtigung mit den Landwirten musste aber aufgrund der hohen Corona-Auflagen abgesagt werden.

Bezüglich der außerlandwirtschaftlichen Beratung bleibt der Arbeitsschwerpunkt die Verhinderung von illegalen Herbizideinsätzen auf befestigten Flächen (Wege, Parkplätze, Hofeinfahrten, Gehwege). Dies erfolgt in Zusammenarbeit mit dem Pflanzenschutzdienst NRW, als auch mit den Städten und Kommunen. Gerade die Kontaktpflege mit Bau- und Betriebshöfen sowie Grünen Märkten ist eine wichtige vertrauensbildende Maßnahme, um Aufklärungsarbeit in diesem Bereich zu leisten.

## **Ausschuss Wassergewinnung und -aufbereitung**

*Obmann Dr. Michael Plath, RWW Rheinisch-Westfälische Wasserwerksgesellschaft mbh, Mülheim an der Ruhr*

Im Jahr 2020 wurde coronabedingt nur eine Sitzung des Ausschusses Wassergewinnung und -aufbereitung online durchgeführt. Die Sitzung am 12. November 2020 fand via Microsoft Teams statt. Im Jahr 2020 gab es eine personelle Veränderung im Ausschuss, Herr Dr. Tuschewitzki ist in Rente gegangen. Seit 1990 war er in AWWR-Ausschüssen tätig, seit 1995 unterstützte er den Ausschuss speziell bei Qualitätsfragen. Zukünftig wird Frau Bröcking dem Ausschuss als Ansprechpartnerin zur Verfügung stehen. Auch im Ausschuss Wassergewinnung und -aufbereitung wurde die Pandemie thematisiert. Von jedem Teilnehmer wurde kurz berichtet, wie die bisherigen Erfahrungen waren und welche Maßnahmen eingeführt wurden.

### *Aktuelle Talsperrensituation auf Grund der Trockenheit 2018 bis 2020*

Schwerpunkt in der einzigen Ausschusssitzung des Jahres war die Trockenheit der Jahre 2018 bis 2020. Da die Frühjahrssitzung ersatzlos entfallen war, wurde von Seiten des Ruhrverbands zu einem längeren Zeitraum berichtet als üblich. In dem Dreijahreszeitraum gab es drei Extremereignisse das Niederschlagsdefizit betreffend. Der trockenste Zeitraum ergab sich von Juni bis November 2018, der zweitrockenste Zeitraum von April bis September 2020 und der trockenste Sommer seit 1927 von Juni bis August 2019. Alle drei Ereignisse für sich genommen sind extrem. Diese in drei aufeinanderfolgenden Jahren zu erfahren, ist außergewöhnlich. Ausgeglichen wurden diese Ereignisse durch zu nasse bzw. markant zu nasse Monate wie zum Beispiel den Februar 2020. Anschließend wurde die Talsperrensituation der letzten drei Jahre im Vergleich ausgiebig besprochen. Betrachtet man den Zeitraum von 1991 bis 2020, ist das Jahr 2020 mit über 150 Tagen Zuschusspflicht an der Mündung noch höher als das Jahr 2018 mit 140 Tagen. Auch die Zuschusspflicht am Pegel Villigst war mit über 190 Tagen deutlich höher als normal. Der UFZ-Dürremonitor wird nun im dritten Jahr genutzt, um den Zustand des Bodens in die Diskussionen miteinzubeziehen. Abschließend wurden in diesem Punkte auch die beim MULNV beantragten und genehmigten Grenzwertreduzierungen der Mindestabflüsse an den Pegeln besprochen.

### *Projekt Niedrigwassermanagement Ruhr, Unterarbeitsgruppe Wassermenge*

Das Thema „Niedrigwassermanagement Ruhr“ ist ganz eng mit der aktuellen Talsperrensituation verknüpft. Das Projekt läuft seit knapp über einem Jahr, wurde coronabedingt aber ein wenig verlangsamt. Am 26.11.2020 gab es einen Termin

von Ruhrverband und AWWR im Ministerium. Die Unterarbeitsgruppe Wassermenge hat in ihrer 5. Sitzung am 5.5.2020 via Microsoft Teams ihre Arbeiten soweit abgeschlossen. In dieser Unterarbeitsgruppe war die AWWR durch Herrn Dr. Plath und Herrn Peterwitz vertreten. Der fachliche Entscheidungsbaum, der entwickelt wurde, funktioniert. Man hat mit ihm bereits einige Beispiele durchgerechnet und hätte immer zum richtigen Zeitpunkt die entsprechenden Maßnahmen/Handlungen eingeleitet.

### *Berichte aus den Mitgliedsunternehmen*

Der Bau des Wasserwerks Hengstey bei Mark-E schreitet voran. Einzelne Anlagenteile wurden 2020 bereits testweise in Betrieb genommen. Anfang 2021 soll die Aktivkohle geliefert werden und die weitere Inbetriebnahme erfolgen.

Die Fertigstellung und Inbetriebnahme der weitergehenden Wasseraufbereitungsanlage im Wasserwerk Westhofen (Schwerte) von Wasserwerke Westfalen rückt näher für voraussichtlich das zweite Quartal 2021.

Die Wassergewinnung Essen hat in der Wassergewinnung Essen-Burgaltendorf die Flockung von einem polymeren Flockungsmittel auf ein Flockungsmittel auf Basis nachwachsender Rohstoffe (Kartoffelstärkebasis) umgestellt.

### *Meldeplan Ruhr*

Die Kilometrierung des Meldeplans musste zum Teil angepasst werden. Aus diesem Grund wurde eine Abfrage gestartet und die Rückmeldungen direkt übernommen. 2021 wird der Meldeplan Ruhr dann überarbeitet neu zur Verfügung gestellt. Der AWWR Meldeplan wird von den Behörden, aber auch von den Mitgliedsunternehmen weiterhin intensiv genutzt. Die Meldungen aus dem Jahr 2020 wurden kurz angesprochen, es gab aber keinen weiteren Diskussionsbedarf.

### *Weitere Themen*

Die Erstellung der landesweiten Wasserschutzgebietsverordnung wurde ebenso wie der WRRL-Bewirtschaftungsplan 2022-2027 angesprochen. Mitglieder des Ausschusses bzw. Mitarbeiter aus den Mitgliedsunternehmen sind beteiligt. Das Thema Erbstollen und Grubenwasserhaltung konnte durch die Unterstützung von Herrn Dr. Schöpel abgeschlossen und das Gutachten an die Bergbaubehörde übergeben werden. Weiterhin wurde festgelegt, das Thema Photovoltaik zukünftig intensiver zu behandeln.

## **Ausschuss Öffentlichkeitsarbeit**

*Obfrau: Tanja Vock, Wasserwerke Westfalen GmbH, Schwerte*

Auf Grund der Corona-Pandemie traf sich der Ausschuss Öffentlichkeitsarbeit im Jahr 2020 nur zu einer Arbeitssitzung: am 12. Oktober bei den Stadtwerken Menden. (Mitglieder Ausschuss Öffentlichkeitsarbeit s. Kap. 20)

Zum 10.06.2020 schied Bernd Hartung aus dem aktiven Dienst bei der Gelsenwasser AG und somit auch aus dem Ausschuss Öffentlichkeitsarbeit der AWWR aus. Für die zwei Jahre des höchst produktiven Einbringens und Mitwirkens im Ausschuss einen herzlichen Dank! Da die erste Sitzung ausfiel, konnten wir uns leider nicht persönlich verabschieden. Von daher an dieser Stelle die besten Grüße von den Ausschussmitgliedern. Wir wünschen alles erdenklich Gute für die Zukunft! Ab nun ist die langjährige Gelsenwasser-Sprecherin Heidrun Becker, die bereits vielen Sitzungen beisaß, festes Mitglied im Ausschuss.

In der Sitzungen wurden aufgrund der aktuellen Lage und des erstmals stattfindenden Austauschs fast ausschließlich der Umgang mit der Pandemie und das Krisenmanagement der einzelnen Unternehmen erörtert.

Zu den Standardaufgaben des Ausschusses gehörten wie in den Vorjahren folgende Tätigkeiten:

- Erarbeitung von Beiträgen für die AWWR-Mitgliederversammlungen, Präsidiumssitzungen, den Ruhrgütebericht und die zugehörige Pressekonferenz
- Koordination und Betreuung der Erstellung der AWWR-Beiträge zum Ruhrgütebericht
- Vorbereitung der AWWR-Themen und der Unterlagen für die Pressekonferenz zum Ruhrgütebericht sowie Teilnahme an der Pressekonferenz
- Bearbeitung von Presseanfragen
- Bearbeitung von Sprachregelungen/Krisenkommunikation
- Öffentlichkeitswirksame Außendarstellung der AWWR und ihrer Tätigkeiten
- Austausch zu öffentlichkeitsrelevanten Themen der Mitgliedsunternehmen
- Aktualisierung und Weiterentwicklung des öffentlichen AWWR-Internetauftritts (nicht des Mitgliederbereichs)

## *Pressekonferenz zum Ruhrgütebericht 2019*

In der alljährlichen gemeinsamen Pressekonferenz zur Vorstellung des Ruhrgüteberichts informierten der Ruhrverband und die AWWR über ihre Schwerpunktthemen. Die Pressekonferenz fand am 18. September 2020 beim Ruhrverband in Essen statt. Von Seiten der AWWR nahmen der stellvertretende Vorsitzende Robert Dietrich, der Geschäftsführer Ulrich Peterwitz, der Obmann des Ausschusses Wassergüte Dr. Henning Schünke und die Obfrau des Ausschusses Öffentlichkeitsarbeit Tanja Vock teil.

Die Themen der AWWR in der RGB-Presskonferenz waren die großen Anforderungen an die Wasserversorgungsunternehmen in Verbindung mit dem hohen Trinkwasserbedarf in Zeiten des Klimawandels und der hieraus resultierende Handlungsbedarf, nämlich die Einräumung des Vorrangs der öffentlichen Trinkwasserversorgung bei Wasserengpässen, der im „nationalen Wasserdiallog“ des Bundesumweltministeriums sowie im Entwurf des neuen Landeswassergesetzes NRW zu berücksichtigen ist. Weiterhin wurde die gute Trinkwasserqualität der Ruhrwasserwerke unter dem Stichwort „Wasserwende“ vorgestellt.

Als letzter Punkt wurde der Einfluss von Grubenwässern auf die Ruhr vor dem Hintergrund der Umstellung der Grubenwasserhebung der Ruhrkohle AG (RAG), die mit einer geplanten höheren Grubenwassereinleitung von 25 auf 40 Mio. m<sup>3</sup>/a einhergehen soll, behandelt. Thematisiert wurden unter anderem etwaige Auswirkungen auf die Trinkwasserversorgung.

Auch der Ruhrverband berichtete über die Niedrigwassersituation in Zeiten des Klimawandels, des Weiteren über das Baden in der Ruhr am Seaside Beach und über die Güteentwicklung und Freizeitnutzung der Talsperren.

Die Presseberichterstattung war rundum positiv. Besonders die zukünftige Wasserhaltung der RAG wurde intensiv in der Berichterstattung der Medien berücksichtigt.

### 16 Monitoring organischer Spurenstoffe in der Ruhr

Christian Skark, Dortmund

Mit vier weiteren Probenahmen wurde das Monitoring der AWWR auf insgesamt 60 organische Spurenstoffe im Oberflächenwasser der Ruhr auch im Jahr 2020 durchgeführt. In mehr als zwölf Jahren werden 50 Probenahmen erreicht, die in die Auswertung einbezogen werden. So wird der Vorbericht über den Zeitraum 2008 – 2019 (46 Probenahmen [16.1]) fortgeschrieben. Auch im Jahr 2020 erfolgte eine neuerliche Anpassung des Untersuchungsspektrums. Jetzt werden Stoffe analysiert, die zu den Gruppen Humanpharmaka (HP, 43 Stoffe), Röntgenkontrastmittel (RKM, 6 Stoffe) und Organophosphor-Flammschutzmittel (FSM, 11 Stoffe) gehören, die im Einzugsgebiet der Ruhr verbraucht werden und über gereinigtes Abwasser in das Oberflächenwasser gelangen. Eine Veränderung gegenüber dem Untersuchungsumfang der Vorjahre betraf die Gruppe der per- und polyfluorierten Verbindungen (PFC, 16 Stoffe), die nicht mehr weiter untersucht werden, da nur noch einzelne Vertreter dieser Stoffgruppe selten über den Bestimmungsgrenzen auftraten. Weiterhin wurde das Spektrum der untersuchten Humanpharmaka verändert.

Über Untersuchungen zu den hier betrachteten organischen Stoffen wird ebenfalls in den Kapiteln 7 und 11 berichtet. Jedoch betreffen die dort zugrundeliegenden Analyseergeb-

nisse sowohl einen anderen Probenahmezeitraum als auch andere Zeitpunkte sowie abweichende Probenahmeorte. Darüber hinaus liegen den dort berichteten Ergebnisse andere Probenahmehäufigkeiten, abweichende Untersuchungsmethoden und damit andere Bestimmungsgrenzen zugrunde. Alle diese Änderungen können das Interpretationsmuster in Einzelfällen beeinflussen – insbesondere im Hinblick auf das Auftreten maximaler Konzentrationen und die abgeschätzten Frachten, obwohl die generellen Tendenzen der Auswertung in den verschiedenen Berichten in die gleiche Richtung weisen.

#### Probenahmeorte und Untersuchungsmethoden

An neun Probenahmestellen längs der Ruhr werden alle drei Monate Stichproben entnommen. Die Probenahmestellen an der Ruhr entsprechen den Rohwasserentnahmeorten der beteiligten Wasserwerke (WGA, Tabelle 16.1). Dies schließt weiterhin die Probenahmestelle in Bochum-Stiepel ein, obwohl dort die Trinkwassergewinnung im November 2015 eingestellt wurde.

Die einzelnen Probenahmestellen repräsentieren unterschiedliche Anteile des ca. 4.500 km<sup>2</sup> großen Einzugsgebiets der Ruhr (zwischen 400 km<sup>2</sup> in Meschede und 4.400 km<sup>2</sup> 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.

Tabelle 16.2 gibt das Untersuchungsspektrum der 60 Substanzen im Jahr 2020 wieder. Für Stoffe (n = 22), die bereits seit

Tabelle 16.1: Lage der Probenahmestellen für Oberflächenwasser der Ruhr. MQ – durchschnittlicher Abfluss, Gewässerstationierung [16.2]  
Table 16.1: Sampling sites for the surface water in the river Ruhr. MQ – mean run-off, water stationing [16.2]

Ort	Probenahme- stelle	Probe- nahme	Abfluss- pegel	Abfluss	Einzugs- gebiet	MQ	MQ	MQ
						langjährig	(07/2008 - 12/2020)	(2020)
		Fluss-km		Fluss-km	[km <sup>2</sup> ]	[m <sup>3</sup> /s]	[m <sup>3</sup> /s]	[m <sup>3</sup> /s]
Meschede	Mengesohl	183,7	Meschede 1	179,4	426	9,1	7,5	6,2
Arnsberg	Langel	163,8	Oeventrop	159,5	760	14,9	12,1	10,4
Wickede	Echthausen	128,3	Bachum	133,8	1.530	27,1	21,6	18,4
Fröndenberg	Warmen	121,2	Fröndenberg	109,3	1.914	-	-	-
Schwerte	Westhofen	95,2	Villigst	100,2	2.013	28,8	24,1	21,5
Hagen	Hengstey	88,8	Wetter	79,8	3.908	67,6	55,1	50,2
Bochum	Stiepel	62,7	Hattingen	56,0	4.118	70,6	58,5	51,8
Essen	Spiek	44,1	Werden	29,0	4.337	79,5	60,2	54,2
Mülheim	Styrum-Ost	11,3	Mülheim	13,2	4.420	76,3	62,8	55,2

Tabelle 16.2: Untersuchte Stoffe im AWWR-Monitoring „Organische Spurenstoffe in der Ruhr“. AB – Antibiotika, BG – Bestimmungsgrenze, CAS-RN – Chemical Abstract Service Registrierungsnummer, FSM – Flammschutzmittel, HP – Humanpharmaka, M – Metabolit, RKM – Röntgenkontrastmittel, VP – Veterinärpharmaka. Grün – Anteil der Untersuchungen über der BG < 10 %, hellgelb – Anteil der Untersuchungen mit Positivbefund > 90 %, Anzahl aller Untersuchungen n = 448 (außer [a] Codein, Clofibrinsäure, Phenazon und Primidon n = 322; [b] Gabapentin, Metformin, Naproxen, Oxazepam, Pregabalin, Propranolol, Ranitidin, Sulfadiazin, Sulfamethazin, Tramadol, Guanylurea, FAA, AAA n = 215; [c] TiBP, Lamotrigin, Venlafloxin n = 143; [d] TEHP, omp-TKP, Metoprololsäure, DH-CBZ n = 71; [e] Azilsartan, Clarithromycin, Eprosartan, Erythromycin, Irbesartan, Irbesartan, Losartan, Olmesartan, Telmisartan, Valsartan, IBU-H, Valsartansäure, n = 35)

Table 16.2: Analysed substances in the scope of the AWWR-Monitoring "Trace organics in the river Ruhr". AB – antibiotics, BG – limit of quantification, CAS-RN – Chemical Abstract Service registry number, FSM – flame retardants, HP – human pharmaceuticals, M – metabolites, RKM – X-ray contrast media, VP – veterinary pharmaceuticals. Green: substances with less than 10 % results above LQ, pale yellow – ratio of results > LQ exceeds 90 % of all samples, number of samples n = 448 (except [a] Codein, Clofibrinsäure, Phenazon und Primidon n = 322; [b] Gabapentin, Metformin, Naproxen, Oxazepam, Pregabalin, Propranolol, Ranitidin, Sulfadiazin, Sulfamethazin, Tramadol, Guanylurea, FAA, AAA n = 215; [c] TiBP, Lamotrigin, Venlafloxin n = 143; [d] TEHP, omp-TKP, Metoprololsäure, DH-CBZ n = 71; [e] Azilsartan Clarithromycin, Eprosartan, Erythromycin, Irbesartan, Irbesartan, Losartan, Olmesartan, Telmisartan, Valsartan, IBU-H, Valsartansäure, n = 35)

Lfd. Nr.	Substanz	Kurzzeichen	Stoffgruppe	CAS-RN	Positivbefunde	BG
					[%]	[µg/L]
1	Tributylphosphat	TBP	FSM	126-73-8	34	0,020
2	Tri-isobutylphosphat	TiBP [c]	FSM	126-71-6	68	0,020
3	Trisphenylphosphat	TPP	FSM	115-86-6	6	0,020
4	Tris-(2-Chlorethyl)-phosphat	TCEP	FSM	115-96-8	79	0,020
5	Tris-(2-Chlorpropyl)-phosphat	TCPP	FSM	13674-84-5	98	0,020
6	Tris-(butoxyethyl)-phosphat	TBEP	FSM	78-51-3	84	0,020
7	Tris-(dichlorpropyl)-phosphat	TDCP	FSM	13674-87-8	75	0,020
8	Tris-(2-ethylhexyl)-phosphat	TEHP [d]	FSM	78-42-2	1	0,020
9	o-Trikresylphosphat	oTKP [d]	FSM	78-30-8	0	0,020
10	m-Trikresylphosphat	mTKP [d]	FSM	563-04-2	0	0,020
11	p-Trikresylphosphat	pTKP [d]	FSM	78-32-0	8	0,020
12	Atenolol		HP	29122-68-7	8	0,025
13	Azilsartan	[e]	HP	147403-03-0	0	0,050
14	Bezafibrat		HP	41859-67-0	44	0,025
15	Candesartan	CDS [e]	HP	139481-59-7	100	0,050
16	Carbamazepin	CBZ	HP	298-46-4	87	0,025
17	Clarithromycin	[e]	HP-AB	81103-11-9	23	0,025
18	Clofibrinsäure	[a]	HP	882-09-7	0	0,050
19	Codein	[a]	HP	76-57-3	0	0,050
20	Diclofenac	DCF	HP	15307-86-5	92	0,050
21	Eprosartan	[e]	HP	133040-01-4	0	0,050
22	Erythromycin	[e]	HP-AB	114-07-8	0	0,025
23	Gabapentin	GBP [b]	HP	60142-96-3	99	0,025
24	Ibuprofen	IBU	HP	15687-27-1	19	0,050
25	Irbesartan	[e]	HP	138402-11-6	31	0,050
26	Lamotrigin	[c]	HP	84057-84-1	92	0,025
27	Losartan	[e]	HP	114798-26-4	0	0,050

[16.1] Skark, C.: Monitoring organischer Spurenstoffe in der Ruhr.- in: Ruhrverband & AWWR (Hg.): Ruhrgütebericht 2019.- Schwerte, Essen, 158-170 (2020).

[16.2] LANUV (Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz Nordrhein-Westfalen): Gewässerstationierungskarte GSK3B.- Auflage 31.07.2006, 3. Auflage, (2006) <http://www.lanuv.nrw.de/wasser/gstat.htm>, Stand 01.07.08.

Tabelle 16.2: Untersuchte Stoffe im AWWR-Monitoring „Organische Spurenstoffe in der Ruhr“ (Forts.; Abkürzungen vgl. S. 159)  
 Table 16.2: Analysed substances in the scope of the AWWR-Monitoring “Trace organics in the river Ruhr” (cont.; abbreviations cf. p. 159) ]

Lfd. Nr.	Substanz	Kurzzeichen	Stoff- gruppe	CAS-RN	Positiv- befunde	BG
					[%]	[µg/L]
28	Metformin	MTF [b]	HP	657-24-9	100	0,025
29	Metoprolol	MTP	HP	51384-51-1	97	0,025
30	Naproxen	[b]	HP	22204-53-1	25	0,100
31	Olmesartan	[e]	HP	144689-63-4	29	0,050
32	Oxazepam	[b]	HP	604-75-1	7	0,050
33	Phenazon	[a]	HP	60-80-0	10	0,025
34	Pregabalin	[b]	HP	148553-50-8	54	0,050
35	Primidon	[a]	HP	125-33-7	35	0,050
36	Propranolol	[b]	HP	525-66-6	0	0,025
37	Ranitidin	[b]	HP	66357-35-5	15	0,025
38	Sotalol		HP	3930-20-9	61	0,025
39	Sulfadiazin	[b]	HP/VP-AB	68-35-9	2	0,050
40	Sulfamethazin	[b]	HP/VP-AB	57-68-1	0	0,050
41	Sulfamethoxazol	SMX	HP-AB	723-46-6	77	0,050
42	Sulfapyridin		HP-AB	144-83-2	55	0,050
43	Telmisartan	[e]	HP	144701-48-4	54	0,050
44	Tramadol	[b]	HP	27203-92-5	57	0,025
45	Trimetoprim		HP/VP-AB	738-70-5	4	0,025
46	Valsartan	VS [e]	HP	137862-53-4	66	0,050
47	Venlafaxin	[c]	HP	93413-69-5	14	0,025
48	Dihydroxi-Dihydro-Carbamazepin	DH-CBZ [d]]	HP-M	35079-97-1	97	0,025
49	Guanylharnstoff	GH [b]	HP-M	141-83-3	96	0,050
50	Ibuprofen-2-Hydroxid	IBU-H [e]	HP-M	51146-55-5	31	0,050
51	Metoprololsäure	MTPS [d]	HP-M	56392-14-4	100	0,025
52	N-Acetyl-Aminoantipyrin	AAA [b]	HP-M	83-14-8	100	0,025
53	N-Formyl-Aminoantipyrin	FAA [b]	HP-M	1672-58-8	100	0,025
54	Valsartansäure	VSS [e]	HP-M	164265-78-5	94	0,050
55	Amidotrizoesäure	ATZ	RKM	117-96-4	89	0,050
56	Iohexol		RKM	66108-95-0	64	0,050
57	Iomeprol		RKM	78649-41-9	73	0,050
58	Iopamidol	IPM	RKM	60166-93-0	72	0,050
59	Iopromid		RKM	73334-07-3	65	0,050
60	Ioxithalaminsäure		RKM	28179-44-4	4	0,050

2008 analysiert werden, ergeben sich mit dem Jahr 2020 jeweils 448 Einzelanalysen. Seit 2012 werden vier weitere Verbindungen untersucht ([a] Codein, Clofibrinsäure, Phenazon und Primidon; Analysen n = 322). Ab 2015 werden zusätzlich 10 Pharmaka und 3 Metabolite analysiert ([b] Gabapentin, Metformin, Naproxen, Oxazepam, Pregabalin, Propanolol, Ranitidin, Tramadol sowie die Antibiotika Sulfadiazin und Sulfamethazin und 3 Pharmaka-Metabolite: Guanylharnstoff, N-Formyl-Aminoantipyrin [FAA] und N-Acetyl-Aminoantipyrin [AAA]; Analysen n = 215). Im Jahr 2017 werden 2 weitere Pharmaka ([c] Lamotrigin, Venlafloxin) und ein Flammenschutzmittel (Tri-isobutylphosphat [TiBP], Analysen n = 143) in die Untersuchung aufgenommen. Seit 2019 werden 4 weitere FSM, Tri-(2-ethylhexyl)-phosphat (TEHP) und ortho-, meta- und para-Trikresylphosphat, sowie 2 weitere Arzneimittel-Metabolite Metoprololsäure und 10,11-Dihydroxi-10,11-Dihydro-Carbamazepin (DH-CBZ) untersucht ([d], n = 71). Anstelle der PFC und einiger Pharmaka, die sich in der Vergangenheit als wenig relevant für Arzneimiteleinträge in die Ruhr herausstellten, werden im Jahr 2020 weitere 12 Pharmaka-Verbindungen in die Untersuchung ([e]) aufgenommen. Hierzu zählen 2 Antibiotika (Clarithromycin, Erythromycin), 8 blutdrucksenkende Wirkstoffe, die zur Gruppe der Sartane gehören (Azilsartan, Candesartan, Eprosartan, Irbesartan, Losartan, Olmesartan, Telmisartan und Valsartan) sowie 2 Metabolite (Ibuprofen-2-hydroxid [IBU-H] und Valsartansäure). Für die vorgenannten Substanzen liegen bislang 35 Analysen vor, da die Herbst-Probe in Bochum ausgefallen ist.

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. Die Bestimmungsgrenzen (BG) für eine sichere Quantifizierung in den Wasserproben aller Analyte sind in Tabelle 16.2 aufgeführt. Aufgrund apparativer Anpassungen wurde im Jahr 2020 für eine Reihe von Arzneimittel-Wirkstoffen die Bestimmungsgrenze von 0,025 µg/L auf 0,050 µg/L angepasst.

## Ergebnisse

Für die Stoffe, die von Anfang des Monitorings im Jahr 2008 untersucht werden, ergeben sich bislang 50 Beprobungen an den neun Probenahmestellen. Aufgrund von zwei Probenausfällen (Essen, Januar 2012; Bochum Oktober 2020) summiert sich dies zu 448 Proben für den Zeitraum von 2008 bis 2020. In Tabelle 16.2 werden für die verschiedenen Untersuchungsparameter die Anteile der Positivbefunde über den jeweiligen Bestimmungsgrenzen an der Gesamtzahl der jeweiligen Untersuchungen angegeben. Für Stoffe, die erst später in den Untersuchungsumfang eingeführt wurden, werden die entsprechend geringeren Analysenzahlen zugrunde gelegt.

Bei 19 von 60 Substanzen werden in keiner oder nur bis zu 10 % der Untersuchungen Positivbefunde festgestellt. Hierzu gehören 5 FSM, 4 Antibiotika, 9 weitere Pharmaka sowie ein RKM.

In mindestens 90 % der Untersuchungen werden 3 Substanzen des ursprünglichen Stoffspektrums über der BG detektiert (in mindestens 403 der 448 Untersuchungen). Darunter fallen wie im Vorjahr ein FSM (TCPP) und die Arzneimittel Diclofenac und Metoprolol.

Bei den Substanzen, die ab 2012 in die Untersuchung aufgenommen wurden, zeigen sich bei insgesamt 10 Parametern in mehr als 90 % der Untersuchungen Konzentrationen über der BG. Es handelt sich um Gabapentin, Metformin und die Metabolite Guanylharnstoff, FAA und AAA (mindestens 194 von n = 215), Lamotrigin (mindestens 129 von n = 143), die Metabolite DH-CBZ und Metoprololsäure (mindestens 64 von n = 71) sowie Candesartan und Valsartansäure (mindestens 32 von n = 35).

## Konzentrationsbetrachtungen

Tabelle 16.3 gibt einen Überblick zu Konzentrationsgrößen ausgewählter Substanzen. Dabei werden 17 Stoffe gezeigt, bei denen in mehr als 20 % der Analysen seit 2008 (mindestens 90 Positivbefunde von n = 448) Befunde über der BG festgestellt wurden. Zusätzlich sind Ergebnisse für Stoffe mit einer geringeren Analysenhäufigkeit, Primidon (n = 322) und TiBP (n = 143) wiedergegeben. Bei der Berechnung der statistischen Kennwerte gehen Gehalte unter der Bestimmungsgrenze mit der Hälfte der BG ein. Sollte das Ergebnis jedoch unter der entsprechenden BG liegen, erscheint dies in den Tabellen vermerkt.

Nur für den Betablocker Metoprolol und das FSM TCPP sowie 3 RKM liegen bereits die Medianwerte über 0,1 µg/L. Maximale Konzentrationen über 0,5 µg/L treten für Röntgenkontrastmittel und einzelne Flammenschutzmittel auf. Für 6 Substanzen liegen noch die Median-Konzentrationen unter der BG (4 Pharmaka, 2 FSM). Für TBP, Primidon und Sulfapyridin ist dies auch für den 75-Perzentilwert der Fall. Die Anhebung der BG für einzelne Pharmaka verändert das Bild ihres Auftretens im Ruhrwasser. Ibuprofen erscheint nicht mehr in dieser Aufstellung. Das Vorkommen von Primidon, Sulfamethoxazol und Sulfapyridin erscheint vermindert.

In Tabelle 16.4 sind die Ergebnisse für die Stoffe mit mehr als 20 % Befunden über der BG zusammengestellt, die nach 2015 in die Untersuchung aufgenommen wurden (19 Substanzen). Für Gabapentin, Metformin, Candesartan sowie die Metabolite Guanylharnstoff, FAA, AAA, Metoprololsäure und Valsartansäure lassen sich Mediankonzentrationen deutlich über 0,1 µg/L ermitteln. Für DH-CBZ wird dieser Wert gerade erreicht. Maximale Gehalte über 0,5 µg/L treten für 8 Stoffe auf, wovon 5 Substanzen Metabolite sind. Für 7 Verbindungen liegt der Medianwert unterhalb der BG. Dazu zählen 3 Sartane, das Antibiotikum Clarithromycin und der Metabolit IBU-H, die erst 2020 in die Untersuchung aufgenommen wurden. Für 5 dieser Stoffe liegt auch der 75-Perzentilwert unter der BG, wobei die Anhebung der BG bei Pregabalin und Naproxen das Bild des Auftretens verändert.

Tabelle:16.3: Ergebnisübersicht aller Analysen für Stoffe mit Anteilen von Positivbefunden über 20 %. Q – Perzentil, sonstige Abkürzungen vgl. Tabelle 16.2. n = 448 (Zeitraum 2008 – 2020); Primidon n = 322; TiBP n = 143. Grün: Konzentration < BG, grau: 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

Table: 16.3: Overview of analytical results for substances with a ratio of results above BG greater than 20 %. Q – percentile, other abbreviations cf. table 16.2. n = 448 (period of analyses 2008 – 2020); Primidon n = 322; TiBP n = 143. Green: concentration < BG, grey: 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 < LQ with 0,5 \* LQ

Lfd. Nr.	Substanz	Q25	arithmetischer Mittelwert	Median	Q75	Q90	Maximum
		[µg/L]					
1	TBP	< BG	< BG	< BG	< BG	0,033	0,600
2	TiBP	< BG	0,033	0,027	0,042	0,068	0,144
3	TCEP	< BG	0,039	0,026	0,045	0,084	0,415
4	TCCP	0,063	0,134	0,117	0,185	0,254	1,086
5	TBEP	0,021	0,050	0,043	0,071	0,098	0,278
6	TDCPP	< BG	0,023	< BG	0,027	0,039	0,329
7	Bezafibrat	< BG	0,027	< BG	0,040	0,057	0,089
8	Carbamazepin	0,036	0,063	0,058	0,087	0,110	0,190
9	Diclofenac	< BG	0,085	0,073	0,120	0,160	0,490
10	Metoprolol	0,073	0,134	0,115	0,180	0,243	0,460
11	Sotalol	< BG	0,038	0,031	0,053	0,079	0,150
12	Sulfamethoxazol	< BG	< BG	< BG	0,066	0,086	0,140
13	Sulfapyridin	< BG	< BG	< BG	< BG	0,053	0,130
14	Primidon	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	0,079
15	Amidotrizoesäure	0,089	0,260	0,230	0,373	0,520	0,830
16	Iohexol	< BG	0,194	0,100	0,290	0,473	1,400
17	Iomeprol	< BG	0,389	0,240	0,613	0,993	2,000
18	Iopamidol	< BG	0,397	0,300	0,623	0,900	2,300
19	Iopromid	< BG	0,144	0,092	0,180	0,340	1,100

Bezogen auf die Probenahmeorte werden in Tabelle 16.5 die Medianwerte von 16 Stoffen mit mehr als 20 % Positivbefunden wiedergegeben. TBP, Sulfapyridin und Primidon treten örtlich und zeitlich so vereinzelt auf, dass für keine Probenahme-stelle Mediangehalte über der BG ermittelt werden können. Die Anzahl der Parameter, die Mediankonzentrationen über 0,1 µg/L zeigen, nimmt ruhrabwärts zu. In Meschede wird Diclofenac mit einem Medianwert von 0,1 µg/L bestimmt, um im weiteren Ruhrverlauf wieder abzunehmen. Nur in Schwerte wird dann noch ein Medianwert über 0,1 µg/L für Diclofenac ermittelt, während dieser Wert insbesondere nach der Lenne-mündung deutlich abnimmt. In Wickede liegen im Mittel nur 3 RKM (Amidotrizoesäure, Iomeprol, Iopamidol) und der Beta-Blocker Metoprolol über 0,1 µg/L, während in Fröndenberg zusätzlich TCCP im Mittel in dieser Höhe gefunden wird. Bis nach Mülheim treten mit einem weiteren Pharmakon, Carba-mazepin, und 2 weiteren RKM insgesamt 8 Verbindungen mit Medianwerten um oder über 0,1 µg/L auf.

Unter den Flammschutzmitteln sticht TCCP mit häufigen Nachweisen über der BG und häufigen mittleren Konzentrationen über 0,1 µg/L hervor. Es wird auch 2020 an allen Probenahme-

stellen in fast allen Proben gefunden. Zusätzlich treten für diesen Parameter in Schwerte im April und im Juli maximale Ge-halte auf, die über dem vorhergehenden Maximalwert liegen (vgl. Tabelle 16.3). Diese sprunghafte Konzentrationserhöhung lässt sich nicht mit besonders niedrigen Abflüssen erklären, da bei niedrigen Abflüssen im Oktober wieder niedrigere TCCP-Gehalte gefunden werden. Vielmehr weist die temporäre Kon-zentrationserhöhung auf eine zusätzliche Einleitung von TCCP zwischen Fröndenberg und Schwerte hin.

Bei den RKM sind Amidotrizoesäure, Iomeprol und Iopamidol bereits ab Wickede mit Mediankonzentrationen über 0,1 µg/L zu finden (Tabelle 16.5). Oberhalb von Wickede liegen mittlere RKM-Konzentrationen unter der Bestimmungsgrenze. Gleich-wohl treten im Jahr 2020 in einzelnen Proben auch in Meschede und Arnsberg RKM über der BG auf (4 der 6 untersuchten Stoffe). Iodierte Röntgenkontrastmittel nehmen im Ruhrverlauf in ihrer Konzentration zu. So liegen ab Hagen mittlere Konzen-trationen von 5 RKM über 0,1 µg/L. Wie in den Vorjahren wer-den auch 2020 vereinzelt RKM mit Konzentrationen von 1 µg/L und mehr im Oberflächenwasser (Iohexol 3 x, Bochum, Essen, Mülheim, alle am 27.04.2020; Iomeprol 2 x, Essen,

Tabelle 16.4: Ergebnisübersicht aller Analysen für Stoffe mit Anteilen von Positivbefunden über 20 % und Aufnahme in das Monitoring in den Jahren 2015, 2017, 2019 und 2020. Q – Perzentil, sonstige Abkürzungen vgl. Tabelle 16.2, n = 215, Lamotrigin n = 143, Metoprololsäure, DH-CBZ n = 71, Candesartan, Clarithromycin, Irbesartan, Olmesartan, Telmisartan, Valsartan, Valsartansäure, IBU-H n = 35. Grau: 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

Table 16.4: Overview of analytical results for substances with a ratio of results above LQ greater than 20 % and integration to the monitoring in 2015, 2017, 2019 and 2020. Q – percentile, other abbreviations cf. table 16.2. n = 215, Lamotrigin n = 143, Metoprololsäure, DH-CBZ n = 71, Candesartan, Clarithromycin, Irbesartan, Olmesartan, Telmisartan, Valsartan, Valsartansäure, IBU-H n = 35. Grey: 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 < LQ with 0,5 \* LQ

Lfd. Nr.	Substanz	Q25	arithmetischer Mittelwert	Median	Q75	Q90	Maximum
		[µg/L]					
1	Metformin	0,350	0,683	0,510	0,840	1,500	2,600
2	Gabapentin	0,233	0,407	0,360	0,540	0,770	1,100
3	Pregabalin	< BG	< BG	< BG	< BG	0,067	0,100
4	Tramadol	< BG	0,030	0,028	0,040	0,056	0,087
5	Naproxen	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	0,120
6	Lamotrigin	0,054	0,087	0,081	0,110	0,150	0,240
7	Guanylharnstoff	1,600	3,211	3,000	4,600	5,600	13,000
8	FAA	0,170	0,352	0,310	0,480	0,656	1,100
9	AAA	0,170	0,239	0,230	0,290	0,370	0,650
10	Metoprololsäure	0,115	0,218	0,160	0,260	0,400	0,830
11	DH-CBZ	0,075	0,116	0,100	0,150	0,200	0,310
12	IBU-H	< BG	< BG	< BG	0,059	0,078	0,100
13	Valsartansäure	0,086	0,239	0,150	0,380	0,528	0,660
14	Candesartan	0,140	0,237	0,190	0,320	0,452	0,560
15	Irbesartan	< BG	< BG	< BG	< BG	0,068	0,085
16	Olmesartan	< BG	< BG	< BG	< BG	0,052	0,073
17	Telmisartan	< BG	0,052	< BG	0,082	0,106	0,130
18	Valsartan	< BG	0,096	0,057	0,125	0,226	0,350
19	Clarithromycin	< BG	< BG	< BG	< BG	0,034	0,041

27.04.2020, 27.07.2020; Iopamidol 1x, Mülheim, 26.10.2020) gefunden. In 21 der 35 Einzelproben des Jahres 2020 werden RKM-Summenkonzentrationen über 1 µg/L festgestellt. Dieser Befund tritt in ähnlicher Häufigkeit wie in den Vorjahren auf, wobei auch im Jahr 2020 erwartungsgemäß vor allem an den Probenahmestellen Bochum, Essen und Mülheim in allen untersuchten Proben RKM-Konzentrationssummen über 1 µg/L festgestellt werden.

Bei den seit längerer Zeit untersuchten Pharmaka werden für 2 Arzneimittel, Carbamazepin und Metoprolol, an allen Probenahmestellen Mediangehalte über der Bestimmungsgrenze ermittelt, wobei Metoprolol in Wickede und ab Schwerte ruhrabwärts und Carbamazepin in Mülheim Mediangehalte von 0,1 µg/L und darüber aufweisen (Tabelle 16.5). Das Schmerzmittel Diclofenac zeigt in Meschede und Schwerte derartige Medianwerte. Diese 3 Verbindungen, die seit 2008 untersucht werden, weisen im Jahr 2020 die meisten Befunde über der BG auf. Metoprolol wird im Jahr 2020 in 34 von 35 Proben über der BG und in 17 Proben mit Gehalten von 0,1 µg/L und darüber gefunden (Maximalwert 0,36 µg/L, Mülheim 26.10.2020). Diclofenac wird 2020 in 28 von 35 Proben über

der BG und in 16 Proben über 0,1 µg/L (Maximalgehalt 0,28 µg/L, Essen 26.10.2020) nachgewiesen. Carbamazepin wird in 32 Proben über der BG und in 4 Proben mit Konzentrationen von 0,1 µg/L und darüber (Maximalwert 0,13 µg/L, Mülheim 26.10.2020) bestimmt. Der zugehörige Metabolit 10,11-Dihydro-10,11-Dihydro-Carbamazepin (DH-CBZ) wird dagegen in allen 35 Proben über der BG und 22 Mal mit Konzentrationen über 0,1 µg/L gefunden (Maximum 0,31 µg/L, Mülheim 26.10.2020). Im Mittel tritt DH-CBZ ab Schwerte ruhrabwärts mit mittleren Konzentrationen über 0,1 µg/L auf (Tabelle 16.6). Der Metabolit Metoprololsäure wird ebenfalls in jeder Probe über der BG und in 27 Proben über 0,1 µg/L analysiert. Die Maximalkonzentration beträgt 0,27 µg/L (Bochum 27.04.2020). In allen Probenahmeorten tritt Metoprololsäure mit mittleren Gehalten über 0,1 µg/L auf (Tabelle 16.6).

Unter den Antibiotika werden im Jahr 2020 wie in den Vorjahren vor allem die Sulfonamide Sulfamethoxazol und Sulfapyridin gefunden, wobei maximale Konzentrationen bei 0,11 µg/L (Sulfamethoxazol, Mülheim 26.10.2020) und 0,068 µg/L (Sulfapyridin, Essen 26.10.2020) liegen.

Tabelle 16.5: Ergebnisübersicht der Mediangehalte [ $\mu\text{g/L}$ ] in den einzelnen Probenahmestellen ( $k = 50$ , Essen, Bochum  $k = 49$ ; Zeitraum 2008 – 2020; TiBP  $k = 16$ ). Abkürzungen vgl. Tabelle 16.2. Grün: Konzentration < BG, grau:  $0,09 \mu\text{g/L} < \text{Konzentration} \leq 0,1 \mu\text{g/L}$ , gelb:  $0,1 \mu\text{g/L} < \text{Konzentration} \leq 0,5 \mu\text{g/L}$ , orange:  $0,5 \mu\text{g/L} < \text{Konzentration}$ . Werte < BG werden für die Berechnung mit  $0,5 * \text{BG}$  angesetzt  
 Table 16.5: Median concentrations [ $\mu\text{g/L}$ ] in every sampling point ( $k = 50$ ; Essen, Bochum  $k = 49$ ; period 2008 – 2020; TiBP  $k = 16$ ). Abbreviations cf. table 16.2. Green: concentration < LQ, grey:  $0,09 \mu\text{g/L} < \text{concentration} \leq 0,1 \mu\text{g/L}$ , yellow:  $0,1 \mu\text{g/L} < \text{concentration} \leq 0,5 \mu\text{g/L}$ , orange:  $0,5 \mu\text{g/L} < \text{concentration}$ . Calculation considered values < LQ with  $0,5 * \text{LQ}$

Stoff	Probenahmestelle								
	Meschede	Arnsberg	Wickede	Fröndenberg	Schwerte	Hagen	Bochum	Essen	Mülheim
	[ $\mu\text{g/L}$ ]								
TiBP	< BG	< BG	0,021	0,025	0,033	0,028	0,052	0,041	0,037
TCEP	< BG	< BG	< BG	< BG	0,041	0,025	0,039	0,034	0,025
TCPP	0,040	0,036	0,081	0,130	0,127	0,123	0,180	0,181	0,185
TBEP	< BG	< BG	0,047	0,050	0,059	0,045	0,065	0,057	0,054
TDCPP	< BG	< BG	< BG	< BG	0,020	< BG	0,025	0,025	0,021
Bezafibrat	< BG	< BG	< BG	< BG	0,033	< BG	0,042	0,040	0,036
Carbamazepin	0,031	0,026	0,049	0,048	0,063	0,064	0,090	0,090	0,100
Diclofenac	0,100	< BG	0,066	0,068	0,115	0,063	0,082	0,086	0,089
Metoprolol	0,074	0,041	0,105	0,097	0,140	0,110	0,180	0,200	0,220
Sotalol	0,026	< BG	0,034	0,031	0,036	< BG	0,037	0,042	0,037
Sulfamethoxazol	< BG	< BG	< BG	< BG	0,052	< BG	0,063	0,066	0,076
Amidotrizoensäure	< BG	< BG	0,180	0,190	0,265	0,270	0,370	0,430	0,475
Iohexol	< BG	< BG	0,064	0,074	0,092	0,145	0,250	0,350	0,485
Iomeprol	< BG	< BG	0,104	0,129	0,285	0,340	0,840	0,710	0,710
Iopamidol	< BG	< BG	0,465	0,585	0,535	0,345	0,370	0,480	0,600
Iopromid	< BG	< BG	0,057	0,077	0,080	0,140	0,230	0,190	0,200

Tabelle 16.6: Ergebnisübersicht der Mediangehalte [ $\mu\text{g/L}$ ] in den einzelnen Probenahmestellen, Monitoringbeginn 2015 ( $k = 24$ ), 2017 ( $k = 16$ ), 2019 ( $k = 8$ ) und 2020 ( $k = 4$ ). Abkürzungen vgl. Tabelle 16.2. Grün: Konzentration < BG, grau:  $0,09 \mu\text{g/L} < \text{Konzentration} \leq 0,1 \mu\text{g/L}$ , gelb:  $0,1 \mu\text{g/L} < \text{Konzentration} \leq 0,5 \mu\text{g/L}$ , orange:  $0,5 \mu\text{g/L} < \text{Konzentration} \leq 1 \mu\text{g/L}$ , rot:  $1 \mu\text{g/L} < \text{Konzentration}$ . Werte < BG werden für die Berechnung mit  $0,5 * \text{BG}$  angesetzt  
 Table 16.6: Median concentrations [ $\mu\text{g/L}$ ] in every sampling point, start of monitoring 2015 ( $k = 24$ ), 2017 ( $k = 16$ ), 2019 ( $k = 8$ ) and 2020 ( $k = 4$ ). Abbreviations cf. table 16.2. Green: concentration < LQ, grey:  $0,09 \mu\text{g/L} < \text{concentration} \leq 0,1 \mu\text{g/L}$ , yellow:  $0,1 \mu\text{g/L} < \text{concentration} \leq 0,5 \mu\text{g/L}$ , orange:  $0,5 \mu\text{g/L} < \text{concentration} \leq 1 \mu\text{g/L}$ , red:  $1 \mu\text{g/L} < \text{concentration}$ . Calculation considered values < LQ with  $0,5 * \text{LQ}$

Stoff	Probenahmestelle								
	Meschede	Arnsberg	Wickede	Fröndenberg	Schwerte	Hagen	Bochum	Essen	Mülheim
	[ $\mu\text{g/L}$ ]								
Metformin	0,475	0,250	0,455	0,450	0,510	0,610	0,690	0,735	0,705
Gabapentin	0,250	0,135	0,280	0,285	0,415	0,420	0,570	0,550	0,670
Tramadol	< BG	< BG	< BG	< BG	0,037	0,030	0,046	0,040	0,042
Lamotrigin	0,054	0,037	0,071	0,067	0,088	0,092	0,110	0,105	0,130
Candesartan	0,175	0,099	0,150	0,145	0,240	0,240	0,350	0,350	0,460
Telmisartan	< BG	< BG	< BG	< BG	0,066	0,056	0,076	0,091	0,113
Valsartan	0,095	< BG	0,060	0,056	0,090	0,073	0,053	0,110	0,095
Guanylarnstoff	4,000	1,600	2,950	3,350	5,250	3,150	3,000	3,000	1,900
FAA	0,155	0,097	0,220	0,215	0,390	0,330	0,500	0,505	0,560
AAA	0,200	0,105	0,200	0,190	0,240	0,245	0,290	0,280	0,280
Metoprololsäure	0,145	0,103	0,130	0,155	0,135	0,130	0,270	0,260	0,215
DH-CBZ	0,062	0,061	0,085	0,081	0,115	0,105	0,150	0,145	0,170
Valsartansäure	0,135	0,101	0,135	0,135	0,300	0,345	0,380	0,420	0,565

Die Pharmaka, die ab 2015 und später in das Monitoring integriert wurden und gleichzeitig häufig über der BG gefunden wurden, sind mit den Medianwerten für die einzelnen Probenahmeorte in Tabelle 16.6 zusammengestellt. Insgesamt 8 Verbindungen, das Antidiabetikum Metformin, der Krampflöser Gabapentin und der Blutdrucksenker Candesartan sowie die Arzneimittel-Metabolite Guanylarnstoff, FAA, AAA, Metoprolol und Valsartansäure treten bereits in Meschede an der oberen Ruhr mit Mediangehalten über 0,1 µg/L auf. Für Guanylarnstoff wird bereits in Meschede ein Median von 4 µg/L ermittelt. Dieser Medianwert steigt im Ruhrverlauf bis auf 5,3 µg/L in Schwerte an, um danach wieder etwas abzunehmen. Guanylarnstoff-Einträge scheinen durch einen Abbau im Gewässer oder durch den Zustrom unbelasteten Wassers verringert zu werden. So sinkt zwischen Meschede und Arnsberg der Guanylarnstoff-Gehalt. Dies ist ein Bereich ohne weiteren Zufluss gereinigten Abwassers aus Kläranlagen. Andererseits werden Minderungen durch erneute Einträge wieder ausgeglichen, so dass ein weitgehend beständiger Gehalt bis nach Mülheim erhalten bleibt. Im Jahr 2020 wird Guanylarnstoff wie in den Vorjahren in der Regel mit Konzentrationen über 1 µg/L (31 von 35 Proben) gefunden. Der Maximalgehalt beträgt 8,5 µg/L (Schwerte 27.04.2020). Als Quelle für die Guanylarnstoff-Gehalte im Oberflächenwasser werden neben dem Abbau von Metformin unter anderem Transformationsprodukte aus der Landwirtschaft sowie der Papier- und Textilindustrie diskutiert [16.3 bis 16.6]. Für Metformin liegen die Mediankonzentrationen für den gesamten Ruhrverlauf zwischen ca. 0,25 und 0,73 µg/L (Tabelle 16.6). Im Jahr 2020 beträgt der Maximalwert 0,73 µg/L (Meschede 27.07.2020). Ähnlich wie in den Vorjahren werden auch 2020 beständig Metformin-Gehalte über 0,1 µg/L detektiert [16.1].

Median-Gehalte des krampflösenden Wirkstoffs Gabapentin zeigen längs des Verlaufs der Ruhr eine weitgehend beständige Zunahme zwischen 0,25 und 0,67 µg/L, wobei in Arnsberg der Gehalt gegenüber der oberstromigen Probenahme-stelle abnimmt. Dies deutet ebenfalls einen Abbau oder eine Verdünnung im Gewässer an. Auch im Jahr 2020 wird Gabapentin zumeist mit Konzentrationen über 0,1 µg/L gefunden (34 von 35 Proben). In Mülheim (27.04.2020) wird der Maximalgehalt von 0,96 µg/L für 2020 detektiert. Das krampflösende Medikament Lamotrigin wird zwar in jeder Probe im Jahr 2020 über der BG nachgewiesen, findet sich jedoch nur in 17 Proben mit Gehalten von 0,1 µg/L und mehr (Maximum 0,24 µg/L, Mülheim 26.10.2020). Mittlere Gehalte liegen von Bochum ruhrabwärts etwas über 0,1 µg/L.

Weitere Schmerzmittel und krampflösende Wirkstoffe wie Phenazon, Pregabalin, Primidon und Tramadol werden in vergleichsweise geringem Umfang über der BG nachgewiesen und die analysierten Gehalte liegen durchweg unter 0,1 µg/L.

Der Metamizol-Metabolit FAA zeigt im Ruhrverlauf mittlere Gehalte zwischen 0,097 und 0,56 µg/L (Tabelle 16.6). Im Jahr 2020 tritt FAA in 34 von 35 Proben mit Gehalten über 0,1 µg/L in der Ruhr auf. In 2 Proben werden Gehalte über 1 µg/L ge-

fundiert (Maximum 1,1 µg/L, Essen, Mülheim 26.10.2020). Mediangehalte des Metamizol-Metaboliten AAA liegen im Ruhrverlauf zwischen 0,1 und 0,29 µg/L und damit in der Größenordnung des Vorjahres (Tabelle 16.6). In den Proben des Jahres 2020 werden AAA-Gehalte bis zu 0,61 µg/L gefunden (Meschede 27.07.2020), wobei in 34 von 35 Proben die Konzentration von 0,1 µg/L erreicht oder überschritten wird.

Von den 2020 neu untersuchten Blutdrucksenkern der Sartane fällt der Wirkstoff Candesartan mit Mediangehalten von 0,1 µg/L und darüber im gesamten Ruhrverlauf auf. Wiederum sinkt die Durchschnittskonzentration von Meschede nach Arnsberg, um im weiteren Verlauf bis auf 0,46 µg/L in Mülheim zu steigen (Tabelle 16.6). In 32 von 35 Proben werden Gehalte über 0,1 µg/L gefunden (Maximum 0,56 µg/L, Mülheim 26.10.2020). Mit Valsartan und Telmisartan werden weitere Wirkstoffe der Sartane häufig über der BG, aber eingeschränkt über 0,1 µg/L gefunden (Valsartan 12 Proben, Telmisartan 5 Proben). Maximalgehalte werden für Valsartan mit 0,35 µg/L (Bochum 27.01.2020) und für Telmisartan mit 0,13 µg/L (Mülheim, 27.07.2020 und 26.10.2020) gefunden. Mittlere Gehalte dieser Substanzen überschreiten jedoch nur selten 0,1 µg/L. Im Gegensatz dazu kann der Metabolit Valsartansäure in jeder Probe über der BG und in 25 Proben über 0,1 µg/L bestimmt werden (Maximum 0,66 µg/L, Mülheim 27.07.2020). Die Mediangehalte liegen längs der Ruhr über 0,1 µg/L.

In den Jahren 2007 bis 2019 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 [16.7 bis 16.10]. Dies kann vor allem für die Pharmaka Carbamazepin, Diclofenac, Metoprolol und Sulfamethoxazol, das Flammschutzmittel TCPP sowie die RKM Amidotrizoesäure und Iopamidol gelten, die in der hier beschriebenen Fundhäufigkeit und Konzentrationshöhe über die letzten 10 Jahre ein sehr ähnliches Muster geben.

- 
- [16.3] Scheurer, M.; Sacher, F.; Brauch, H.-J.: Studie zur Bedeutung von Nitrifikations- und Ureaseinhibitoren für die Roh- und Trinkwasserbeschaffenheit in Deutschland.- DVGW W1/01/12, Bonn, 88 S. (2014)
- [16.4] Hallinger, S.; Wallnöfer, P. R.; Goldbach, H.; Amberger, A.: Several aspects of bacterial dicyandiamide degradation.- *Naturwissenschaften* 77, 332-334 (1990)
- [16.5] Kümmerer, K.; Schuster, A.; Längin, A.; Happel, O.; Thoma, A.; Schneider, K.; Hassauer, M.; Gartiser, S.; Hafner, C.: Identifizierung und Bewertung ausgewählter Arzneimittel und ihrer Metaboliten (Ab- und Umbauprodukte) im Wasserkreislauf.- UBA-Texte 46/2011, 195 S. (2011)
- [16.6] ter Laak, T.; Baken, K.: The occurrence, fate and ecological and human health risks of metformin and guanilurea in the water cycle - A literature review.- KWR Watercycle Research Institute, Nieuwegein, 24 S. (2014)

Diese Konzentrationsangaben beziehen sich auf Oberflächenwasser, das noch nicht zu Trinkwasser aufbereitet ist. Um die gefundenen Konzentrationen im Oberflächenwasser einzuordnen, werden aber sowohl allgemeine Vorsorgewerte für Trinkwasser (0,1 µg/L, VW) als auch gesundheitsbasierte Orientierungswerte (GOW, oberer Vorsorgewert für einen lebenslangen unbedenklichen Trinkwassergenuss, Warnwert) herangezogen [16.11, 16.12]. Eine Zusammenstellung der entsprechenden GOW für die betrachteten Substanzen gibt Tabelle 16.7. Die gefundenen Konzentrationen werden durch die jeweiligen GOW oder VW geteilt. Liegen die erhaltenen Bewertungsquotienten unter 1, deutet dies eine unbedenkliche Nutzung der Wasserressource für die Trinkwassergewinnung an.

Im Jahr 2020 wurden die GOW bereits im nicht aufbereiteten Oberflächenwasser für viele Untersuchungsparameter unterschritten. Für 8 der 19 Verbindungen, die in Tabelle 16.7 aufgeführt werden, kam es jedoch zu einzelnen oder mehrfachen Überschreitungen der GOW. Vereinzelt Überschreitungen konnten für das FSM TCPP (1 x), das RKM Iopamidol (1 x), das Arzneimittel Valsartan (2 x) und den Arzneimittelmetaboliten DH-CBZ (1 x) ermittelt werden. Häufige Überschreitungen finden sich für die Arzneimittelmetaboliten Guanylarnstoff (31 von 32 Positivbefunden), FAA (24 von 35 Positivbefunden) und Valsartansäure (13 von 33 Positivbefunden) sowie das Arzneimittel Candesartan (9 von 35 Positivbefunden). Da für die Bewertung der Sartan-Verbindungen bislang im Rahmen des

AWWR-Monitorings lediglich ein Probenahmejahr zugrunde liegt, können hier bei zukünftigen Beprobungen noch deutliche Veränderungen des Befundbildes auftreten. Auch Gehalte über den GOW im Oberflächenwasser wurden im Laufe der Wasseraufbereitung mit naturnahen Verfahren so stark vermindert, dass im Trinkwasser entweder keine Befunde über den jeweiligen Bestimmungsgrenzen oder zumindest eine deutliche Unterschreitung der jeweiligen GOW zu beobachten waren [16.13].

Für Carbamazepin und Diclofenac wurden für die Oberflächenwasserkonzentrationen im Jahr 2020 maximale Bewertungsquotienten (GOW) von 0,43 bzw. 0,93 erreicht. Als maximaler Bewertungsquotient für Lamotrigin wurde ein Wert von 0,08 ermittelt.

### Abflussbetrachtung

Für die Betrachtung des Ruhrabflusses an den Probenahmestellen werden Abflusspegel einbezogen, die in der Nähe der Probenahmestellen liegen. Die Abflusspegel liegen zwischen 2 und 15 km von den Probenahmestellen entfernt (Tabelle 16.1). Als mittlerer Abstand lässt sich eine Entfernung von 6,5 km bestimmen. Der Pegel Fröndenberg stand 2020 wie in den Vorjahren nicht zur Auswertung zur Verfügung. Die mittleren Abflüsse im gesamten Probenahmezeitraum zwischen Juli 2008 und Dezember 2020 fallen niedriger aus als die langjährigen Mittelwerte und bestätigen damit die Situation aus den unmittelbaren Vorjahren. Die mittleren Abflüsse im Jahr 2020 unterschreiten die 12,5-jährigen Mittelwerte sowie die mittleren Abflüsse des Jahres 2019 [16.1].

Die Tagesabflüsse an den Probenahmetrainen im Jahr 2020 betragen zwischen 9 und 68 % des langjährigen mittleren Abflusses (MQ). Durch die trockenen Witterungsverhältnisse des Jahres 2020 wurden im Mittel an den Probenahmetagen nur 37 % des langjährigen MQ beobachtet. Die in diesem Monitoring betrachteten Spurenstoffe werden mit dem gereinigten Abwasser in das Fließgewässer eingetragen. Dies hat insbesondere bei anhaltend unterdurchschnittlichen Abflüssen zur Folge, dass vergleichsweise hohe Konzentrationen der Spurenstoffe zu beobachten sind. Daher treten bei vielen Stoffen maximale Konzentrationen in der Herbst-Probenahme nach anhaltend niedrigen Abflüssen auf. Insgesamt jedoch ähneln in allen Probenahmestellen die Muster des Stoff-Auftretens sowohl hinsichtlich ihrer Konzentrationshöhe als auch hinsichtlich der Häufigkeit ihres Auftretens denen der Vorjahre – sofern die Substanzen bereits analysiert wurden [16.14].

Tabelle 16.7: Zusammenstellung von gesundheitlichen Orientierungswerten (GOW) und Leitwerten (LW) zur Bewertung von Stoffen im Trinkwasser. Abkürzungen vgl. Tabelle 16.2,

Table 16.7: Health oriented values (GOW) and guidance values (LW) for the assessment of substances occurring in drinking water. Abbreviations cf. table 16.2. GOW – precautionary value for life-time, harmless drinking water consumption.

Stoff	GOW [µg/L]	Stoff	GOW [µg/L]
TCPP	1	Ibuprofen	1
		Lamotrigin	0,3
Candesartan	0,3	Metformin	1
Carbamazepin	0,3	Olmesartan	0,3
Clofibrat	3	Phenazon	0,3
DH-CBZ	0,3	Primidon	3
Diclofenac	0,3	Valsartan	0,3
FAA	0,3	Valsartansäure	0,3
Gabapentin	1	Amidotrizoesäure	1
Guanylarnstoff	1	Iopamidol	1

Tabelle 16.8: Ergebnisübersicht der Mediane von Tagesfrachten [g/d]. Abkürzungen vgl. Tabelle 16.2, Zeitraum 2008 bis 2020, für die Frachtermittlung werden Konzentrationen unter der BG nicht berücksichtigt. Der Frachtermittlung liegen unterschiedliche Anzahlen von Einzelanalysen zugrunde, vgl. Tabellen 16.3 und 16.4. In die Frachtermittlung für Arnsberg gehen die Werte für das Jahr 2018 nicht ein, da der zugehörige Pegel Oeventrop nicht zur Verfügung stand. Grün: Median Tagesfracht = 0, grau: 100 < Tagesfracht < 500, gelb: 500 < Tagesfracht < 1.000, orange: 1.000 < Tagesfracht

Table 16.8: Median of daily loads [g/d]. Abbreviations cf. table 16.2, period 2008-2020, load calculation do not consider concentrations below LQ. Load calculations are based on varying analyses numbers cf. tables 16.3 and 16.4. Load calculation for Arnsberg in the year 2018 was not available due to the lack of discharge data. Green: median daily load = 0, grey: 100 < daily load < 500, yellow: 500 < daily load < 1.000, orange: 1.000 < daily load

Stoff	Probenahmestelle							
	Meschede	Arnsberg	Wickede	Schwerte	Hagen	Bochum	Essen	Mülheim
	[g/d]							
TiBP				39	59	98	78	105
TCEP	4	8	22	51	69	145	126	73
TCPP	14	21	108	147	361	521	536	586
TBEP			67	86	115	158	142	182
TDCPP	7	9	18	25	34	67	69	65
Bezafibrat				30		116	115	103
Carbamazepin	10	8	57	70	182	259	254	289
Diclofenac	37	19	85	124	191	279	289	380
Metoprolol	26	23	136	166	305	589	633	718
Sotalol	8		40	41		117	117	121
Sulfamethoxazol	9		36	56	104	186	180	217
Metformin	140	107	439	579	1.670	2.271	2.024	1.868
Gabapentin	77	65	333	466	1.072	1.714	1.650	1.942
Tramadol				35	69	112	112	116
Lamotrigin	15	20	74	92	234	328	309	353
Candesartan	33	32	129	195	510	816	769	966
Telmisartan				53	118	177	172	224
Valsartan	19	10	60	60	107	124	202	205
Guanylharnstoff	1.082	843	3.460	5.810	8.878	10.692	7.940	6.405
FAA	49	38	238	397	824	1.353	1.522	1.576
AAA	63	61	211	295	614	788	698	729
Metoprololsäure	34	38	153	166	325	608	465	535
DH-CBZ	16	20	80	108	290	405	379	425
Valsartansäure	21	29	121	186	695	886	858	1.123
Amidotriozoesäure			218	301	800	1.213	1.118	1.489
Iohexol			95	110	351	847	818	1.518
Iomeprol			112	324	995	2.503	2.623	2.338
Iopamidol			659	507	1.009	1.170	1.165	1.817
Iopromid			56	103	423	767	707	755

[16.7] Zullei-Seibert, N.; Schöpel, M.; Strücker, G.: Stoffspuren in der Ruhr – Ergebnisse aus den Wasserversorgungsunternehmen zu Arzneimitteln und Flammschutzmitteln.- in: Ruhrverband & AWWR (Hg.): Ruhrgütebericht 2007.- Gevelsberg, Essen, 148-159 (2008).

[16.8] Ruhrverband: Organische Spurenstoffe in der Ruhr.- in: Ruhrverband & AWWR (Hg.): Ruhrgütebericht 2018.- Schwerte, Essen, 84-99 (2019).

[16.9] Ruhrverband: Organische Spurenstoffe in der Ruhr.- in: Ruhrverband & AWWR (Hg.): Ruhrgütebericht 2019.- Schwerte, Essen, 93-108 (2020).

[16.10] LANUV (Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz Nordrhein-Westfalen): HYGON (Hydrologische Rohdaten Online). Messwerte der Station Mülheim; [https://luadb.it.nrw.de/LUA/hygon/pegel.php?messstellen\\_nr=022810&guete=tabelle](https://luadb.it.nrw.de/LUA/hygon/pegel.php?messstellen_nr=022810&guete=tabelle). Abgerufen: 30.03.2021.

[16.11] 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](http://www.umweltdaten.de/wasser/themen/trinkwassertoxikologie/grenzwerte_leitwerte.pdf) (2011)

[16.12] Umweltbundesamt: Liste der nach GOW bewerteten Stoffe – Stand Juli 2020; [https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/5620/dokumente/listegowstoffeohnneps-20200728-homepage\\_kopie.pdf](https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/5620/dokumente/listegowstoffeohnneps-20200728-homepage_kopie.pdf). Abgerufen: 03.05.2021.

[16.13] Wasserwerke Westfalen: Trinkwasseranalyse - Stand Mai 2021; <https://www.wasserwerke-westfalen.de/wasser/unsere-wasserwerke/hengsen/>. Abgerufen: 12.05.2021.

[16.14] Ruhrverband: Niedrigwassermanagement beim Ruhrverband – Betrachtungen zur Wasserqualität in den Jahren 2018 und 2019.- in: Ruhrverband & AWWR (Hg.): Ruhrgütebericht 2020.- Schwerte, Essen, 109-116 (2020).

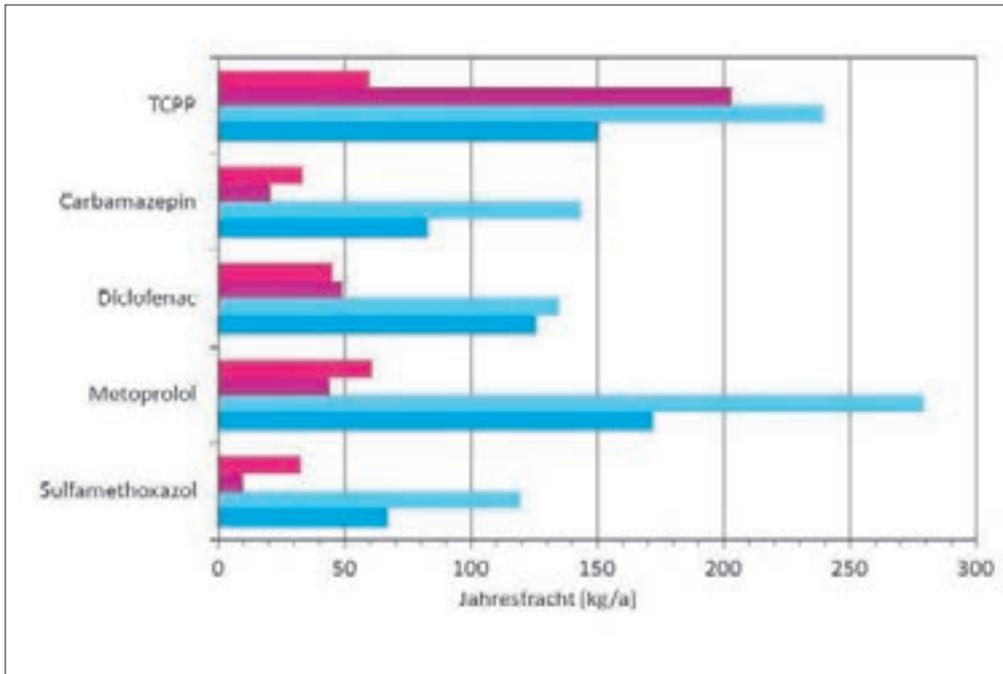


Bild 16.1: Geschätzte Jahresfrachten ausgewählter Verbindungen im Oberflächenwasser der Ruhr im Vergleich der Jahre 2010 und 2020 und der Probenahmestellen Schwerte und Mülheim

Fig. 16.1: Estimated annual loads for selected substances in comparison between 2010 and 2020 and between the sampling points Schwerte and Mülheim

## Frachtbetrachtung

Die mittleren Tagesfrachten für einzelne Parameter nehmen in der Regel von den oberstromigen Probenahmestellen zu den unterstromigen deutlich zu. In Mülheim treten jedoch nicht für alle Stoffe die höchsten mittleren Tagesfrachten auf (Tabelle 16.8, z.B. TCEP, Bezafibrat, Metformin, Guanylarnstoff, lomeprol). Konzentrationsabnahmen, wie sie für einzelne Parameter nach dem Zufluss der Lennemündung festzustellen sind, werden jedoch durch die stärkere Zunahme des Abflusses kompensiert. Bei der Berechnung der Tagesfrachten werden Konzentrations-Befunde unterhalb der BG nicht berücksichtigt.

Im Mittel lagen und liegen die Tagesfrachten einzelner Verbindungen in den oberstromigen Messstellen, Meschede und Arnsberg, unter 80 g/d. Lediglich für Metformin und den Metaboliten Guanylarnstoff werden hier mittlere Tagesfrachten über 100 g/d ermittelt. Ab Wickede ruhrabwärts nehmen die Untersuchungsparameter zu, bei denen die mittlere Tagesfracht je Einzelstoff 100 g/d übersteigt. In Mülheim sind dies dann 27 von 29 relevanten Stoffen.

Außer für die RKM Amidotrizoesäure, Iohexol, lomeprol und Iopamidol werden mittlere Tagesfrachten über 1 kg/d für Metformin, Guanylarnstoff, Gabapentin und FAA gefunden. Bereits in Meschede und Wickede werden im Mittel mehr als 1 kg/d an Guanylarnstoff beobachtet. In Hagen treten Iopamidol, Metformin und Gabapentin in dieser Klasse hinzu (Tabelle 16.8).

Aus den jährlichen 4 Probenahmen und den ermittelten Tagesfrachten kann der Transport während des gesamten Jahres geschätzt werden. In den Bildern 16.1 und 16.2 werden die geschätzten Jahresfrachten für ausgewählte Stoffe in Schwerte und Mülheim und die Jahre 2010 und 2020 miteinander verglichen.

Für das Flammenschutzmittel TCPP nimmt die Jahresfracht im Jahr 2020 von Schwerte nach Mülheim von ca. 200 auf ca. 150 kg/a ab (Bild 16.1). Dies ist auf 2 von 4 Proben mit vergleichsweise hohen Konzentrationen dieses Stoffes in Schwerte zurückzuführen. Bei langjährig untersuchten Pharmaka ist 2020 eine Zunahme von etwa 10 bis 50 kg/a in Schwerte auf ca. 70 bis 170 kg/a in Mülheim zu beobachten (Bild 16.1). Damit liegen die Jahresfrachten dieser Parameter sowohl in Schwerte als auch in Mülheim etwas unter den Jahresfrachten 2019. Während sowohl in Schwerte als auch in Mülheim im Vergleich des 10 Jahreszeitraums für Carbamazepin, Metoprolol und Sulfamethoxazol Abnahmen der Jahresfracht festzustellen sind, bleiben die Diclofenac-Frachten in etwa gleich.

Unter den Stoffen, die im Jahr 2015 in das Monitoring aufgenommen wurden, fällt Guanylarnstoff mit einer abgeschätzten Jahresfracht zwischen ca. 1 und 2 t/a auf, die jedoch unter den Werten aus dem Jahr 2019 liegen (Bild 16.2). An den zusätzlichen Arzneimitteln und deren Abbauprodukten, die ab 2015 untersucht und mit hohen Konzentrationen in der Ruhr gefunden werden, liegt es, dass die Frachtsumme der Pharmaka von 2010 zu 2020 deutlich ansteigt (2010: 11 Substanzen,

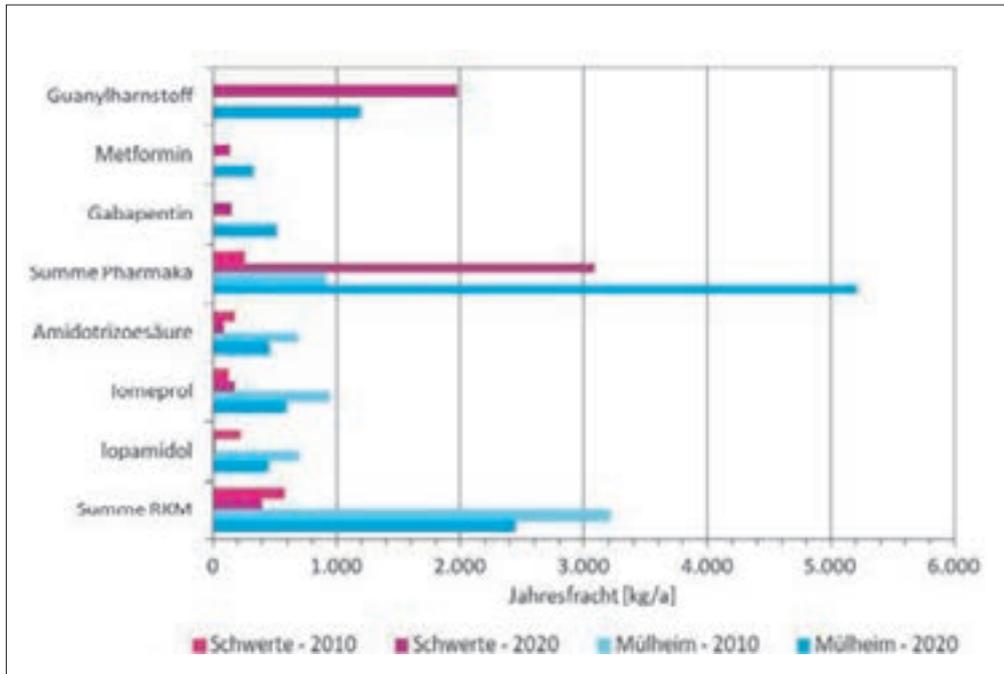


Bild 16.2: Geschätzte Jahresfrachten ausgewählter Verbindungen im Oberflächenwasser der Ruhr im Vergleich der Jahre 2010 und 2020 und der Probenahmestellen Schwerte und Mülheim. Gabapentin, Metformin und Guanylarnstoff wurden 2010 nicht untersucht, Summe Pharmaka beruht 2010 auf 11 untersuchten Parametern und 2020 auf 43

Fig. 16.2: Estimated annual loads for selected substances in comparison between 2010 and 2020 and between the sampling points Schwerte and Mülheim. Gabapentin, Metformin and Guanylurea were not analysed in 2010, sum of pharmaceuticals is based on 11 tested compounds in 2010 and on 43 compounds in 2020

2020: 43 Substanzen). In Schwerte und Mülheim werden 2020 summierte Jahresfrachten von ca. 3 bzw. 5 t/a Pharmaka (einschließlich Abbauprodukten) abgeschätzt. Auch diese Frachtsummen der beiden Referenzstandorte sanken 2020 im Vergleich zu 2010.

Für einzelne häufig gefundene RKM werden in Schwerte in der Ruhr für das Jahr 2020 Jahresfrachten zwischen ca. 12 und 170 kg/a abgeschätzt, während in Mülheim zwischen ca. 450 und 600 kg/a auftreten (Bild 16.2). Für Schwerte werden vor allem geringere Jahresfrachten für Iopamidol festgestellt. In der Summe aller untersuchten RKM werden in Schwerte im Jahr 2020 mit ca. 400 kg/a geringere Mengen als im Jahr 2010 mit einer Fracht von ca. 575 kg/a ermittelt. In Mülheim sinken die RKM-Jahresfrachten von 2010 (ca. 3,2 t/a) bis 2020 (ca. 2,5 t/a).

### Zusammenfassung

Mit den Proben im Jahr 2020 wurde im Monitoring das Oberflächenwasser der Ruhr an 9 Probenahmestellen insgesamt 50 Mal (Essen und Bochum 49 Mal) auf organische Spurenstoffe untersucht. Das Untersuchungsspektrum wurde bis 2020 auf 60 Substanzen aus den Stoffgruppen phosphororganische Flammschutzmittel, Humanpharmaka und Röntgenkontrastmittel umgestellt. Die Untersuchung von per- und polyfluorierten Kohlenstoffverbindungen entfiel im Jahr 2020 erstmals.

Soweit gesundheitliche Orientierungswerte für einzelne Stoffe als Vorsorgewerte für den menschlichen Trinkwassergenuss formuliert wurden, werden diese oft bereits im nicht aufbereiteten Oberflächenwasser eingehalten. Im Jahr 2020 werden bei den Arzneimittel-Metaboliten Guanylarnstoff, FAA und Valsartansäure sowie dem Arzneimittel Candesartan diese Trinkwasser-Vorsorgewerte mehrfach im nicht aufbereiteten Oberflächenwasser überschritten. Im aufbereiteten Trinkwasser ließen sich diese Vorsorgewert-Überschreitungen nicht mehr nachvollziehen.

Insgesamt 19 Verbindungen aus allen Stoffgruppen wurden bisher entweder gar nicht oder nur vereinzelt im Oberflächenwasser gefunden. Mittlere Konzentrationen übersteigen für TCPP, 3 RKM, Metoprolol, Metformin, Gabapentin und Candesartan sowie die Metabolite Guanylarnstoff, FAA, AAA, Metoprololsäure und Valsartansäure den Wert von 0,1 µg/L. Die Muster der Befunde in den verschiedenen Monitoringabschnitten zwischen 2008 und 2020 sind bei Flammenschutzmitteln, Röntgenkontrastmittel und vielen untersuchten Pharmaka sowohl hinsichtlich der Häufigkeit ihres Auftretens als auch hinsichtlich der gefundenen Konzentrationshöhen einander ähnlich.

Unter den nach 2015 in das Monitoring aufgenommenen Stoffen fallen vor allem Metformin, Gabapentin, Lamotrigin und Candesartan sowie die Metabolite Guanylharnstoff, FAA, AAA, Metoprololsäure, DH-CBZ und Valsartansäure mit Konzentrationen auf, die häufig den Wert von 0,1 µg/L übersteigen.

Im Jahr 2020 werden bei allen Probenahmen unterdurchschnittliche Abflüsse in der Ruhr beobachtet (9 bis 68 % des langjährigen MQ). Entsprechend treten für viele Stoffe Maximalkonzentration nach einer langen Phase mit niedrigen Abflüssen im Oktober 2020 auf. Dennoch verbleiben die Konzentrationen aller Parameter an allen Probenahmestellen in ähnlichen Größenordnungen wie in den Vorjahren.

Die mittleren Tagesfrachten der Einzelsubstanzen liegen in Meschede und Arnsberg meist unter 80 g/d, während ab Wickede ruhrabwärts zunehmend für mehrere Stoffe mittlere Tagesfrachten über 100 g/d ermittelt werden können. Mittlere Frachten über 1 kg/d werden in Meschede, Wickede und Schwerte für den Arzneimittel-Metaboliten Guanylharnstoff und unterhalb der Lennemündung ab Hagen zusätzlich für die Pharmaka Metformin und Gabapentin sowie das RKM Iopamidol beobachtet. Ab Bochum treten die RKM Amidotrizoesäure und Iomeprol sowie der Metabolit N-Formyl-Aminoantipyrin (FAA) in dieser Klasse hinzu. Im Jahr 2020 werden für alle Flammschutzmittel Jahresfrachten zwischen 7 und 260 kg/a ermittelt, während die Jahresfrachten für RKM mit Werten zwischen ca. 5 und 2.500 kg/a sowie für alle untersuchten Pharmaka zwischen 600 und ca. 5.600 kg/a abgeschätzt werden (jeweils als Summen-Werte für die Stoffgruppen).

## 17 Herausforderungen in der Wasserversorgung: Verbundlösungen als Antwort auf den Klimawandel

Bernd Heinz, Wasserwerke Westfalen GmbH, Schwerte

### Einleitung

Die Trinkwasserversorgung im Ruhrinzugsbereich ist traditionell geprägt von lokalen Gewinnungs- und Verteilungsstrukturen, u.a. Stadtwerke, Kommunalbetriebe. Eine signifikante Strukturveränderung erfolgte historisch meist durch externe Impulse. So führte der Wirtschaftswandel im Ruhrgebiet vor rund 20 Jahren zu neuen Strukturen der Trinkwasserproduktion unter Beibehaltung der lokalen Wasserverteilung. Ist der Klimawandel mit seinen Herausforderungen ebenfalls ein neuer Impuls zur Fortentwicklung der Versorgungsstrukturen?

### Trinkwasserqualität und -menge

Bis vor wenigen Jahren stand die Qualität des Trinkwassers aus der Ressource Ruhr im Fokus. Das Programm der Wasserversorger zur Errichtung weitergehender Wasseraufbereitungsanlagen schreitet gut voran, s. die Beispiele WAA Schwerte-Westhofen und WAS Hagen-Hengstey in Kapitel 18. Nachdem Wasserwerke Westfalen (WWW) bereits drei Anlagen in Betrieb genommen hat, laufen auch die Bauarbeiten für die letzten Standorte Hengsen und Halingen planmäßig.

Mit dem spürbaren Klimawandel rückt seit dem Jahr 2018 ein sicheres Wassermengendargebot in den Mittelpunkt der Wasserversorgung. Höhere Durchschnittstemperaturen, geringere Niederschläge, lange Trockenphasen und technische Grenzen

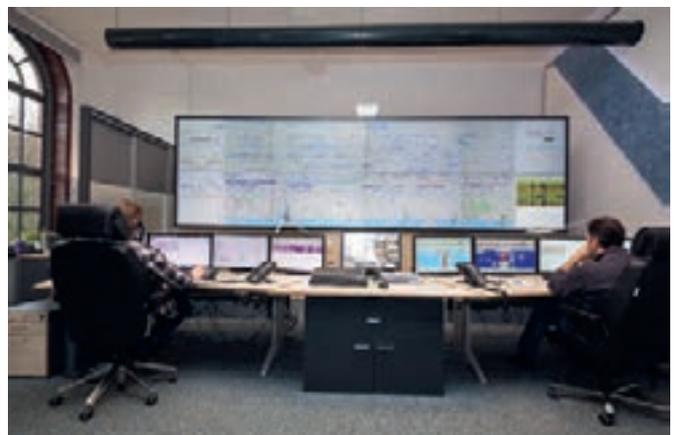


Bild 17.1: WWW-Leitstelle im Wasserwerk Hengsen: Die Anforderungen und der Optimierungsbedarf für die Steuerung von Qualität und Menge der Trinkwasserversorgung steigen.

Fig. 17.1: The WWW's control center at the waterworks Hengsen: The requirements and the need for optimization of the management of quality and volume of drinking water supply are rising.

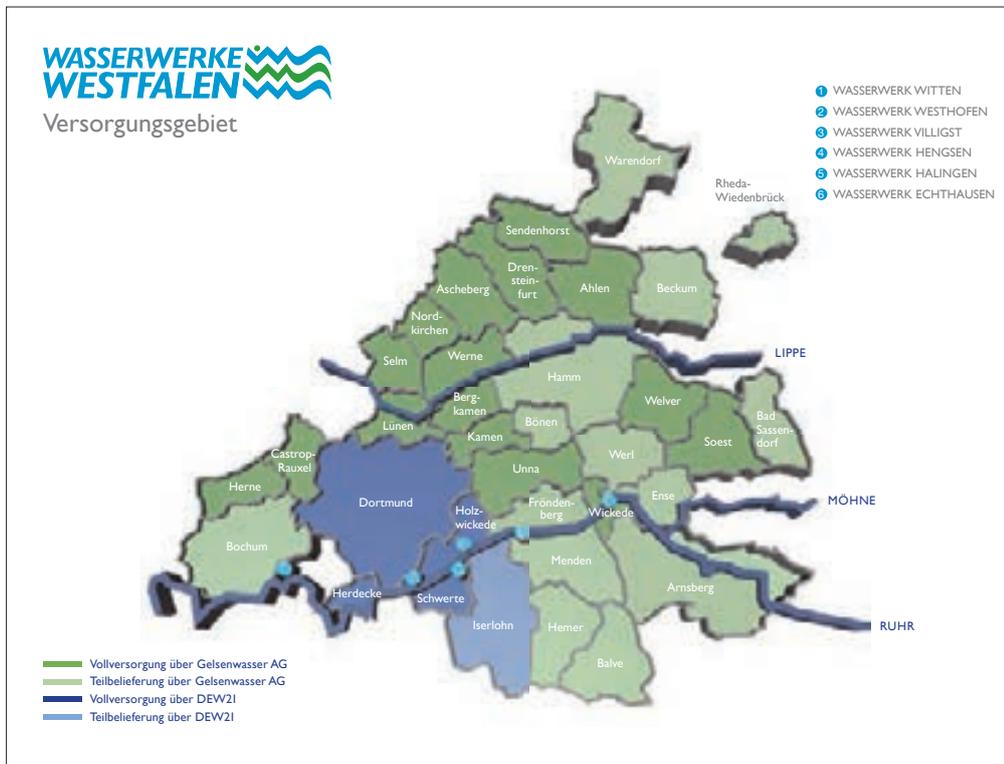


Bild 17.2: Das WWW-Versorgungsgebiet. Die Trinkwasserlieferung erfolgt über die Gesellschafter DEW21 und GELSENWASSER.

Fig. 17.2: The WWW's service area. Drinking water supply is managed by the companies DEW21 and GELSENWASSER.

bisheriger Versorgungssysteme stellen eine Zeitenwende an der Ruhr dar. (Bild 17.1) Hinzu kommt absehbar eine steigende Nachfrage durch die Bevölkerungsentwicklung, Bewässerungsbedarf und Restriktionen alternativer Wasserressourcen. Dieser Trend ist robust und kann trotz verstärkter CO<sub>2</sub>-Minderungsmaßnahmen erst sehr langfristig gestoppt werden. AWWR und Ruhrverband bemühen sich intensiv um eine flexiblere Talsperrenbewirtschaftung. Parallel besteht bei etlichen Wasserversorgungsunternehmen Handlungsbedarf für eine weiterhin sichere und hochwertige Trinkwasserversorgung im Klimawandel.

### Strategie und Strukturen

Der Strukturwandel des Ruhrgebiets weg von Kohle und Stahl in den 80er und 90er Jahren betraf auch die Wasserversorgung stark. Deutliche Mengenrückgänge führten zu Kooperationen und Werksschließungen. So bündelten exakt vor 20 Jahren die GELSENWASSER AG und DEW21 ihre Wasserproduktionskapazitäten an der Ruhr in die Wasserwerke Westfalen GmbH. Weitere Kooperationen gibt es u.a. im Bereich der Stadtwerke Essen, Bochum und Duisburg. Ziel war überall eine sichere, qualitativ hochwertige und kostengünstige Trinkwasserversorgung bei schrumpfendem Bedarf zu gewährleisten.

### Entwicklung WWW – bisherige Versorgungsstruktur

Von den ehemals acht Wasserwerken im Jahr 2001 werden momentan noch sechs betrieben. Ziel ist es, in 2026 letztendlich fünf moderne, leistungsfähige Wasserwerke mit jeweils weitergehender Aufbereitungstechnik verfügbar zu haben. Neben der Kapazitätsoptimierung ist der Verbundausbau zweites Strategieziel. Dies bedeutet, ehemals autarke Gewinnungs-, Transport- und Verteilungsgebiete zu vernetzen. Auch hier sind Versorgungssicherheit und Kostenoptimierung die Motive. So konnten einige 1:1-Versorgungsbeziehungen auf vorteilhaftere 1:n-Konstellationen erweitert werden. Durch gegenseitige Mitnutzung von Transportleitungen, neuen Umschlüssen, flexiblen Werksnutzungen und einem koordinierten Dispatching stehen heute bei Spitzen-/Reservefällen etliche Umschloptionen zur Verfügung. Dies ist Status der bisherigen kapazitätsreduzierenden Verbundstrategie. Hierbei wurde das klassische Örtlichkeitsprinzip der Trinkwasserproduktion schon angepasst.

Seit 2018 ist ein deutlicher Trinkwasser-Mehrbedarf bei Wasserwerken Westfalen zu verzeichnen. Ursprünglich bewegten sich die Absatzmengen um 95 Mio. m<sup>3</sup>/a, jetzt bei 105 bis 110 Mio. m<sup>3</sup>/a, ggf. mit weiteren Steigerungen, für die 1,5 Mio. Bürger im WWW-Versorgungsgebiet. (Bild 17.2) Die Spitzenabsätze steigen überproportional mit Tagen von bis über 400.000 m<sup>3</sup> an. (Bild 17.3) Gerade in den letzten Trockenjahren und dem Pandemiesonderjahr 2020 halfen die bisherigen



Bild 17.3: Wichtiger denn je bei Hochlastphasen sind Trinkwasserspeicher. Hier der Hochbehälter Bochum-Gerthe von Gelsenwasser - Betriebsführung WWW.  
 Fig. 17.3: Drinking water reservoirs are more important than ever during peak periods. The picture shows the Gelsenwasser water tower in Bochum-Gerthe, operated by the WWW.

Verbundoptionen. Doch es zeigt sich, dass diese Struktur die noch erwartbaren Spitzen- und Reservebedarfe nicht decken kann – die Kapazitätsreserven sind erschöpft.

### Strategieausblick Klimawandel

Die Strategie von WWW ist, den bisherigen Restrukturierungsverbund zum „Klimaverbund“ auszubauen. Dabei bleibt es bei

fünf leistungsstarken Wasserwerken. Durch zusätzliche technisch-organisatorische Maßnahmen/Projekte bei Transport und Speicherung sind weitere Spitzen- und Reservekapazitäten realisierbar. Ziele sind die Optimierung von:

- Kapazitäten in Wasserwerken, Transportnetzen, Speicher
- Spitzen- und Reserveleistungen
- Vorhaltekosten
- Zusätzliche Versorgungsoptionen für Normal- und Sonderbetriebszustände
- Bessere Auslastung/Nutzung vorhandener Anlagen
- Direkte Vernetzung bzw. indirekte Vernetzung von Wasserwerken über Transport- und Speichersysteme
- Energieeinsatz

Über Gleichzeitigkeitsbetrachtungen sind im Verbund Reserven geringer auslegbar bei analoger Sicherheit. Aktuelles Ziel ist eine Verdopplung von Umschalt- und Reserveoptionen gegenüber heute. Ein Verbund mit mehreren Wertschöpfungsstufen und Beteiligten ist komplexer zu bewirtschaften. Anspruchsvollere Leitstellenaufgaben sind durch weitere IT-Unterstützung, u.a. KI-Instrumente für Verbundmanagement/Dispatching handhabbar.

Dass noch komplexere Verbünde funktionieren, zeigt die Stromversorgung mit bundesweit verschiedenen Wertschöpfungs-, Eigentümer- und Organisationsstrukturen bei rasantem Wandel der Erzeugungsstruktur. Die grundsätzliche Herausforderung ist, klassische Systemgrenzen der Wasserversorgung zu



Bild 17.4: Karte Mengede: nun Versorgung aus WW Witten und WW Westhofen möglich.  
 Fig. 17.4: Map of Mengede: supply from the WW Witten and WW Westhofen now possible.



Bild 17.5: Inbetriebnahme der Übergabe Dortmund-Mengede durch (v. l.): Peter Flosbach (GF DEW21), Bernd Heinz (GF WWW) und René Kattein (GF DONETZ)

Fig. 17.5: The connection of Dortmund Mengede goes into operation (f. l.): Peter Flosbach (MD DEW21), Bernd Heinz (MD WWW) and René Kattein (MD DONETZ)

hinterfragen und sich neuen Ansätzen zu öffnen, wie es bereits in anderen Wirtschaftsbereichen praktiziert wird: Carsharing statt Autokauf oder Musikstreaming statt der Anschaffung eigener Tonträger.

### Aktuelles Verbundbeispiel Dortmund Mengede

Bisher erfolgte die Trinkwasserversorgung von Dortmund Mengede aus den Schwerter Werken von WWW über Transport-/Verteilnetze von DEW21/DONETZ als örtlichen Wasserversorger. Ziel war es, das leistungstärkste WWW-Werk Witten besser zu nutzen und die Schwerter Werke zu entlasten. (Bild 17.4)



Bild 17.6: Rohreinzugsverfahren in Mengede. Die Anbindungsleitung errichtete die Gelsenwasser AG.

Fig. 17.6: Installation of tubes in Mengede. The connecting pipeline was constructed by Gelsenwasser AG.

Mithilfe des Transportnetzes der GELSENWASSER und einer neuen Anbindungsleitung in einer stillgelegten Trasse erfolgt seit Mai die Versorgung von Mengede im Normalfall aus dem Wasserwerk Witten. (Bild 17.5) Bis zu 500 m<sup>3</sup>/h werden so verlagert. Die bisherigen Anbindungen über DONETZ bleiben bestehen, so dass im Bedarfsfall wieder auf die Schwerter Wasserwerke umgeschaltet werden kann. Als positiver Nebeneffekt wird weniger Pumpenergie benötigt.

Diese Win-win-Lösung konnte durch Zusammenarbeit der Partner GELSENWASSER, DEW21/DONETZ und WWW als Koordinator kostenminimal und schnell umgesetzt werden. (Bild 17.6) Klare Verantwortlichkeiten, Rollenaufteilungen und Vorteilsregelungen sorgen für Transparenz und Sicherheit der Partner. Dieses Projekt zeigt wie Optimierungen und Reserveoptionen im Verbund zügig und günstig erreichbar sind. Weitere Verbundansätze befinden sich aktuell in Prüfung.

### Fazit

Die bereits gut vernetzte Rohwasserressource Ruhr mit Talsperren als Saisonspeicher kann durch eine flexiblere Bewirtschaftung kostengünstig und nachhaltig klimafest weiterentwickelt werden – Stichwort Anpassung des Ruhrverbandsgesetzes.

Die Anforderungen an die Trinkwasserversorgung mit höheren Jahresmengen und Spitzenkapazitäten sowie längeren Hochlastphasen bedürfen ein Maßnahmenbündel für eine nachhaltige, weiterhin sichere und kostenoptimale Versorgung. Kernstrategie von WWW ist die Weiterentwicklung vom lokalen Fokus hin zum regionalen Versorgungsverbund mit technischer Systemvernetzung unter Wahrung lokaler Interessen.

In den Trinkwassersystemen - bestehend aus Wasserwerken, Transport-/Speichersystemen und Verteilnetz - ist mehr Flexibilität in der Fahrweise erforderlich. Durch weitere Verbundansätze und Versorgungsoptionen sind Spitzen- und Reservebedarfe sicher und kostengünstig umsetzbar. Selektive lokale Investitionen in Kapazitätserweiterungen runden das Strategiebild ab. Herausfordernd bleiben die organisatorischen Verbundlösungen mit diversen Partnern und Interessen für gemeinsame Win-win-Konstruktionen.

## 18 Weitergehende Aufbereitung des Trinkwassers an der Ruhr

Das „Schwerter Verfahren“ im Wasserwerk Westhofen – Höchste Sicherheit für die Trinkwasserqualität bei Wasserwerke Westfalen  
*Alexander Kortmann, Gelsenwasser AG, Gelsenkirchen;*  
*Armin Stratmann, Wasserwerke Westfalen GmbH, Schwerte*

Die Wasserwerke Westfalen GmbH mit Sitz in Schwerte liefert über 100 Millionen m<sup>3</sup> Trinkwasser im Jahr an ihre beiden Muttergesellschaften, die Dortmunder Energie- und Wasserversorgung GmbH (DEW21) und die GELSENWASSER AG.

Das Wasserwerk Westhofen ist eines von sechs Werken von Wasserwerke Westfalen. Es wurde 1955 in Schwerte errichtet, die Jahreskapazität beträgt 27 Millionen m<sup>3</sup>. Es versorgt die Städte Dortmund (teilweise), Herdecke (teilweise) sowie Schwerte mit Trinkwasser.

Im Wasserwerk Westhofen werden natürliche Grundwasservorkommen im Untergrund der Ruhrniederung mit Oberflächenwasser aus der Ruhr angereichert. Bei dieser Grundwasseranreicherung wird vorgereinigtes Ruhrwasser über sandgefüllte Versickerungsbecken mit einer Filtergeschwindigkeit von 0,5 bis 1,5 m/d in den Untergrund infiltriert. Für diese Langsandsandfiltration stehen zwölf Versickerungsbecken mit einer Gesamtfläche von ca. 60.000 m<sup>2</sup> zur Verfügung. Das angereicherte Grundwasser durchläuft eine Untergrundpassage und wird zusammen mit dem natürlichen Grundwasser und Uferfiltrat in einer gelochten Sickerleitung gefasst. Bis Januar 2021 wurde das angereicherte und aufbereitete Trinkwasser

nach einer chemischen Entsäuerung mittels Natronlauge und abschließender UV-Desinfektion über vier Kreiselumpen in die örtlichen Verteilungsnetze von DEW21 und drei Hochbehälter gespeist. (Bild 18.1)

### Planung der weitergehenden Aufbereitungsanlage

Um auch zukünftig insbesondere eine sichere Entfernung von organischen Spurenstoffen sowie Partikeln mit dem Schwerpunkt der Entfernung mikrobiologischer Belastungen zu gewährleisten, sollte die bestehende naturnahe Wasseraufbereitung aus Gründen des vorbeugenden Trinkwasserschutzes um weitergehende technische Verfahrensschritte ergänzt werden.

Die Bezirksregierung Arnsberg ordnete mit der im Juni 2016 erteilten behördlichen Bewilligung zur Entnahme von Oberflächenwasser aus der Ruhr und der Entnahme von Grundwasser aus dem Untergrund des Flusstals sowie einer Erlaubnis zur Einleitung von Oberflächenwasser zum Zwecke der Grundwasseranreicherung die Errichtung einer geeigneten Aufbereitung unter besonderer Berücksichtigung der Elimination von unerwünschten Spurenstoffen an.

Bei Wasserwerke Westfalen wurde nach mehrjährigen umfangreichen Versuchen als technisch, qualitativ und wirtschaftlich beste Lösung zum Erreichen der Aufbereitungsziele das „Schwerter Verfahren“ als Ertüchtigung zu den bereits bestehenden Aufbereitungsstufen entwickelt. Diese weitergehende Aufbereitung (WAA) basiert auf den folgenden Verfahrensstufen (Bild 18.2):

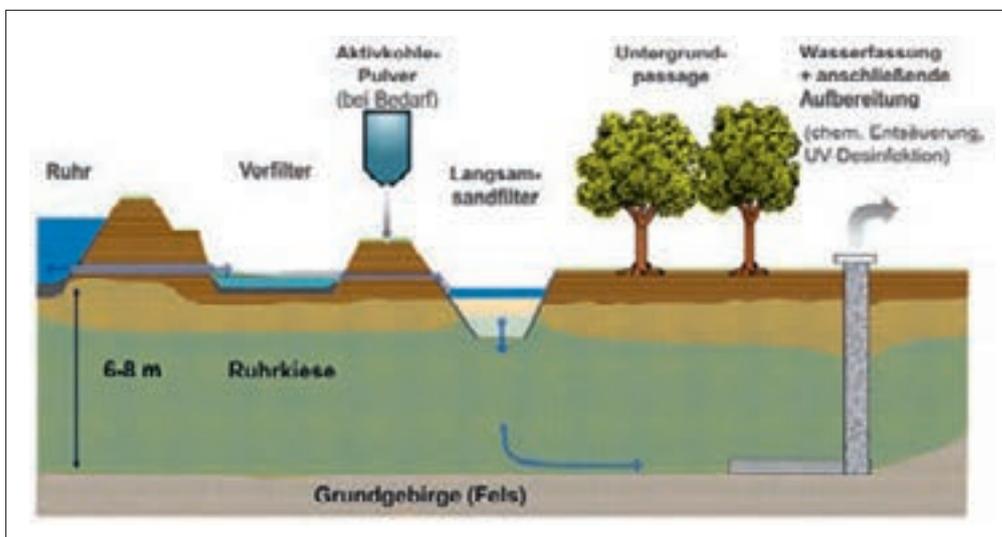


Bild 18.1: Schema der bisherigen Trinkwassergewinnung und -aufbereitung im Wasserwerk Westhofen  
Fig. 18.1: Schematic view of the existing drinking water production and treatment processes at the waterworks Westhofen

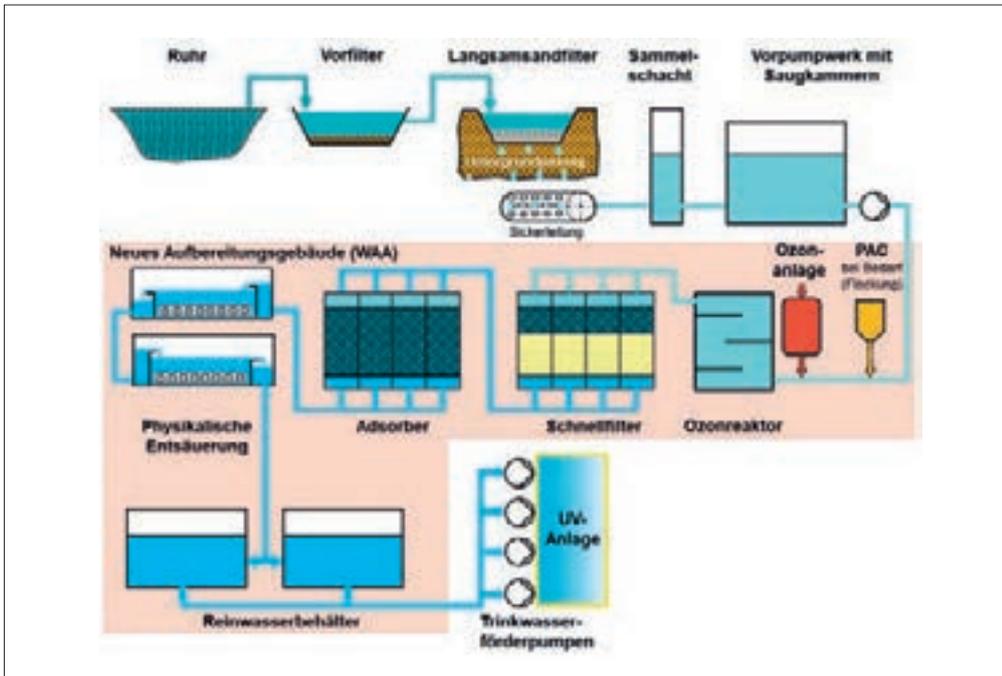


Bild 18.2: Schema der vorhandenen Anlagenstruktur mit den Verfahrensstufen der weitergehenden Wasseraufbereitung

Fig. 18.2: Schematic view of the existing facilities with the treatment levels of the advanced water treatment system

- Flockungsmitteldosierung (bedarfswise) auf Materialbasis Polyaluminium-Chlorid (PAC)
- Ozonung zum Aufbrechen persistenter Verbindungen
- Schnellfiltration zur Partikelentfernung mit dem Schwerpunkt der Entfernung mikrobiologischer Belastungen
- Adsorption zur Entfernung organischer Belastungen
- Physikalische Entsäuerung

sind im Betrieb vollständig mit Wasser gefüllt und werden automatisch entlüftet. Hinter der Adsorptionsstufe fließt das Reinwasser nahezu drucklos über die physikalische Entsäuerung in zwei Reinwasserbehälter unterhalb der Aufbereitungsstufen. Von dort aus fließt es über zwei erdverlegte Rohrleitungen im Freigefälle den im bestehenden Pumpwerksgebäude befindlichen Netzpumpen zu (Bild 18.4).

Die Errichtung eines erforderlichen Vorpumpwerks erfolgte bereits in einer ersten Bauphase bis 2014. Im Zuge dessen ist die abschließende Trinkwasserdesinfektion auf ein physikalisches Verfahren mittels UV-Licht umgestellt worden. Fünf Mitteldruck-UV-Anlagen sind in parallelen Strängen in der vorhandenen Pumpenhalle im Ausgangsbereich des Wasserwerks verbaut worden. (Bild 18.3) Als sekundäre Desinfektion, z.B. im Falle einer betrieblichen Störung der UV-Anlagen, erfolgte die Installation einer chemischen Desinfektion auf der Basis von Natriumhypochloritlösung.

Das Rohwasser aus der Langsandsandfiltration der Wassergewinnung wird in einem verbundenen Schachtsystem gesammelt und fließt über zwei zentrale Sammelschächte den zwei Saugkammern des Vorpumpwerks zu.

Die vier Pumpen des Vorpumpwerks sind drehzahlregelt und fördern im Einzelbetrieb jeweils 850 bis 2.200 m<sup>3</sup>/h Rohwasser. Die maximale Aufbereitungskapazität der WAA von 4.000 m<sup>3</sup>/h wird mit zwei Pumpen im Parallelbetrieb abgedeckt. Das Rohwasser wird von den Pumpen über zwei erdverlegte Rohrleitungen zur neuen weitergehende Aufbereitungsanlage und im Druckbetrieb durch die Aufbereitungsstufen Ozonung, Schnellfiltration und Adsorption gefördert. Diese Verfahrensstufen



Bild 18.3: Mitteldruck-UV-Anlagen im Maschinenhaus des Netzpumpwerks

Fig. 18.3: Medium pressure UV facility in the powerhouse of the network pumping station



Bild 18.4: Rohrleitungskeller, Ozonreaktoren und Schnellfilter mit darunter liegenden Reinwasserbehältern  
 Fig. 18.4: Pipeline basement, ozone reactors and rapid filter with clean water tanks situated below

In die Zulaufleitungen der Ozonreaktoren wird im Teilstrom Ozonstarkwasser dosiert und vor dem Eintritt in die drei Reaktoren durch statische Mischer mit dem Rohwasserstrom verwirbelt. An gleicher Stelle wird bei erhöhter Trübung bedarfsweise das Flockungsmittel auf Materialbasis Polyaluminium-Chlorid (PAC) dosiert. Durch die Dosierung wird eine verbesserte Trübstoffentfernung in den nachfolgenden Schnellfiltern (Flockungsfiltration) erreicht. Die Ozonreaktoren werden senkrecht von unten nach oben durchströmt und sind so dimensioniert, dass während der Verweilzeit eine vollständige Reaktion des Ozons mit den Wasserinhaltsstoffen (Oxidation) erfolgt. In den Reaktoren sind je drei horizontale Leitwände eingebaut, die eine gute Durchmischung und die Vermeidung von Totzonen bewirken.

Die anschließende Schnellfiltration besteht aus vier Filterbecken mit je zwei Kammern, welche durch eine Mittelrinne getrennt sind (Bild 18.5). Aus den Ozonreaktoren strömt das Wasser an der Stirnseite der Becken in die Mittelrinne. Bei der Inbetriebnahme, z.B. nach einer Filterspülung, füllt sich zunächst die Mittelrinne. Anschließend strömt das Wasser über die seitlichen Überlaufkanten bis das gesamte Filterbecken gefüllt ist und unter Druck steht. Im Betrieb wird das Filterbett, aufgebaut aus den Schichten Anthrazitkohle und Quarzsand, von oben nach unten durchströmt. Dabei werden filterbare Wasserinhaltsstoffe im Filter zurückgehalten. Nach der Passage des Filterbetts fließt das Filtrat über die Düsenböden in die darunter liegenden Filtraträume. Der anstehende Förderdruck der Rohwasserpumpen fördert das Filtrat über eine mittig angeordnete Ablaufleitung in die Verteilerleitung der nachfolgenden Adsorptionsstufe.

Ziel dieses Verfahrens ist die Elimination von erhöht auftretenden Spurenstoffen durch Adsorption an Kornaktivkohle. Die adsorptive Wirkung gegenüber Spurenstoffen beruht auf der Anlagerung der Spurenstoffe an die Oberfläche der Aktivkohlen durch überwiegend physikalische Wechselwirkungen. Das Funktionsprinzip und der konstruktive Aufbau der Adsorptionsstufe entspricht weitestgehend der Schnellfiltration. Lediglich die Filterfüllung, die Ausführung der eingesetzten Filterdüsen sowie die nicht erforderliche Spülluftzuführung sind abweichend.

Nach Aufbereitung des Wassers durch die Adsorptionsstufe fördert der anstehende Druck der Rohwasserpumpen das Filtrat über eine mittig angeordnete Ablaufleitung in die Verteilerleitung der physikalischen Entsäuerung (Bild 18.6).

Verfahrenstechnisches Ziel der Entsäuerung ist der Austrag von überschüssigem CO<sub>2</sub> aus dem Wasser. Die physikalische Entsäuerung besteht im Wesentlichen aus zwei Straßen mit jeweils zwei übereinander angeordneten Edelstahlbecken, in denen ein horizontaler Wasserstrom mit vertikal einströmender Luft beaufschlagt wird. Dementsprechend werden die Entsäuerungsbecken drucklos durchströmt. Am Boden der Becken sind jeweils ein Luftverteilungssystem sowie Belüftungsröhre, bestehend aus gesintertem kunststofffreiem Keramikwerkstoff, installiert. Über die Belüftungseinheiten wird gefilterte Außenluft im Kreuzstrom von unten nach oben in die ca. 30 cm hohe Wassersäule eingetragen. Durch die in den Belüftungsröhren erzeugten kleinen Blasen wird die Luftoberfläche und damit die Austauschfläche zwischen Luft und Wasser stark vergrößert. An der Phasengrenzfläche wird auf diese

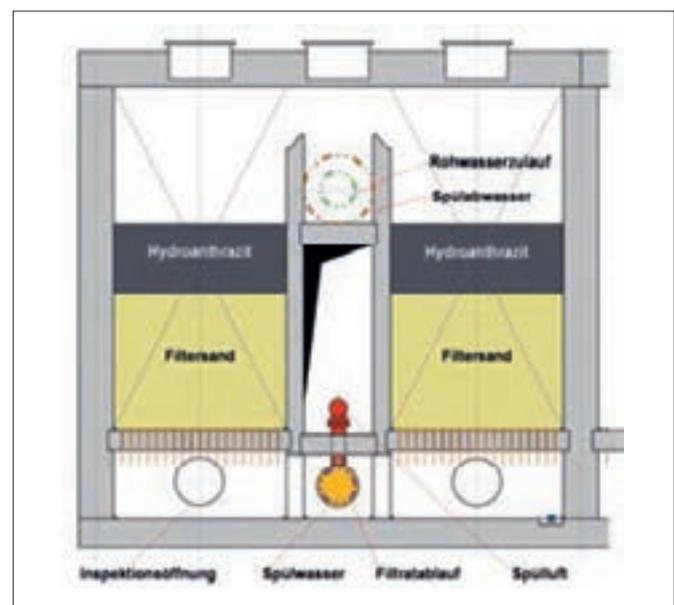


Bild 18.5: Schnitt Schnellfilterbecken mit zwei Filterkammern, Mittelrinne und Filtratraum  
 Fig. 18.5: Cross-section of the rapid filtration tank with two filter chambers, central channel and filtrate space



Bild 18. 6: Physikalische Entsäuerungsanlage in Doppelstockbauweise  
 Fig. 18.6: Physical deacidification system in double-deck construction

Weise ein hohes Konzentrationsgefälle vom Wasser zur Luft erzeugt. Das überschüssige CO<sub>2</sub> geht von der Wasser- in die Luftphase über und wird über das Entlüftungssystem abgeführt.

Die weitergehende Aufbereitungsanlage ist in einem neu errichteten Gebäude mit den Außenabmessungen von ca. 81 m x 36 m x 15,5 m installiert. Der Neubau liegt in der Wasserschutzzone II auf dem Gelände des Wasserwerks Westhofen. Die bautechnischen Elemente bestehen im Wesentlichen aus drei Ozonreaktoren, vier Filtrations- sowie vier Adsorptionsbecken und zwei unterirdischen Reinwasserbehältern in konventionell hergestellter Stahlbetonbauweise (Bild 18.7).

Die Außenhülle des Gebäudes wurde als feuerverzinkte Stahlkonstruktion, bestehend aus Stahlstützen mit horizontal unten aufliegenden Porenbeton-Wandplatten mit vorgesetzter Dämmung und horizontal verlegten Aluminiumpaneelen, errichtet. In die Fassade wurden Profilbaugläser integriert, der Sockelbereich erhielt eine Verklinkerung mit Wärmedämmung. Als Dachkonstruktion kam ein einfaches Satteldach mit Trapezblecheindeckung zur Ausführung. Die Technikräume für die Steuerungstechnik und die Spannungsversorgung wurden aus Kalksandstein-Innenmauerwerk hergestellt und als separate Brandschutzabschnitte ausgeführt.

Die Gründung der vorstehend beschriebenen Konstruktion erfolgte als Flachgründung auf einer elastisch gebetteten Fundamentplatte. Da oberhalb des vorhandenen festen Tonsteins keine ausreichend tragfähigen Bodenschichten vorhanden waren, wurde bis auf den festen Tonstein ausgeschachtet und bis zur planmäßigen Gründungssohle ein tragfähiger Ersatzboden eingebracht.

Die Herstellung des Gebäudes erfolgte dabei im Schutze einer wasserdichten Baugrube. Entlang der West- und Ostseite, den Stirnseiten des Gebäudes, bestand diese aus überschnittenen Bohrpfehlen. An der Südseite, Richtung Ruhr, erfolgte die Herstellung einer Dichtwand aus Spundwandprofilen. Richtung Norden, die der Ruhr abgewandten Seite, war aufgrund des Bodenaufbaus kein Verbau erforderlich.



Bild 18.7: Rohbauerstellung der weitergehenden Aufbereitungsanlage  
 Fig. 18.7: Structural work at the advanced treatment facility



Bild 18. 8: Weitergehende Aufbereitungsanlage mit Vor- und Netzpumpwerk

Fig. 18.8: Advanced treatment facility with process and network pumping station

Die einzelnen Projektphasen, von der Planung, der Abwicklung und der Überwachung bis hin zur Inbetriebnahme der weitergehenden Aufbereitungsanlage, sind von einem Projektteam, bestehend aus Mitarbeitern der Planungsabteilung der GELSENWASSER AG sowie der Wasserwerke Westfalen GmbH, ausgeführt worden.

Die Projektphasen erstreckten sich ab 2017 über einen Zeitraum von vier Jahren. Im Mai 2021 erfolgte die Zuschaltung der Anlage in den Förderbetrieb. (Bild 18.8) Die Vorgaben des Programms „Reine Ruhr“ des Landes Nordrhein-Westfalen wurden damit umgesetzt. Die Wasserwerke Westfalen GmbH hat mit ihren Gesellschaftern DEW 21 und GELSENWASSER AG für die weitergehende Aufbereitungsanlage im Wasserwerk Westhofen ca. 24 Mio. € investiert.

## Inbetriebnahme der Weitergehenden Aufbereitungsstufe (WAS) im Wasserwerk Hengstey Mark Heß, Mark-E Aktiengesellschaft, Hagen

Die Geschichte des von der Mark-E Aktiengesellschaft betriebenen Wasserwerks Hengstey beginnt vor 137 Jahren. 1884 fasste der Rat der Stadt den Beschluss, eine zentrale Wasserversorgung in Hengstey aufzubauen. Die Lage an der Volme mündung an der Ruhr erschien damals wie heute ideal, um die schnell wachsende Bevölkerung der Stadt mit Trinkwasser zu versorgen. Bereits am 01.08.1887 ging das Wasserwerk Hengstey mit vier Brunnen in Betrieb. Seitdem wurde das Wasserwerk Hengstey als auch sein Umfeld beständig erweitert, geändert, ausgebaut und damit regelmäßig auf dem neuesten Stand der Technik gehalten. (Bild 18.9)

So wird 1927 der Hengsteysee fertiggestellt, eine neue Entnahmeanrichtung für die Anreicherungsbecken wird notwendig. 1936 wird das Ruhrbett verlegt, alle Gewinnungsanlagen des Wasserwerks befinden sich nun auf der linken Ruhrseite, Ruhrdüker und Brücke verlieren ihre Funktion. Ein weiterer großer Einschnitt ist die Errichtung der Autobahn ab 1938. Man entscheidet sich dazu, vor Versickerung und anschließender Brunnenförderung eine Schnellfilteranlage zu errichten. 1941 ist das Wasserwerk durch den neuen Volmedamm und die Autobahn vollständig eingedeicht. Nach dem verheerenden Angriff auf die Möhnetalsperre 1943 und die anschließende Flutwelle im Ruhrtal ist das Wasserwerk Hengstey dadurch das erste der Ruhrwasserwerke, das wieder in Betrieb gehen kann.

In den Nachkriegsjahren wird das Wasserwerk fortlaufend erweitert, die Schnellfilteranlage ausgebaut, weitere Versickerungsbecken und Brunnengalerien geschaffen. Als eine konsequente Maßnahme zum Schutz des Rohwassers wird 1974 das Wasserschutzgebiet Hengstey festgesetzt. 1983 werden die Reinwasserkammern und das Laborgebäude neu errichtet.

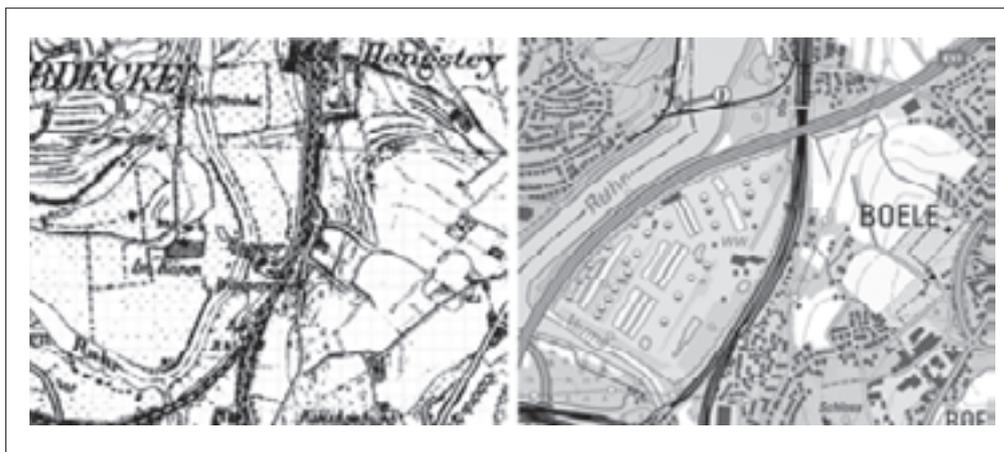


Bild 18.9: Wasserwerk Hengstey und Umgebung 1892 und heute [18.1]

Fig. 18.9: Waterworks Hengstey and surroundings 1892 and today [18.1]

In den Jahren 2004 bis 2012 wird das Wasserwerk für rund 16 Mio. € umfassend saniert. Enthalten sind neben einer generellen Runderneuerung u. a. die Ertüchtigung der Schnellfilteranlage, die Erneuerung des Leitsystems, die Automatisierung und die Erneuerung der Chloranlage.

Heutzutage wird das Rohwasser aus dem Hengsteysee aus der fließenden Welle entnommen und über eine 600 m lange Entnahmeleitung der Schnellfilteranlage mit vierzehn Kiesfiltern und einer Gesamtfilterfläche von 432 m<sup>2</sup> zugeführt. Vor der Filtration wird dem Rohwasser Polyaluminiumchlorid als Flockungsmittel zugesetzt. Zusätzlich besteht die Möglichkeit, bei Erfordernis Pulveraktivkohle zur Rückhaltung von organischen Spurenstoffen zu dosieren. Bis Ende des letzten Jahrtausends war die Zugabe von Luftsauerstoff nach der Filtration notwendig, um die Sauerstoffzehrung als Folge des Filtrationsprozesses auszugleichen. Aufgrund der erheblichen Verbesserung der Wasserqualität der Ruhr kann heutzutage darauf verzichtet werden.

Das so vorgereinigte Wasser gelangt über die zehn Anreicherungsbecken (Langsamsandfilter) mit einer Fläche von 46.000 m<sup>2</sup> in den Untergrund. Bei der Langsamsandfiltration wird das Wasser biologisch gereinigt. Die Rückgewinnung des künstlich angereicherten Grundwassers erfolgt über 75 Entnahmebrunnen, die mittels energiesparender Vakuum-Heberleitungen mit drei Hauptbrunnen verbunden sind.

Das aus den Hauptbrunnen geförderte Wasser wird zur Vordesinfektion mengenproportional mit Chlordioxid versetzt. Als weiterer Aufbereitungsschritt wird dem Wasser ebenfalls mengenproportional eine Mischung aus Mono- und Polyphosphaten zugesetzt, um im Rohrnetz einen ausreichenden Korrosionsschutz zu gewährleisten. Anschließend erfolgt im Reaktionsturm die Zugabe von Natronlauge zur Entsäuerung. Der Turm ist mit den Reinwasserkammern verbunden, aus denen mittels Förderpumpen ins Netz gespeist wird. Vorher wird dem Wasser mengenproportional Chlorgas zur Abschlussdesinfektion zugesetzt (Einstellung des Grenzwertes nach Trinkwasserverordnung).

Mit diesen bewährten Verfahren wurde im Wasserwerk Hengstey seit Jahrzehnten Trinkwasser von höchster Güte und unter Einhaltung der Trinkwasserverordnung produziert. Mit der Inbetriebnahme der Weitergehenden Aufbereitungsstufe (WAS) wird nun ein neues erfolgreiches Kapitel in der Geschichte der Trinkwasseraufbereitung im Wasserwerk Hengstey aufgeschlagen.

Mit Bewilligung des neuen Wasserrechts im Jahr 2012 bekam die Mark-E Aktiengesellschaft, analog zu den anderen Wasserwerksbetreibern an der Ruhr, die Auflage, im Rahmen des Programms „Reine Ruhr“ des Landes Nordrhein-Westfalens, die Wasseraufbereitung um zusätzliche technische Verfahrensschritte zu ergänzen. Ziel ist es, nach dem Vorsorgeprinzip, eventuell auftretende organische Spurenstoffe noch besser als bisher während der Trinkwasseraufbereitung zu entfernen. Das

Wasserwerk Hengstey ist nach der Inbetriebnahme der WAS auf dem neuesten Stand der Technik und damit versorgungssicher, zukunftsfähig und wirtschaftlich für die Trinkwasserversorgung der Stadt Hagen bestens aufgestellt.

Für die weitergehende Aufbereitungsstufe im Wasserwerk Hengstey kamen zwei Verfahrensvarianten in Frage:

- **Konventionelles Verfahren:**

Ozonung -> Flockung -> Filtration -> Aktivkohleadsorption -> Desinfektion

- **Membran-Verfahren:**

Ultrafiltration -> Aktivkohleadsorption -> Desinfektion

Im Rahmen eines EU-Ausschreibungsverfahrens wurde ein Planungsbüro für den Vergleich der Varianten und die Vorplanung beauftragt. Versorgungssicherheit, Wirtschaftlichkeit und Zukunftsfähigkeit bildeten die entscheidenden Vergleichskriterien. Letztendlich zeigten sich individuell für den Standort Hengstey und das dortige Rohwasser gegenüber dem konventionellen Verfahren deutliche Vorteile bei der Ausführungsvariante mit Ultrafiltration, Aktivkohleadsorption und UV-Desinfektion. Sowohl bei Investitions- und Betriebskosten als auch der Zukunftsfähigkeit stellte sich diese Variante als vorteilhaft für den Standort Hengstey heraus. Die Zukunftsfähigkeit dieser Variante zeichnet sich insbesondere dadurch aus, neben aktuellen Problemstellungen auch zukünftige Anforderungen an den Rückhalt von Viren, Phagen und Mikroknutstoffen etc. sicherzustellen. Zudem lagen der Mark-E Aktiengesellschaft bereits gute Betriebserfahrungen mit der Membranfiltration aus dem Wasserwerk an der Hasper Talsperre vor.



Bild 18.10: Das ehemalige Anreicherungsbecken 10 vor Beginn der Baumaßnahme

Fig. 18.10: The former reservoir No. 10 to enrich the groundwater with surface water before the construction measures

Ende 2016 wurde der Bauantrag eingereicht. Die WAS sollte prozesstechnisch nach den Sammelbrunnen und vor dem Reaktionsbehälter positioniert werden. Als idealer Standort für die Integration der WAS wurde das ehemalige Anreicherungsbecken 10, das sich in unmittelbarer Nähe zu dem Hauptgebäude und den Reinwasserkammern des Wasserwerks Hengstey befindet, ausgewählt (Bild 18.10). Durch die tiefe Lage im ehemaligen Becken passt sich das neue Gebäude sowohl gut an die bestehenden Gebäude als auch an die Umgebung an.

Die erforderlichen Arbeiten des Projektes wurden in vier Hauptlose unterteilt. Diese gliederten sich auf in:

- Los 1: Bauwerk incl. Hoch- und Tiefbauaktivitäten
- Los 2: Verfahrenstechnik mit der kompletten Aufbereitungstechnologie
- Los 3: EMSR, mit den elektro- und steuerungstechnischen Komponenten
- Los 4: Rohrleitungssysteme und Außenanlagen

Im Jahr 2017 erfolgten die Erstellung von umfangreichen Leistungsverzeichnissen und die EU-weite Ausschreibung. Auswahl- und Vergabegespräche erfolgten im 1. Quartal 2018.

Im Mai 2018 startete mit der Baustelleneinrichtung die operative Umsetzung der Baumaßnahme. Wichtige Meilensteile im weiteren Verlauf waren die Fertigstellung der Weißen Wanne, dem wasserdichten, auftriebssicheren Teilbauwerk mit Bodenplatte und 4 m hohen Ortbetonwänden Ende 2018, die wesentliche Fertigstellung des Gesamtgebäudes 2019 (Bild 18.11) und die Arbeiten an den verfahrenstechnischen Anlagen im Jahr 2020. Ein herausragendes Ereignis stellte die Lieferung der zehn Aktivkohlefilter dar, die im Mai 2019 in die neue Anlage gehoben wurden (Bild 18.12). Die weitergehende Aufbe-



Bild 18.12: Lieferung und Positionierung eines Aktivkohlefilters, Mai 2019

Fig. 18.12: Delivery and installation of an activated carbon filter, May 2019

reitungsstufe hat eine vorgesehene Nennleistung von  $Q_{\max} = 1.800 \text{ m}^3/\text{h}$  und wird über neue moderne drehzahlge-regelte Brunnenpumpen bedient.

Zunächst erfolgt nach Eintritt des geförderten Wassers in die neue Filterhalle eine Vorfiltration. Diese besteht aus selbstreinigenden Automatikfiltern mit Spülscheibe und dient dem Rückhalt von größeren Sandpartikeln zum Schutz der Membranen der nachfolgenden Ultrafiltration. Die Filterfeinheit der Vorfiltration beträgt  $250 \mu\text{m}$ .



Bild 18.11: Die WAS im Bau, März 2019

Fig. 18.11: Construction of the advanced treatment level, March 2019



Bild 18.13: GCST-Versuchsstand des TZW im Wasserwerk Hengstey, 2017 [18.2]

Fig. 18.13: Trial station for granular carbon selection tests of the Technology Center Karlsruhe at the waterworks Hengstey, 2017 [18.2]

Bei Bedarf kann vor der nachfolgenden Ultrafiltration die Dosierung von Flockungsmittel erfolgen. Die Ultrafiltration besteht aus zehn Straßen mit je sechsunddreißig Modulen und einer GesamtfILTERfläche von 2.880 m<sup>2</sup>. Die Membranporengröße beträgt 20 nm. Somit bildet die Ultrafiltration eine sehr zuverlässige Barriere für Mikroorganismen. Der Rückhalt für Bakterien und Parasiten beträgt mindestens sechs Log-Stufen, für Viren mindestens vier Log-Stufen. Die Anlage wurde als n-1 Anlage konfiguriert. Immer eine der Straßen befindet sich in Spülung und bleibt danach solange in Standby, bis die nächste Straße gespült wird. Somit wird bei konstanter Aufbereitungsmenge der Transmembranfluss (Flux) der Module ebenfalls konstant gehalten.

Für die Entfernung möglicher organischer Spurenstoffe bildet die Aktivkohlefiltration die wesentliche Verfahrensstufe. Grundlage ist die poröse Struktur der verwendeten Kohlen, die eine Oberfläche bis zu 1.600 m<sup>2</sup> pro Gramm aufweisen. Die Filterwirkung beruht sowohl auf dem Prinzip der Adsorption, bei der sich durch intermolekulare Kräfte Stoffe an der Aktivkohle anlagern, als auch – in geringerem Umfang – auf dem Prinzip der Absorption, bei der Stoffe durch Diffusion in das

Innere der Aktivkohle gelangen. Die Aktivkohlestufe der WAS wurde mit zehn Filtern mit einem Filterdurchmesser von 4 m in zwei Straßen konfiguriert. Die Schichthöhe der Aktivkohle kann bis zu 3 m betragen. Bei der Erstbefüllung werden die Filter jedoch zunächst eine Schichthöhe von 2 m Aktivkohle aufweisen, da im späteren operativen Betrieb die Schichthöhen im Verhältnis zur Sauerstoffzehrung optimiert angepasst werden.

Die Wirksamkeiten des Sorptionsverfahrens hängen wesentlich von den Eigenschaften der eingesetzten Aktivkohle ab. 2017 und 2018 wurden durch das Technologiezentrum Karlsruhe (TZW) daher Pilotversuche im kleintechnischen Maßstab für die Auswahl geeigneter Aktivkohlen für die am Standort relevanten organischen Spurenstoffe und die vorliegende Wasserbeschaffenheit durchgeführt. Die Pilotversuche wurden als GCST (granular carbon selection test) ausgeführt, der im Rahmen eines DVGW- Forschungsvorhabens vom TZW entwickelt wurde. Dieser erlaubt es, innerhalb weniger Wochen, Aktivkohlen bezüglich ihrer Adsorptionseigenschaften zu bewerten. Der GCS-Teststand im Wasserwerk Hengstey bestand aus fünf Kleinfiltersäulen (Bild 18.13), die für fünf Monate mit dem Rohmischwasser beaufschlagt wurden. Unter Berücksichtigung verschiedener Rohstoffe und Anbieter wurden fünf Aktivkohletypen ausgewählt, die meisten auf Steinkohlenbasis. Es kam jedoch auch eine Kohle zum Einsatz, die auf Kokosnussschalen basiert. Alle Aktivkohlen wurden in der Körnung 8x30 mesh (0,60 mm bis 2,36 mm) verwendet. Die Zu- und Abläufe der Kleinfiltersäulen wurden regelmäßig auf den Parameter SAK<sub>254nm</sub> sowie weitere ausgewählte organische Spurenstoffe untersucht.

Die Durchbruchskurven für den summarischen Parameter SAK<sub>254nm</sub> als auch für die organischen Spurenstoffe unterscheiden sich bei den eingesetzten Aktivkohlen deutlich. Im Jahr 2020 wurden erneut zwei zusätzliche Aktivkohlen getestet. Basierend auf den Ergebnissen wurden zwei Aktivkohlesorten ausgewählt, die die höchsten Adsorptionskapazitäten aufweisen, eine auf Basis von Steinkohle, eine auf Kokosnussschalenbasis. Jeweils eine Straße mit fünf Filtern wird mit je einer Aktivkohlesorte gefüllt.

Als Besonderheit ist die WAS so ausgelegt, dass die Verfahrensstufen Ultrafiltration und Aktivkohlefiltration auch umgekehrt angesteuert werden können. Mit diesem innovativen Ansatz ist es möglich, die WAS bei Bedarf an veränderte Bedingungen anzupassen.

Aufgrund der Mischung des Trinkwassers aus dem Wasserwerk Hengstey mit dem weichen, wenig gepufferten Trinkwasser aus dem Talsperrenwasserwerk Haspe im Trinkwassernetz Hagen ist die Zugabe eines Korrosionsinhibitors

[18.2] Haist-Gulde, B., Sauter, M., Sacher, F.: Bewertung von Aktivkohlen für den Einsatz im WW Hengstey; Technologiezentrum Wasser, Karlsruhe 2018



Bild 18.14: Innenansicht des neuen Filtergebäudes, April 2021  
 Fig. 18.14: Interior view of the new filtration building, April 2021

notwendig, um das Ablösen von Deckschichten zu verhindern. Die vorhandene Phosphatierung wird mit Inbetriebnahme der WAS durch eine neu errichtete Flüssigphosphatdosierung innerhalb der WAS ersetzt.

Bevor das Trinkwasser die WAS in Richtung des Reaktionssturms zur Entsäuerung und die nachfolgenden Reinwasserkammern verlässt, wird es mittels UV-Strahlung desinfiziert. Die Desinfektion mit UV-Bestrahlung beruht auf einer Schädigung des Erbguts von Mikroorganismen, Viren und Parasiten. Da das Wasser bereits vor der Desinfektionsstufe Trinkwasserqualität besitzt, hat die UV-Anlage eine reine Vorsorgefunktion. Die UV-Desinfektion der WAS beruht auf vier Geräten, wovon sich ein Gerät immer in Standby befindet. Um zu lange Stillstandzeiten zu vermeiden, werden die Geräte rotationsweise betrieben.

Bislang wurde im Wasserwerk Hengstey eine Desinfektion mit Chlordioxid vor Eintritt in den Reaktionsturm vorgenommen, eine Abschlussdesinfektion mit Chlorgas fand nach den Reinwasserkammern vor Übergabe in das Trinkwassernetz statt. Nach Einbindung der WAS bleibt die Chlordioxiddesinfektion vor der Netzeinspeisung als Notchlorungsmöglichkeit erhalten, die Chlorgasanlage ist hingegen obsolet.

Die WAS wurde Anfang des Jahres 2021 in Betrieb genommen, in den Probe- und Testbetrieb überführt und wird in der Folgezeit weiter betrieblich optimiert (Bild 18.14) Insgesamt wurden von der Mark-E Aktiengesellschaft rund 16,75 Mio. € in die WAS und somit in die Zukunft der Trinkwasserproduktion im Wasserwerk Hengstey investiert.

## 19 Einsatz eines polymeren Flockungsmittels auf Basis nachwachsender Rohstoffe in der Wassergewinnung Essen-Burgaltendorf

Andreas Lütz, Wassergewinnung Essen GmbH, Essen;  
 Anna Maria Ostendarp, Gelsenwasser AG,  
 Gelsenkirchen

Bei der Planung des 2016 in Betrieb genommenen Verbundwasserwerks Essen der Wassergewinnung Essen GmbH, einem Kooperationsunternehmen der Stadtwerke Essen AG und der GELSENWASSER AG, standen neben der Erhöhung der Aufbereitungssicherheit und -qualität durch die Erweiterung um zusätzliche verfahrenstechnische Stufen auch der weitgehende Verzicht auf Aufbereitungschemikalien und, wo das nicht möglich war, die Anwendung nachhaltiger Verfahren im Fokus. So kommen seit dem Umbau zum Beispiel für die Entsäuerung und die Desinfektion des Trinkwassers komplett chemikalienfreie Methoden zum Einsatz. Dieser grundlegende Gedanke ist nun im Betrieb der Wassergewinnung Essen Burgaltendorf um einen weiteren Baustein erweitert worden: der Einsatz eines Flockungsmittels auf Basis nachwachsender Rohstoffe (Kartoffelstärke) u. a. zur Flockung und Entwässerung des schlammhaltigen Spülwassers aus der Schnellfilteranlage.

### Verfahrensbeschreibung

Die Wassergewinnung in Essen-Burgaltendorf ist Bestandteil des Verbundwasserwerks Essen und liefert mit 48 Mio. m<sup>3</sup>/a einen wesentlichen Anteil des Rohwassers, welches in den Anlagen am Standort Essen Übrühr weitere Aufbereitungsschritte erfährt. Die Wassergewinnung bezieht wiederum ihr Rohwasser in Form von Oberflächenwasser aus der Ruhr oberhalb der Wehranlage in Bochum-Dahlhausen. Von dort fließt das Wasser durch einen Rohwasserkanal, welcher sich auf halber Strecke zu einem Sedimentationsbecken mit verringerter Fließgeschwindigkeit aufweitet, der Schnellfilteranlage zu. Das Schnellfiltrat wird dann über Langsamsandfilter in den Untergrund versickert, gefasst und zu den in Übrühr gelegenen Aufbereitungsanlagen gepumpt.

In der aus dem Jahr 1954 stammenden Schnellfilteranlage wird das lediglich von grobem Sediment befreite Ruhrwasser über 10 offene Schnellfilter mit einer Fläche von je 180 m<sup>2</sup> geleitet. Sie sind mit einer 1,50 m mächtigen Quarzsandschicht (Körnung 1,0 bis 2,0 mm) bestückt und weisen im derzeitigen Betrieb eine durchschnittliche Filtergeschwindigkeit von 3,1 m/h auf. Die Filterlaufzeit liegt je nach Belastung des Rohwassers mit Trübstofffracht zwischen 80.000 und 140.000 m<sup>3</sup>. Die Spülung mit kombinierter Luft- und Wasserphase erfolgt entweder nach einer festgelegten Laufzeit oder bei Erreichen eines bestimmten Filterwiderstandes. Je Spülung fallen 750 m<sup>3</sup>

schlammhaltigen Wassers an, die in zwei wechselseitig und intermittierend betriebene Absetzbecken eingeleitet werden. Die Becken besitzen jeweils ein Fassungsvermögen von 1.000 m<sup>3</sup>. (Bild 19.1)

Zusätzlich wird den Absetzbecken schlammhaltiges Wasser aus der Sandwaschanlage mit einem Volumenstrom von ca. 40 m<sup>3</sup>/h zugeführt. Der dort gewaschene Sand stammt aus den oberen Schichten der Langsamsandfilter.

Zur Unterstützung des Sedimentationsprozesses wird in den Zulauf der Absetzbecken mengenproportional zum eingeleiteten Volumenstrom Flockungsmittel dosiert. Es erfolgt demnach eine Trennung zwischen den sich bildenden und sedimentierenden Flocken und dem Überstands-, bzw. Klarwasser. Nach einer definierten Absetzzeit wird der eingedickte Schlamm mit einem Räumschild in den mittig gelegenen Schlammtrichter geschoben und im freien Gefälle in einen Sammelschacht abgeleitet. Von dort wird der Schlamm in zwei Nacheindicker mit einem Volumen von je 270 m<sup>3</sup> gepumpt. Über Tauchmotorpumpen wird er anschließend in die Pressvorlage der Kammerfilterpresse gefördert und mengenproportional zum Volumenstrom mit Flockungsmittel konditioniert.

Das Aufstandswasser aus den Nacheindickern wird über schwimmende Entnahmevorrichtungen abgezogen und gemeinsam mit dem Filtrat der Kammerfilterpresse in den Zulauf der Absetzbecken zurückgeführt.

Das Klarwasser aus den Absetzbecken wird über Skimmer abgezogen und einem Schönungsteich zugeführt, aus dem es wiederum in den Altendorfer Bach mittels Pumpen gehoben wird.

### Veranlassung der Flockungsmittel-Umstellung

Seit den 90er Jahren wurden die anfallenden Schlammwässer mit Eisen(III)-chlorid geflockt und zur Entwässerung mittels einer Kammerfilterpresse zusätzlich mit Kalkmilch konditioniert.

Mit Fertigstellung des Verbundwasserwerks wird die Schnellfiltration in Burgaltendorf mit deutlich höheren Wassermengen beaufschlagt. Der mittlere Durchsatz der Anlage stieg von 1.500 auf rund 5.000 m<sup>3</sup>/h an, der Spülwasseranfall erhöhte sich ebenfalls deutlich. Die gemäß der Einleitungserlaubnis geforderten Grenzwerte der Überwachungsparameter des Klarwassers wurden bei der Aufbereitung mittels Eisen(III)-chlorid immer eingehalten, allerdings reagierte der Sedimentationsprozess in den Absetzbecken, bedingt durch die vorliegenden Schlammeigenschaften, anfällig auf hydraulische Laststöße. Damit auch ein für die Zukunft gesicherter Betrieb gewährleistet werden konnte, war es notwendig, die erforderlichen Aufenthalts- bzw. Absetzzeiten und damit einhergehend auch die Fahrweise der Behandlungsanlage zu optimieren. Zum einen sollte der Betrieb der bislang in Reihe geschalteten Absetzbecken auf eine parallele Fahrweise angepasst werden und zum anderen war eine Umstellung des Flockungsmittels ange-dacht. Anstelle von Metallsalzen sollte durch einen Einsatz von organischen Polymeren ein schnelleres Flockenwachstum und damit verbunden eine Verkürzung der Absetzzeit erreicht werden.



Bild 19.1: Die Schnellfilterhalle und die Absetzbecken der Wassergewinnung Essen-Burgaltendorf  
Fig. 19.1: The rapid filtration space and the sedimentation tanks at the water production facility Essen-Burgaltendorf

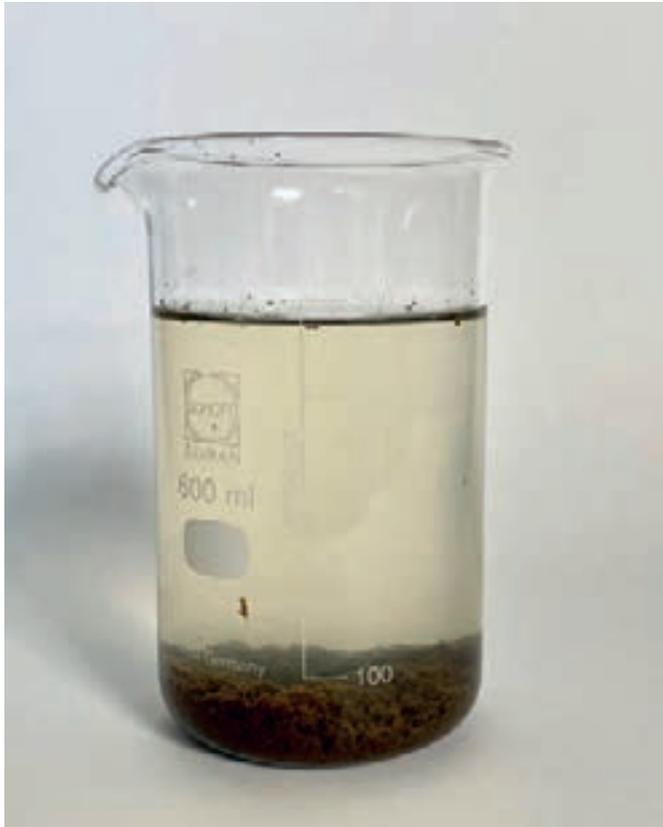


Bild 19.2: Ergebnis Laborversuch - Flockung schlammhaltiges Filterspülwasser mit Kartoffelstärke  
 Fig. 19.2: Results of a lab experiment on flocculating muddy filter rinsing water with potato starch

### Auswahl der Flockungsmittel in Laborversuchen

Zur Ermittlung wirksamer Polymertypen wurden zunächst Laborversuche (Jar-Test) durchgeführt. Im Fokus der Versuche standen biologisch abbaubare Flockungsmittel auf Basis nachwachsender Rohstoffe wie Chitin und Kartoffelstärke. Parallel wurden auch synthetische Polymere erprobt. Als Bewertungskriterien diente die Klarheit (Trübung) des Überstandes, die Flockenstruktur und die Sedimentationsgeschwindigkeit.

Die getesteten natürlichen Polymere auf Chitinbasis konnten die erforderliche Leistungsfähigkeit nicht nachweisen. Bei allen Produkten waren eine feine Flockenstruktur sowie ein sehr langsames Sedimentationsverhalten zu beobachten. Es konnte kein klarer Überstand erzeugt werden. Zusätzlich wiesen die Flocken eine geringe Stabilität auf. Ein Einsatz von Polymeren auf Basis von Chitin zur Behandlung des Filterspül- und Sandwaschwassers schied somit aus.

Ein Produkt auf Basis von Kartoffelstärke erzeugte in den Laborversuchen (Bild 19.2) hingegen einen klaren Überstand und ausreichend große und stabile Flocken mit einem schnellen Sedimentationsverhalten. Ein Einsatz des biologisch abbau-

baren Flockungsmittels schien somit zielführend zu sein. Zusätzlich erwiesen sich mehrere kationisch formulierte synthetische Polymere als wirksam.

### Durchführung von Betriebsversuchen

Die Ergebnisse der Laborversuche hatten jedoch nur einen orientierenden Charakter und sollten anhand von Betriebsversuchen unter Berücksichtigung folgender Aspekte und Fragestellungen bestätigt werden:

- Welche Dosierkonzentrationen sind im Großanlagenbetrieb erforderlich?
- Welche Absetzzeiten sind realisierbar?
- Erreichbare Qualität des Klarwassers
- Datenermittlung der Auslegungsparameter einer Neuanlage

Zusätzlich sollte erprobt werden, ob das zur Flockung eingesetzte Polymer auch zur Schlammkonditionierung verwendet werden kann.

Für die Untersuchungen wurde eine provisorische Anlage zum Ansetzen und Dosieren der Polymerlösung errichtet. Neben dem Produkt auf Kartoffelstärke-Basis kam auch ein synthetisches Polymer zum Einsatz. Da das Stärke-Produkt nur in flüssiger Form zur Verfügung gestellt werden konnte, war die Anlage für das Ansetzen von Flüssig- und Pulverpolymeren konzipiert. Die Dosierung des Flockungsmittels erfolgte in den Zulauf der Absetzbecken sowie in die Vorlage der Kammerfilterpresse.

### Betriebsversuch 1 – Flockung des schlammhaltigen Filterspülwassers

Zur analytischen Begleitung der Flockungsversuche wurde das Klarwasser (Überstandswasser der Absetzbecken) gemäß der bestehenden Einleitungserlaubnis nach Anhang 31 der Abwasserverordnung nach jedem Betriebsdurchgang auf folgende Parameter untersucht:

- Arsen
- abfiltrierbare Stoffe (suspendierte Feststoffe)
- adsorbierbare organisch gebundene Halogene (AOX), abgegeben als Chlorid

Anzumerken gilt, dass die Grenzwerte am Ablauf des Schönungsteichs einzuhalten sind. Im Rahmen der Betriebsversuche erfolgte die Beprobung des Klarwassers direkt an der Abzugseinrichtung der Absetzbecken, somit konnten Mischungseffekte im Schönungsteich ausgeschlossen werden.

Um festzustellen, welche Restmonomerkonzentration im Klarwasser verbleibt, wurde während der Flockung mit dem synthetischen Polymer ergänzend der Parameter Acrylamid entsprechend der Trinkwasserverordnung (TrinkwV) Anlage 2 Nr. 1 analysiert. Bei den Versuchen mit dem Produkt auf Basis von Kartoffelstärke wurde zusätzlich der TOC entsprechend der

Tabelle 19.1: Ergebnisse zur Flockung des schlammhaltigen Filterspülwassers  
 Table 19.1: Results on the flocculation of muddy filter rinsing water

stärkebasiertes Flockungsmittel					
Dosierkonzentration gWS/m <sup>3</sup>	abfiltrierbare Stoffe mg/l (Grenzwert: 50)	AOX µg/l (Grenzwert: 100)	Arsen µg/l (Grenzwert: 100)	pH-Wert	TOC mg/l
8,4	27,3	<10	1,3	7,42	6,4
7,4	19,2	<10	1,4	7,78	7,2
6,9	19,7	<10	1,7	7,60	7,1
synthetisches Flockungsmittel					
Dosierkonzentration gWS/m <sup>3</sup>	abfiltrierbare Stoffe mg/l (Grenzwert: 50)	AOX µg/l (Grenzwert: 100)	Arsen µg/l (Grenzwert: 100)	pH-Wert	Acrylamid µg/l
10,0	9,2	<10	1,4	7,79	1,40
8,3	12,5	<10	1,5	8,14	0,91
7,3	17,0	<10	1,7	8,33	0,76

Tabelle 19.2: Ergebnisse zur Entwässerung über die Kammerfilterpresse  
 Table 19.2: Results on the drainage via the chamber filter press

stärkebasiertes Flockungsmittel						
Dosierkonzentration gWS/m <sup>3</sup>	Schlammvolumen m <sup>3</sup>	Pressdauer Minuten	Enddruck bar	Filtrat	Austrag Qualität der Platten	TR g/kg
250	9,2	150	16	klar	mäßig, weich	-
340	9,9	110	16	klar	gut, fest	565
synthetisches Flockungsmittel						
Dosierkonzentration gWS/m <sup>3</sup>	Schlammvolumen m <sup>3</sup>	Pressdauer Minuten	Enddruck bar	Filtrat	Austrag Qualität der Platten	TR g/kg
140	9,8	90	13	klar	gut, fest	-
150	8,9	80	13	klar	gut, fest	-

Abwasserverordnung (AbwV) ermittelt. Eine Bestimmung des Parameters Acrylamid konnte entfallen, da das Produkt auf Basis von Kartoffelstärke frei von Acrylamid ist. Zusätzlich wurde der pH-Wert überwacht.

Die in den Laborversuchen ermittelte Dosierkonzentration zur Behandlung des schlammhaltigen Spülwassers aus der Schnellfiltration lag für das Stärkeprodukt bei 7,4 gWS/m<sup>3</sup>. (Im Folgenden wird Wirksubstanz mit WS abgekürzt.) In den Betriebsversuchen ließ sich diese auf 6,9 gWS/m<sup>3</sup> reduzieren, ohne dass es zu einer Verschlechterung der Klarwasserqualität kam. Es konnten ausreichend große stabile Flocken mit einem schnellen Sedimentationsverhalten erzeugt werden. Die Grenzwerte der Überwachungsparameter des Klarwassers (Tabelle 19.1) wurden nach einer Absetzzeit von einer Stunde sicher eingehalten.

Der Einsatz des synthetischen Polymers erfordert eine Dosierkonzentration von 7,3 gWS/m<sup>3</sup>. Auch hier konnten große stabile Flocken mit einem schnellen Sedimentationsverhalten erzeugt werden. Die Grenzwerte der Überwachungsparameter des Klarwassers (Tabelle 19.1) wurden ebenfalls sicher eingehalten.

## Betriebsversuch 2 – Entwässerung über die Kammerfilterpresse

Die geflockten Schlämme wurden im Anschluss über die Kammerfilterpresse entwässert. Die Bewertung des Entwässerungsergebnisses erfolgte anhand der Filtratqualität und der Beschaffenheit des Filterkuchens (jeweils optische Beurteilung). Zusätzlich wurden die Pressdauer, die zugeführte Schlammmenge, der Enddruck und der pH-Wert des Filtrats protokolliert (Tabelle 19.2).

Für die Schlammkonditionierung mit dem Stärke-Produkt war eine Dosierkonzentration von 340 gWS/m<sup>3</sup> erforderlich. Es konnte ein klares Filtrat sowie ein gleichmäßiger Filterkuchenaufbau mit einem Trockenrückstand von bis zu 565 g/kg erzielt werden. Im Hinblick auf den Auswurf des Kuchens zeigte sich ein gutes Abpressverhalten, zur Ablösung der Platten war nur eine geringe manuelle Unterstützung notwendig. Die Bilder 19.3 und 19.4 zeigen den Filterkuchen beim und direkt nach dem Auswurf aus der Kammerfilterpresse.

Für die Konditionierung mit dem synthetischen Polymer musste eine Konzentration von 140 gWS/m<sup>3</sup> eingesetzt werden. Auch hier konnten ein gleichmäßiger Filterkuchenaufbau und ein klares Filtrat erzeugt werden.



Bild 19.3: Auswurf Filterkuchen, Konditionierung mit Kartoffelstärke (340 gWS/m<sup>3</sup>)  
 Fig. 19.3: Discharge filter cake, conditioning with potato starch (340 gWS/m<sup>3</sup>)



Bild 19.4: Filterkuchen, Konditionierung mit Kartoffelstärke (340 gWS/m<sup>3</sup>)  
 Fig. 19.4: Filter cake, conditioning with potato starch (340 gWS/m<sup>3</sup>)

## Zusammenfassung der Versuchsergebnisse

Die Betriebsversuche zur Flockung des schlammhaltigen Filterspülwassers zeigten für die beiden Produkttypen sehr gute Flockungsergebnisse, die erforderlichen Dosierkonzentrationen lagen in einer vergleichbaren Größenordnung. Die geforderten Ablaufwerte im Klarwasser wurden bereits nach einer Absetzzeit von einer Stunde sicher eingehalten. Dies ermöglicht im zukünftigen Betrieb eine deutlich höhere Durchlaufkapazität der Absetzbecken. Zusätzliche Aggregate zur Einmischung des Flockungsmittels sind nicht erforderlich, die über die Turbulenz im Einlaufbauwerk der Absetzbecken erzeugte Einmischenergie stellte sich als ausreichend heraus.

Betriebsversuche zur Flockung des Sandwaschwassers konnten wegen einer Anlagen-Außerbetriebnahme nicht durchgeführt werden. Zur Auslegung der Neuanlage wurden für diesen Dosierfall die Ergebnisse aus den Laborversuchen herangezogen. Die erforderliche Dosierkonzentration lag für beide Produkte bei ca. 25 gWS/m<sup>3</sup>.

Ein Einsatz zur Schlammkonditionierung war ebenfalls zielführend. Allerdings erforderte die Anwendung des stärkebasierten Produktes im Vergleich zu dem synthetischen Polymer neben der höheren Pressdauer für die Entwässerung über die Kammerfilterpresse auch eine deutlich höhere Wirkstoffdosis. Hier zeichnete sich aber ab, dass für einen Realbetrieb noch Optimierungspotential vorhanden ist.

Zusammenfassend konnte die Erprobung des stärkebasierten Flockungsmittels als Erfolg gewertet werden und somit lag der Fokus bei der Auslegung der Neuanlage auch auf dessen Einsatz. Aufgrund der Vorteile gegenüber synthetischen Polymeren – biologische Abbaubarkeit und Umweltverträglichkeit – werden höhere Einsatzmengen bezogen auf die Schlammkonditionierung in Kauf genommen. Um allerdings Unwägbarkeiten in Bezug auf die Verfügbarkeit zu begegnen, sollte ein Betrieb mit einem konventionellen synthetischen Polymer auch möglich sein und bei der Anlagenauslegung berücksichtigt werden.

## Aufbau und Funktionsweise der neuen Anlage

Die Anlage ist für ein vollautomatisiertes Aufbereiten der Dosierlösung konzipiert und kann sowohl Flüssig- als auch Pulverpolymere verarbeiten. Hauptkomponente ist die auf Bild 19.5 dargestellte 3-Kammer-Durchlaufanlage mit einer Ansetzleistung von 4.000 Litern pro Stunde. Die Förderung der Dosierlösung erfolgt für jeden der drei Anwendungsfälle (Filterspülwasser, Sandwaschwasser und Kammerfilterpresse) über redundant ausgelegte Exzentrerschneckenpumpen (Bild 19.6). Für die Vorhaltung des flüssigen Konzentrats kommt ein sogenannter Mutterbehälter (Bild 19.7) zum Einsatz. Dieser Lagerbehälter besitzt eine Aufnahmevorrichtung für einen Intermediate Bulk Container (IBC). Das Stärkekonzentrat kann somit direkt im Liefergebinde mittels Stapler auf den Mutterbehälter aufgesetzt und abhängig vom Füllstand in diesen entleert wer-



Bild 19.5: 3-Kammer-Durchlaufanlage zur Aufbereitung der Dosierlösung  
 Fig. 19.5: Facility for the processing of dosing solution with three chambers



Bild 19.6: Exzenterschneckenpumpen zur Förderung der Dosierlösung  
 Fig. 19.6: Eccentric screw pump for the transportation of dosing solution

den. Hierdurch wird eine kontinuierliche Versorgung der Ansetzanlage gewährleistet und eine vollständige Restentleerung der Liefergebilde ermöglicht. Die Förderung des Stärkekonzentrats zur Ansetzstation erfolgt über zwei getauchte Exzenterschneckenpumpen (ebenfalls redundante Auslegung). Besonderes Augenmerk lag, bezogen auf die Dimensionierung der Pumpen und Rohrleitungen, auf der hohen Viskosität des Konzentrats.

Die Anlage befindet sich seit Herbst 2020 im Dauerbetrieb. Seitdem haben sich sowohl die Anlagentechnik als auch das stärkebasierte Flockungsmittel bewährt. Die aktuellen Betriebskennndaten sind in Tabelle 19.3 aufgeführt.

Das Projekt, beginnend mit der Auswahl der Flockungsmittel über die Betriebsversuche bis zur Planung, Ausschreibung und Inbetriebnahme der Neuanlage, hat die Planungsabteilung WWA der GELSENWASSER AG gemeinsam mit dem Betrieb der Wassergewinnung Essen GmbH durchgeführt.



Bild 19.7: Mutterbehälter als Lagerbehälter für das Stärkekonzentrat  
 Fig. 19.7: Storage container for the starch concentrate

Tabelle 19.3: Betriebskennndaten zur Flockung und Schlammkonditionierung mit stärkebasiertem Produkt  
 Table 19.3: Operating parameter on the flocculation and sludge conditioning with a starch-based product

Flockung schlammhaltige Wässer			
	absetzbare Stoffe ml/l	Dosierkonzentration gWS/m <sup>3</sup>	TR nach Flockung g/kg
schlammhaltiges Filterspülwasser	60	4,8	150
schlammhaltiges Sandwaschwasser	90	25	
Schlammkonditionierung			
	TR vor Entwässerung g/kg	Dosierkonzentration gWS/m <sup>3</sup>	TR Filterkuchen g/kg
Schlamm aus der Nacheindickung	160	280	570

## 20 Einsatz von Photovoltaikanlagen bei den Wasserversorgern an der Ruhr

Constantin Blanck, RWW Rheinisch-Westfälische Wasserwerksgesellschaft mbH, Mülheim an der Ruhr

Der Ausbau von Photovoltaik (PV) ist ein wichtiger Bestandteil, um die Ziele des Klimaschutzplans 2050 zu erreichen. Zusätzlich zur Nutzung der zur Verfügung stehenden Dachflächen muss die regenerative Stromerzeugung durch PV-Freiflächenanlagen ergänzt werden. Wasserwerke bieten sich aus mehreren Gründen für den Einsatz von PV an. Die Dachflächen von Aufbereitungsanlagen, Pumpstationen und Verwaltungsgebäuden sind meist im Besitz der Wasserwerksbetreiber und können daher genutzt werden. Sie können den Eigenbedarf teilweise decken. Weiterhin unterhalten die Wasserwerke an der Ruhr zum Teil große Gewinnungsflächen, die aufgrund ihrer erhöhten Schutzbedürftigkeit nicht für andere Zwecke gewinnbringend eingesetzt werden können. Hier können PV-Freiflächenanlagen wertvolle Beiträge liefern.

Welche PV-Kapazitäten bei den AWWR-Mitgliedern in Planung oder sogar bereits in Betrieb sind, zeigt u.a. das große Potenzial der Freiflächen in Schutzzonen im Vergleich zu geeigneten Dachflächen und ist in Tabelle 20.1 dargestellt. Allerdings zeigt der Status der einzelnen Projekte, wieviel aufwändiger eine PV-Anlage in einer Schutzzone im Vergleich zu Dachflächenanlagen ist. Letztere sind bei dienstleistenden Projektierern Tagesgeschäft und die benötigten Genehmigungen schnell eingeholt. Bei Anlagen auf Freiflächen von Wasserwerken ist der Genehmigungsaufwand deutlich höher.

Die Trinkwasserschutzzonen sind dabei nur eine von vielen Hürden, zusätzlich zu nennen sind Beschränkungen durch Landschafts- oder Naturschutz. Ist der Fluss in der Nähe, sind auch die Überschwemmungsgebiete zu beachten. Die Koordination der vielen beteiligten Stakeholder war bei dem bereits umgesetzten Projekt in der Trinkwasserschutzzone 2 der Stadtwerke Arnsberg die größte Herausforderung.

Die Zahlen in Tabelle 20.1 setzen sich mit einer einzelnen Ausnahme aus Projekten mit Leistungen von unter 750 kW<sub>peak</sub> zusammen. Der Hintergrund hierfür liegt unter anderem im Gesetz für den Ausbau erneuerbarer Energien (EEG), da durch dieses nur bis zu genannter Leistung eine feste Einspeisevergütung gewährt wird. Bei Anlagen, die diese Schwelle überschreiten, ist es oft schwierig, die Wirtschaftlichkeit darzustellen, da ein Eigenverbrauchsmodell bei diesen Anlagengrößen aufgrund der benötigten Zeitgleichheit von Erzeugung und Verbrauch oft nicht realisierbar ist. Trinkwasserversorger haben zwar einen hohen Strombedarf und die Spitzenlastzeiten sind ebenfalls tagsüber - sie wären also sehr gut geeignet für eine regenerative Stromversorgung aus PV - jedoch müssen laut EEG Erzeugung und Verbrauch in „unmittelbarer räumlicher Nähe“ stattfinden. Das schränkt die Einsatzmöglichkeiten stark ein, da schon eine Straße zwischen der geplanten Erzeugungsanlage und der Verbrauchsstelle ausreichen kann, um dieses Kriterium nicht zu erfüllen.

Das größte geplante Projekt wird zurzeit von der RWW Rheinisch-Westfälische Wasserwerksgesellschaft mbH in Mülheim projektiert. Die zuvor geschilderten Herausforderungen, die sich aus dem EEG ergeben, konnten im Vorfeld gelöst werden. Die Zeitgleichheit von Erzeugung und Verbrauch soll für kurzfristige Zeiträume über einen Batteriespeicher hergestellt werden. Für eine saisonale Verschiebung des regenerativ erzeugten Stroms sorgt die bilanzielle und damit rein virtuelle Speicherung über das öffentliche Stromnetz. Hierbei wird zu Spitzenzeiten nicht selbst verbrauchter Strom an einen Direktvermarkter verkauft und bei Bedarf wieder zurückgekauft.

Die bei der Erzeugung geschaffenen Grünstromzertifikate werden bei dieser Vorgehensweise dafür eingesetzt, den zum späteren Zeitpunkt zurückgekauften Strom im selben Umfang als regenerativ erzeugt deklarieren zu können. Die Leistung dieser Anlage wurde so dimensioniert, dass in einem Jahr mit durchschnittlicher Sonneneinstrahlung eine bilanzielle Eigenversorgung erreicht werden kann. Der Austausch der AWWR-Mitglieder zu PV hat gezeigt, dass die größte Herausforderung für den Einsatz von PV bei Wasserversorgern nicht die Profitabilität der Projekte ist. Besonders aufwändig und zentral bei der Planung sind die Einbeziehung und die Zustimmung der Stakeholder.

Tabelle 20.1: Übersicht über Photovoltaikprojekte der AWWR-Mitglieder  
Table 20.1: Overview of photovoltaic projects of AWWR members

	Status (Projektentwurf / in Planung / im Bau / in Betrieb)	Installierte Leistung in kW <sub>peak</sub>
Freiflächenanlagen (keine Schutzzone)	in Planung	749
In Schutzzone 1	Projektentwurf	12.000
	in Planung	533
In Schutzzone 2	in Planung	216
	in Betrieb	216
In Schutzzone 3	-	-
Dachanlagen	Projektentwurf	1.075
	im Bau	338
	in Betrieb	268
Fassadenanlagen	Projektentwurf	50

---

## 21 Umweltgerechte Außenbeleuchtung im Wasserwerk Hagen-Hengstey

Markus Sand, Mark-E-Effizienz GmbH, Herdecke

---

Wasserwerke sind meist so angelegt, dass die Gelände überwiegend naturnah gestaltet sind. Häufig prägen Grünflächen sowie ein ausgewogener Bestand von Sträuchern und Bäumen das Areal. Aufgrund dieser naturnah gestalteten Flora residiert dort auch, gegenüber urban genutzten Flächen, ein hoher Anteil an Fauna. Dabei ist der Bestand an Insekten, Vögeln, Amphibien sowie Kleinsäugetern ein fester Bestandteil der anzutreffenden Tierpopulation. Nicht selten sind Wasserwerke in urbaner Umgebung „kleine Naturoasen“, die es zu bewahren gilt.

### Beleuchtung in Wasserwerken

Wasserwerke sind grundsätzlich Objekte, welche aufgrund ihrer besonderen Bedeutung zur Wasseraufbereitung und Bereitstellung von Trinkwasser überwacht und geschützt werden müssen. Wasser ist ein hohes Gut und Fremdeingriffe sind absolut zu vermeiden. Um einen ausreichenden Schutz vor unbefugtem Betreten zu erzielen, eine Überwachung des Vorfeldes sicherzustellen und andererseits auch Bewegungen von Personal und Fahrzeugen auf dem Gelände sicher zu gestalten, ist eine Beleuchtung in dunklen Phasen des Tages bzw. in der Nacht unerlässlich. Und Licht, insbesondere zu viel an Licht, schadet der Umwelt signifikant.

### Beobachtungen

In den vergangenen Jahrzehnten ist sowohl die Gesamtmenge als auch die Artenvielfalt der Insekten stark zurückgegangen. Verschiedene Studien belegen einen teils drastischen Rückgang der Biomasse und der Biodiversität der Insekten. Rückführbar ist dies, so verschiedene Annahmen, auf intensive Landwirtschaft verbunden mit dem Einsatz von Agrochemikalien, aber auch auf eine Vielzahl sonstiger Einflüsse. Dabei sind auch Lichtpunkte in der Nacht für eine Dezimierung der Insektenpopulation verantwortlich. Insekten werden durch Licht angezogen und verenden zumeist an den installierten Lichtpunkten. Es gibt verschiedene Theorien und Studien, warum insbesondere Fluginsekten von Licht so angezogen werden. Allen Ergebnissen gemeinsam liegt zu Grunde, dass Insekten von intensiver Leuchtdichte (Intensität Licht pro Fläche) und einem ausgeprägten Anteil an blauem Licht bis hin zu UV-Licht besonders stark angezogen werden.

In Hygienebetrieben sowie in der Lebensmittelverarbeitung sind häufig „Insektenfallen“ installiert. Die Lichtfarbe hier ist „besonders blau“ und hat einen ausgeprägten, für Menschen allerdings unsichtbaren UV-Anteil. Das gilt im Grundsatz für alle Lichtquellen mit sehr „weißem Charakter“, also eindeutig mit einem hohen Anteil an „blauem Licht“.

Der vielfache Tod von Insekten hat in der Konsequenz weitreichende Folgen. Insekten haben eine Vielzahl von Aufgaben im Kreislauf der Natur. Neben der Beseitigung von Pflanzenresten und Aas, Verbesserung der Bodenstruktur und Pflanzenbestäubung fallen diesen Spezies eine Vielzahl von Aufgaben zu, ohne die der natürliche Ablauf empfindlich gestört wird. In der Folge führt eine Verringerung der Insektenpopulation auch zu einer Verknappung des Futterangebotes in der Nahrungskette. Verschiedene Spezies, darunter insbesondere meist tagaktive Vögel aber auch nachtaktive Tiere wie Fledermäuse, finden erheblich weniger Nahrung. Und dies sind nur erste triviale Erkenntnisse, welche die kompletten und komplexen Auswirkungen gesamtinhaltlich nicht einmal ansatzweise aufschlüsseln und darlegen.

### Lichtverschmutzung durch Außenbeleuchtung

Der internationale Weltatlas der Lichtverschmutzung dokumentiert, wie massiv künstliche Beleuchtung den Nachthimmel mittlerweile weltweit erhellt. Mehr als 80 Prozent der Weltbevölkerung lebten demnach bereits schon 2016 unter einem lichtverschmutzten Himmel. In Europa und USA sind es fast 99 Prozent. Bei der Auswertung globaler Satellitendaten stellten Forscher fest, dass weltweit die Nacht weiter zunehmend „verschwindet“. Pro Jahr wächst die Intensität des künstlichen Lichts und die Größe der beleuchteten Fläche um rund zwei Prozent (Stand: November 2017).

Somit wird „die Nacht zunehmend zum Tag“ - und das hat Folgen. Über 60 % aller Säugetierarten und rund 50 % aller Insekten sind nachtaktiv. Diese Arten werden mit (zuviel) Licht äußerst negativ beeinflusst. Eine Vielzahl von Wildtieren orientiert sich z.B. an den „Tag und Nacht-Rhythmus“ und nutzt diese Abfolge als „Ankerpunkte“ für ihre Chronobiologie. Eine Störung dieser Wahrnehmungen und deren ganzheitlichen Folgen sind so umfassend, dass es bereits eine Vielzahl von belegbaren Fakten gibt.

### Gesetzliche Vorgaben

In Deutschland ist die mittlere Beleuchtungsstärke im Außenbereich zum einen über die ASR (ArbeitsstättenRichtlinie) bzw. über die DIN EN 12464-2 festgelegt. Je nach Eingruppierung und Bewertung der Flächen und Straßen sind in der Regel  $\varnothing$  10 lx als Mittelwert für Verkehrsflächen anzusetzen. Diese Beleuchtungsstärke ist schon vergleichsweise „recht hell“.

Existiert ist ein Hinweis im BImSchG (BundesImmissionschutzGesetz), dass Licht emittierende Anlagen „so zu errichten und zu betreiben sind, dass schädliche Umwelteinwirkungen verhindert beziehungsweise vermindert werden“. Jedoch fehlen noch konkrete Parameter, um hier Planungen durchführen zu können. Ergänzend dazu hat die LAI (Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft Immissionsschutz) im Jahre 2012 zu Lichtemissionen eine umfassende Ausarbeitung erstellt. Diese ist kein bundesweites Gesetz, aber innerhalb von NRW im Rahmen eines Runderlasses zu beachten. Zwar geht die Richtlinie zunächst einmal nur von der negativen Beeinflussung von Menschen aus, hat jedoch in Be-

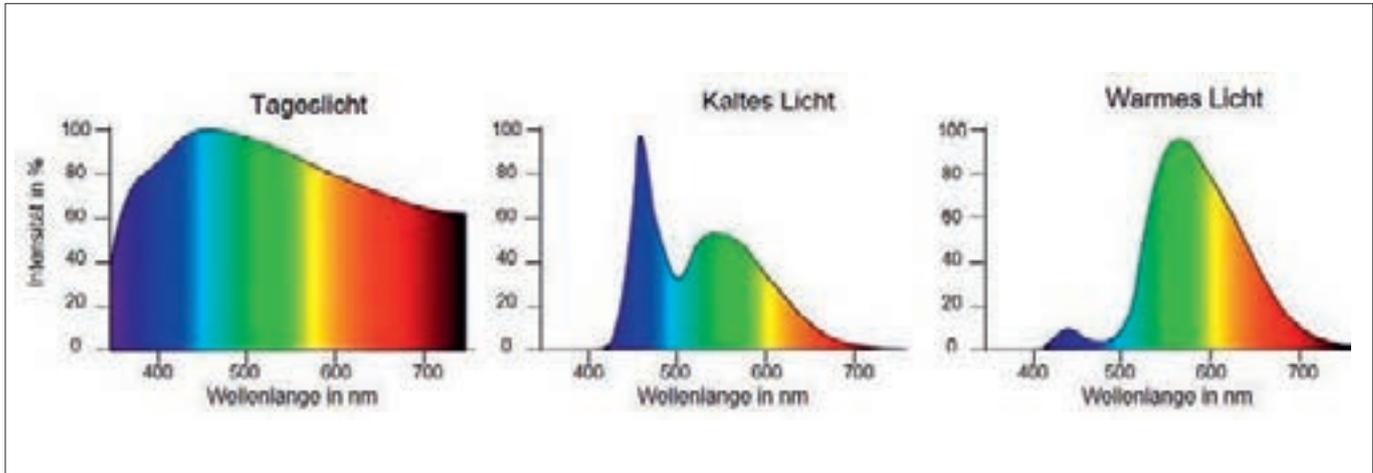


Bild 21.1: Farbspektren Tageslicht und LED  
 Fig. 21.1: Colour ranges daylight and LED

zug auf jegliche Form von Lichtemissionen auch allgemein einen richtungsweisenden Charakter. Die LiTG (Deutschen Lichttechnische Gesellschaft e.V.) hat 2011 eine Publikation „Messung und Beurteilung von Lichtemissionen, 01.SL01/03.2011“ veröffentlicht. Hier wird nicht nur der negative Einfluss von Licht in der Nacht auf Menschen sondern auch auf die Umwelt Bezug genommen.

Eine bundesweit rechtsverbindliche Klärung der Frage, wann Lichtemissionen als „schädliche Umwelteinwirkung“ gelten, existiert derzeit (leider) nicht. Mittlerweile gibt es immer mehr kleinere und auch größer angelegte Studien über den Zusammenhang von Licht in der Nacht und dessen Auswirkungen auf die Umwelt. So hat sich beispielsweise die Stadt Fulda als „Sternstadt“ und „Dark Sky City“ deklariert. Es gibt dort klare Richtlinien in Bezug auf den Umgang mit funktionalem und gestalterischem Licht im Außenbereich. Dies sind erste konkrete Ansätze, welche die negativen Auswirkungen von Licht in der Nacht betrachten und dazu auch konkrete Maßnahmen definieren. Leider ist dieser Ansatz nicht sehr weitläufig verbreitet, so dass dieses Thema bislang nur in kleinen Bereichen und auch nicht konsequent und ausreichend genug umgesetzt wird.

Künstliches Licht ist kein unbedeutender Faktor, wenn es um Erhellung der natürlichen Nachtatmosphäre geht. Und künstliches Licht hat deutlich gravierendere Auswirkungen auf das Ökosystem als bisher angenommen.

### Beleuchtung mit LED-Leuchten

Die LED-Technologie hat in den letzten Jahren die Lichttechnik nahezu komplett neu aufgestellt. Bisher wurden vorzugsweise die Technologien von Entladungslampen oder Temperaturstrahlern eingesetzt. Je nach Ausführung gab es dann die bekannten Lichtfarben im Außenbereich: Amber (1.800 K), Warmweiss (3.000 K) oder Neutralweiss (4.000 K). Mit LEDs kann

man hingegen eine Vielzahl von zusätzlichen Lichtfarben und Spektren bereitstellen. Da LEDs als Grundfarbe blaues Licht erzeugen, müssen diese entsprechend beschichtet werden. Mit der Beschichtung erzielt man dann Peaks bei bestimmten Wellenlängen, welche in der Kombination dann die gewünschte Lichtfarbe ergeben (Bild 21.1). Es ist erkennbar, dass bei sehr weiß empfundenem Licht (kaltes Licht) der Anteil an blauer Farbe stark ausgeprägt ist. Bei warmen Farbtönen überwiegen die Farben grün, gelb und zum Teil rot.

Bei der Auswahl der LEDs für die Verwendung im Außenbereich sollte darauf geachtet werden, dass grundsätzlich keine UV (ultraviolette) und / oder IR (infrarote) Spektren im Spektrum enthalten sind. Auch blaue Farbanteile sollten möglichst vermieden werden. Gerade die für uns Menschen nicht sichtbaren Wellenlängen im UV-Bereich scheinen auf Insekten besondere Anziehungskraft auszuüben (vgl. „Insektenfänger“ im Lebensmittelbereich). Die namhaften Markenhersteller von Außenleuchten berücksichtigen dies häufig bereits bei ihrem Produktportfolio.

### Maßnahmen bei der Umsetzung im Wasserwerk Hagen-Hengstey

Im Wasserwerk Hagen-Hengstey wurden zu den vorhandenen Lichtpunkten (Masten, Wandanschlüsse) nur Kabel zur Spannungsversorgung (Wechselstrom 230 V) verlegt. Zusätzliche Adern, welche für eine Steuerung in Frage gekommen wären, sind nicht existent. Somit kam eine kabelgebundene Option der Steuerung nicht in Betracht. Die Option einer Funk-Lösung wurde zwar erörtert, aber u.a. aus Kostengründen rasch ausgeschlossen.

Das bestehende Außenlicht wurde mit Beginn der nächtlichen Dämmerung eingeschaltet und nach Ende der morgendlichen Dämmerung wieder ausgeschaltet. Das Licht war also während der Einschaltzeit mit 100 % Intensität in Betrieb. Die Bereitstel-

lung von Licht in der Nacht wurde bereits in der Planungsphase kritisch hinterfragt. Die Notwendigkeit, alle Leuchten komplett über die ganze Nacht zu 100 % zu betreiben, konnte nicht bestätigt werden.

Die einfachste Maßnahme wäre eine komplette Ausschaltung der Leuchten in der Nacht gewesen. Allerdings steht dies einer gewünschten Ausleuchtung, die z. B. gegen Zutritt Unbefugter schützen soll oder den Einsatz von Beschäftigten ermöglichen soll, entgegen. Dafür muss eine Grundhelligkeit gegeben sein. In der Zeitspanne von 3 h vor bis 5 h nach Mitternacht wurde allerdings eine eingeschränkte oder gedimmte Beleuchtung akzeptiert. Beweggründe: Bei Vollmond und einer ausreichenden „Dunkeladaption unserer Augen“ können wir uns als Menschen bei ca. 1 lx (das entspricht nur ca. 10 % der geforderten Ø Lichtstärke der Normen) in der Nacht noch gut orientieren. Auch reicht diese Helligkeit für die Kamerasysteme aus, um deren Funktionalität vollständig zu gewährleisten. Auch ein sicheres Bewegen von Personen und Fahrzeugen ist möglich.

Somit stellte sich die Frage, wie das Außenlicht zukünftig gesteuert werden kann, dass in Zeiten mit keinem oder sehr geringem Fahrzeug- oder Personenverkehr eine reduzierte Beleuchtungsstärke angeboten werden kann und Lichtemissionen verringert werden können. Lösungsansatz: Bei Einsatz von LED-Technologie ist der Einsatz elektronischer Vorschaltgeräte (Treiber) Standard. Neben der Ansteuerung und Bestromung der LEDs sind diese Treiber in der Lage, mit überschaubarem Aufwand innovative Funktionalitäten bereitzustellen. Der von uns gewählte Leuchtenhersteller hat Treiber verbaut, in denen soge-

nannte „Jahresuhren“ integriert sind. Anhand der Einschaltzeiten über die Dämmerung „erkennen bzw. lernen“ die Treiber selbstständig, meist über ein Zeitfenster mehrerer Tage, das Datum und die zugehörige Uhrzeit. Beispiel: Zum Sommer hin wird die Außenbeleuchtung immer ein wenig später ein- und früher ausgeschaltet, da die Tage „länger“ werden. Zum Winter hin geschieht dies in umgekehrter Reihenfolge. Aus dieser Datenlage gleicht der Treiber die Schaltzeiten mit der eingespeicherten „Chronouhr“ ab. Ist die Ermittlung einmal abgeschlossen kann der Treiber zu einer vorgewählten Zeit, z. B. 21 h bis 5 h, die Beleuchtung abdimmern - ohne zusätzliche Kabel und ohne zusätzliche zentrale Steuerung.

Die Leuchten 1:1 auszuwechseln und keine zusätzlichen Maßnahmen durchführen zu müssen, war einfach und kostengünstig, so dass diese Variante auch in der Praxis umgesetzt wurde (Bild 21.2). Das Bild verdeutlicht die Ein- und Ausschaltzeiten der Außenbeleuchtung bei ziviler Dämmerung sowie die Grenzen der Dimmbereiche. Es ist erkennbar, dass in der Sommerzeit (Mittsommer) von Mai bis Mitte August ausreichend Helligkeit in der Nacht gegeben ist. Somit findet in diesem Zeitraum kein Betrieb der Leuchten im Wasserwerk Hagen-Hengstey zu 100 % mehr statt.

Da die Leuchten im Dimmbereich deutlich weniger Energie benötigen (ca. 50% weniger Energie bei 35 % weniger Licht) führt dies zur einer Energie- und Kosteneinsparung und entlastet die Umwelt mit weniger Lichtemissionen. Die verbauten Entladungsmittel hatten ca. 70 W Leistung des Leuchtmittels zzgl. ca. 20 % Leistungsaufnahme des Vorschaltgerätes. Diese

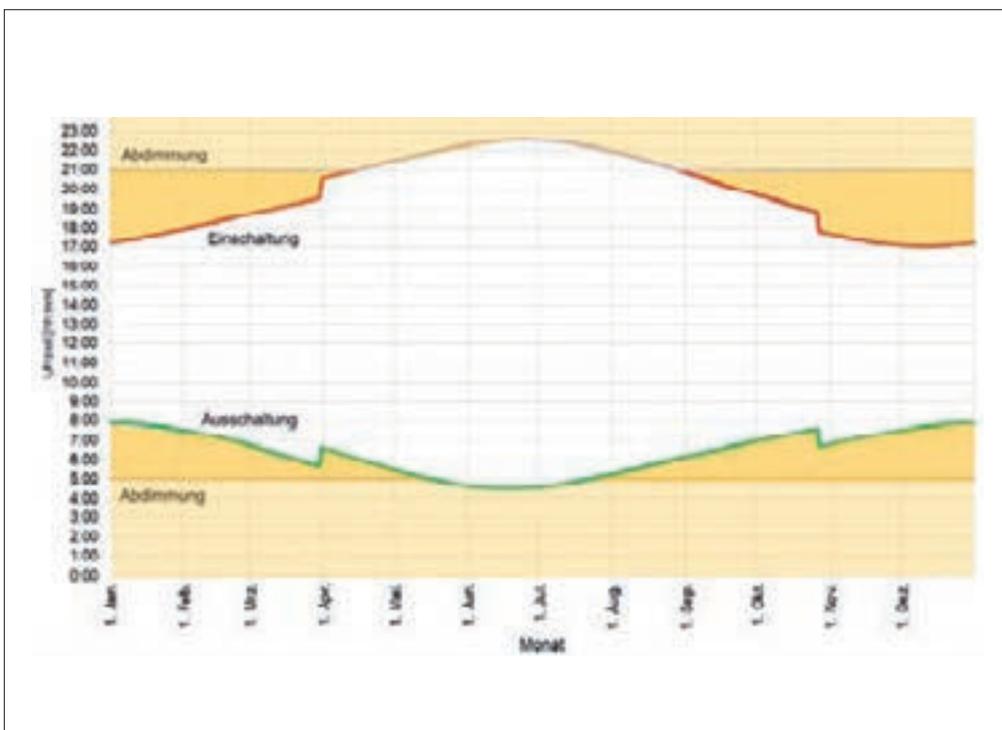


Bild 21.2: Schaltzeiten Außenleuchten mit Nachtreduzierung  
Fig. 21.2: Switching time for outdoor lighting reduced at night

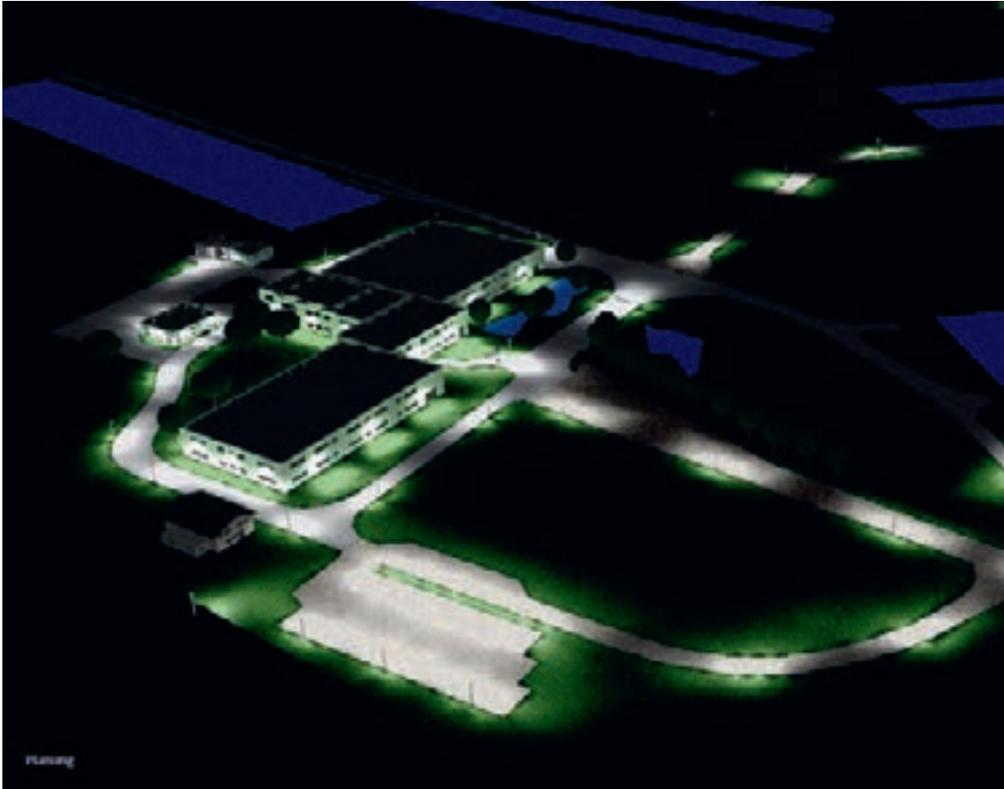


Bild 21.3: Darstellung der Planungsstudie, Wasserwerk Hagen-Hengstey  
 Fig. 21.3: Image from the planning study, waterworks Hagen-Hengstey

wurden gegen moderne und effiziente LED-Leuchten mit einer Leistung von ca. 30 W unter Beibehaltung der Lichtstärke / Helligkeit gewechselt. Allein der Austausch gegen LED-Leuchten sparte somit schon mehr als 50 % Energie und CO<sub>2</sub>-Emissionen. Bei der Option „Nachtdimmung“ kam dann noch eine weitere Einsparung von 35 % dazu. Im Ergebnis konnte so eine Gesamteinsparung von 2/3 des bisherigen Energieverbrauchs erzielt werden.

Im Wasserwerk Hagen-Hengstey konnten so rund 14.000 kWh Strom und rund 4.760 kg CO<sub>2</sub>-Emissionen pro Jahr eingespart werden. Zusätzlich wurden die Lichtemissionen signifikant verringert und damit ein Beitrag zum Schutz der Umwelt erzielt (Bild 21.3).

### Fazit

Eine Beleuchtung von Wasserwerken bleibt in vielerlei Hinsicht unerlässlich. Der Erhalt der Sicherheit insgesamt (Zutritt, Überwachung) sowie die Absicherung von Arbeiten durch Beschäftigte muss gegeben sein. Eine „vollständig ökokonforme“ Beleuchtung gibt es nicht, aber ein sensibler Umgang mit Beleuchtung lässt sich realisieren. Eine Einflussnahme auf den Zeitraum der Beleuchtung, z. B. eine spätere Einschaltung und frühere Ausschaltung, sowie eine Dimmung des Lichts in der Nacht stehen den Vorgaben definitiv nicht entgegen.

Mit bedachter Auswahl der Leuchten sowie Komponenten, wie z. B. eine adaptierbare Dimmfunktion, kann einerseits eine ausreichende Beleuchtung sichergestellt und andererseits eine zu negative Beeinflussung der Umwelt vermieden werden. So hat die Natur in diesen naturnah gestalteten Bereichen der Wasserwerke eine Chance, sich ein wenig ungestörter zu entwickeln. Dies bietet zumindest die Option, den „Schaden“ ein wenig zu kompensieren, der in einer ausschließlich auf menschliche Bedürfnisse angepassten, vollständig urbanen Umgebung entsteht. Gute Beleuchtung ist halt viel mehr als nur einfache Lichtpunkte, welche eine Aufhellung der Umgebung bieten.

---

## 22 Organisation der Arbeitsgemeinschaft der Wasserwerke an der Ruhr e.V. (AWWR)

Stand 31. Dezember 2020

---

---

### Präsidium

*Vorsitzender: Roland Rüter,  
Mark-E Aktiengesellschaft, Hagen  
stellv. Vorsitzender: Robert Dietrich,  
Hochsauerlandwasser GmbH, Meschede*

---

Robert Dietrich (stellvertretender Vorsitzender),  
Hochsauerlandwasser GmbH, Meschede  
Klaus Döhmen, VWW Verbund-Wasserwerk Witten GmbH,  
Witten  
Bernd Heinz, Wasserwerke Westfalen GmbH, Schwerte  
Roland Rüter, Mark-E Aktiengesellschaft, Hagen  
(Vorsitzender)  
Dr. Franz-Josef Schulte, RWW Rheinisch-Westfälische  
Wasserwerksgesellschaft mbH, Mülheim an der Ruhr

---

### Mitglieder

Klaus Döhmen, VWW Verbund-Wasserwerk Witten GmbH,  
Witten  
Robert Dietrich, Hochsauerlandwasser GmbH, Meschede  
Peter Flosbach, Dortmunder Energie- und Wasserversorgung  
GmbH, Dortmund  
Bernd Heinz, Wasserwerke Westfalen GmbH, Schwerte  
Bernd Heitmann, Stadtwerke Fröndenberg GmbH  
(ab 11. Dezember 2020 Stadtwerke Fröndenberg Wickede  
GmbH), Fröndenberg  
Thomas Kroll, Wasserbeschaffungsverband Arnsberg und  
Stadtwerke Arnsberg, Arnsberg  
Gregor Langenberg, Wassergewinnung Essen GmbH, Essen  
Dr. Frank Peper, Stadtwerke Bochum GmbH, Bochum  
Friedrich Reh, Gelsenwasser AG, Gelsenkirchen  
Bernd Reichelt, Stadtwerke Menden, Menden  
Axel Reuber, Stadtwerke Brilon AöR, Brilon  
Roland Rüter, Mark-E AG, Hagen  
Sascha Adamski, Stadtwerke Essen AG, Essen  
Dieter Schick, Stadtwerke Hamm GmbH, Hamm  
Dr. Franz-Josef Schulte, RWW Rheinisch-Westfälische  
Wasserwerksgesellschaft mbH, Mülheim an der Ruhr  
Jürgen Schwarberg, Stadtwerke Sundern, Sundern  
Henrik Weiß, Stadtwerke Winterberg AöR, Winterberg

---

### Ständige Gäste

Petra Bröcking, Hygiene-Institut des Ruhrgebiets,  
Gelsenkirchen  
Heinz Esser, DVGW-Landesgruppe NRW, Düsseldorf  
Holger Gassner, BDEW/DVGW Landesgruppe NRW, Bonn  
Dr. Dirk Grete, Bezirksregierung Arnsberg, Arnsberg  
Prof. Dr.-Ing. Norbert Jardin, Ruhrverband, Essen  
Markus Moraing, VKU-Landesgruppe NRW, Düsseldorf  
Heidemarie Ohlhoff, Bezirksregierung Düsseldorf, Düsseldorf  
Dr. Carsten Schmitt, ARW Arbeitsgemeinschaft  
Rhein-Wasserwerke e.V., Köln  
Dr. Friederike Vietoris, Ministerium für Klimaschutz, Umwelt,  
Landwirtschaft, Natur- und Verbraucherschutz NRW,  
Düsseldorf

---

### Kontakte

#### **Sitz der Arbeitsgemeinschaft:**

AWWR Arbeitsgemeinschaft der Wasserwerke an der Ruhr e.V.  
Zum Kellerbach 52  
58239 Schwerte

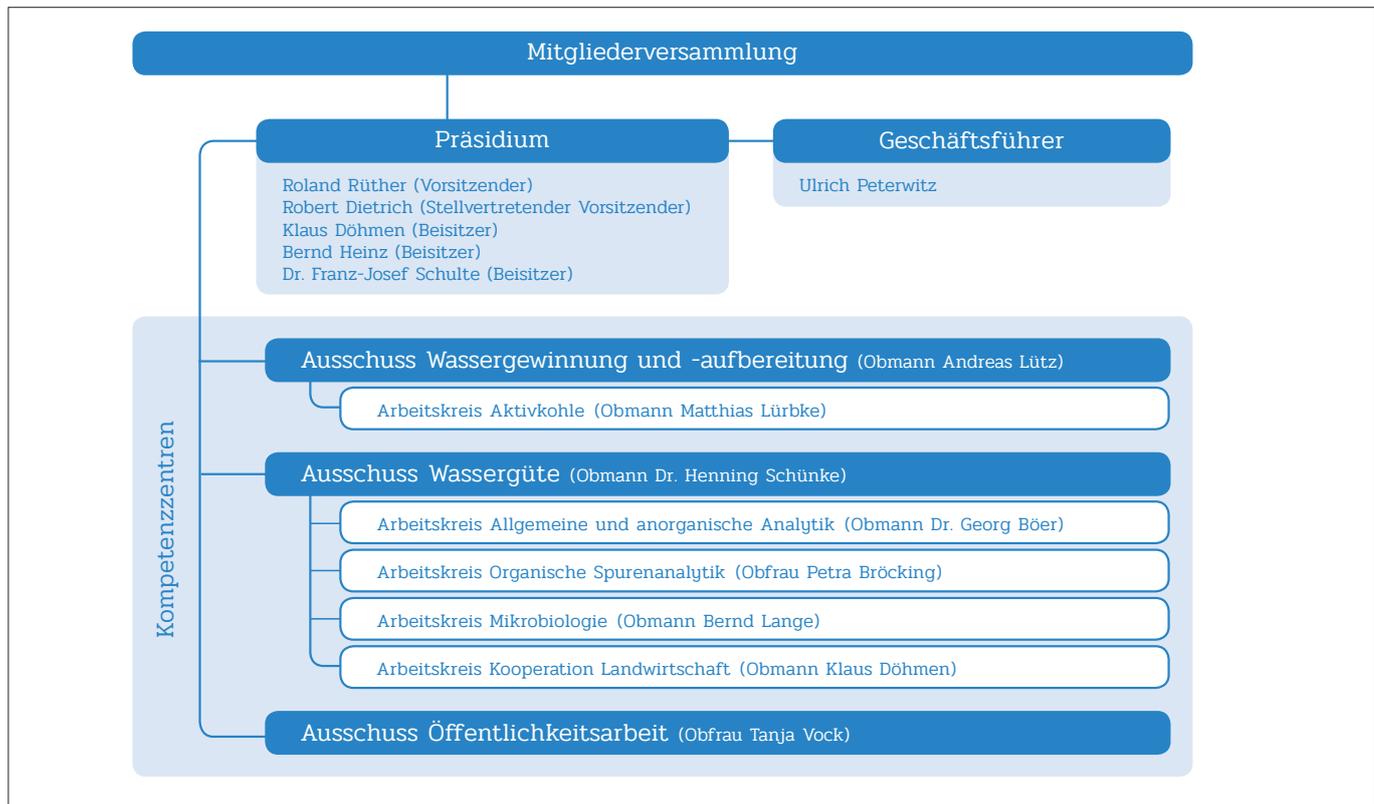
#### **Geschäftsstelle:**

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  
E-Mail: ulrich.peterwitz@gelsenwasser.de

#### **Pressestelle:**

AWWR Arbeitsgemeinschaft der Wasserwerke an der Ruhr e.V.  
Pressesprecherin Tanja Vock  
Zum Kellerbach 52  
58239 Schwerte  
Tel.: 02304 9575-204  
E-Mail: tanja.vock@wasserwerke-westfalen.de

## Ausschüsse und Arbeitskreise 2020



### Ausschuss Wassergüte

Obmann: Dr. Henning Schünke, Westfälische Wasser- und Umweltanalytik GmbH, Schwerte

Dr. Thomas Bals, Energie- und Wasserversorgung Hamm GmbH, Hamm

Dr. Georg Böer, Westfälische Wasser- und Umweltanalytik GmbH, Schwerte

Petra Bröcking, Hygiene-Institut des Ruhrgebiets, Gelsenkirchen

Uwe Frost, Ruhrverband, Essen

Dr. Anne Heyer, RWW Rheinisch-Westfälische Wasserwerksgesellschaft mbH, Mülheim

Henrike Kreft, VWW Verbund Wasserwerk Witten GmbH, Witten

Thomas Kroll, Stadtwerke Arnsberg GmbH & Co KG, Arnsberg

Bernd Lange, IWW Rheinisch-Westfälisches Institut für Wasserforschung gGmbH, Mülheim

Monika Raabe, Enervie-Gruppe – Mark-E AG, Hagen  
Ulrich Schulte-Ebbert, Wasserwerke Westfalen GmbH, Schwerte

Dr. Henning Schünke, Westfälische Wasser- und Umweltanalytik GmbH, Schwerte

Christian Skark (ehem. Institut für Wasserforschung GmbH), Dortmund (als Gast)

Dr. Joanna Will, Ruhrverband, Essen

### **Arbeitskreis Allgemeine und anorganische Analytik**

*Obmann: Dr. Georg Böer, Westfälische Wasser- und Umweltanalytik GmbH, Schwerte*

Dr. Thomas Bals, Energie- und Wasserversorgung Hamm GmbH, Hamm  
Dr. Georg Böer, Westfälische Wasser- und Umweltanalytik GmbH, Schwerte  
Petra Bröcking, Hygiene-Institut des Ruhrgebiets, Gelsenkirchen  
Kay Jansen, Ruhrverband, Essen  
Sonja Klenk, Bergisches Wasser- und Umweltlabor der BTV-GmbH, Wuppertal (als Gast)  
Thomas J. Lottes, VWW Verbundwasserwerk Witten GmbH, Witten  
Monika Raabe, Mark-E AG, Hagen  
Dr. Achim Rübel, IWW Rheinisch-Westfälisches Institut für Wasserforschung Gemeinnützige GmbH, Mülheim  
Dr. Daniel Schunk, RWW Rheinisch-Westfälische Wasserwerksgesellschaft mbH, Mülheim

### **Arbeitskreis Organische Spurenanalytik**

*Obfrau: Petra Bröcking, Hygiene-Institut des Ruhrgebietes, Gelsenkirchen*

Dr. Peter Balsaa, IWW Rheinisch-Westfälisches Institut für Wasserforschung gemeinnützige GmbH, Mülheim  
Petra Bröcking, Hygiene-Institut des Ruhrgebietes, Gelsenkirchen  
Beate Steinsiepe-Burchard, Ruhrverband, Essen  
Marina Klapat, Mark-E Aktiengesellschaft, ENERVIE Gruppe, Labor  
Yannik Racherbäumer, Westfälische Wasser- und Umweltanalytik GmbH, Schwerte (als Gast)  
Regina Respondek, LANUV Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz NRW, Recklinghausen, Außenstelle Düsseldorf  
Dr. Daniel Schunk, RWW Rheinisch-Westfälische Wasserwerksgesellschaft mbH, Mülheim  
Thomas Sentis, Westfälische Wasser- und Umweltanalytik GmbH, Gelsenkirchen

### **Arbeitskreis Mikrobiologie**

*Obmann: Bernd Lange, IWW Rheinisch-Westfälisches Institut für Wasser Beratungs- und Entwicklungsgesellschaft mbH, Mülheim (bis 31.10.2020)*

*Dr. Anne Heyer, RWW Rheinisch-Westfälische Wasserwerksgesellschaft mbH, Mülheim (ab 1.11.2020)*

Dr. Thomas Bals, Energie- und Wasserversorgung Hamm GmbH, Fröndenberg  
Guido Geburtzky, RWW Rheinisch-Westfälische Wasserwerksgesellschaft mbH, Mülheim  
Dr. Anne Heyer, RWW Rheinisch-Westfälische Wasserwerksgesellschaft mbH, Mülheim  
Bernd Lange, IWW Rheinisch-Westfälisches Institut für Wasser Beratungs- und Entwicklungsgesellschaft mbH, Mülheim  
Bettina Langer, Hygiene-Institut des Ruhrgebietes, Gelsenkirchen  
Dr. Christiane Meinert-Berning, Ruhrverband, Essen (ab 1.11.2020)  
Ute Stratmann, Westfälische Wasser- und Umweltanalytik GmbH, Schwerte  
Gisela Trope, Westfälische Wasser- und Umweltanalytik GmbH, Gelsenkirchen  
Dr. Jost Wingender, Universität Duisburg-Essen, Essen  
Antje Wygoda, Verbundwasserwerk Witten GmbH, Witten  
Susanne Zander-Hauck, Ruhrverband, Essen (bis 31.10.2020)

### **Arbeitskreis Kooperation Landwirtschaft – Wasserwirtschaft an der Ruhr**

*Obmann: Klaus Döhmen, Verbundwasserwerk Witten GmbH, Witten*

Thomas Dietz, RWW Rheinisch-Westfälische Wasserwerksgesellschaft mbH, Mülheim  
Klaus Döhmen, Verbundwasserwerk Witten GmbH, Witten  
Alenah Phelan, Gelsenwasser AG, Gelsenkirchen  
Ulrich Schulte-Ebbert, Wasserwerke Westfalen GmbH, Schwerte

---

## Ausschuss Wassergewinnung und -aufbereitung

*Obmann: Dr. Michael Plath, RWW Rheinisch-Westfälische Wasserwerksgesellschaft mbH, Mülheim an der Ruhr*

---

Sascha Adamski, Stadtwerke Essen AG, Essen  
Thomas Bock, Wasserwerke Westfalen GmbH, Schwerte  
Thomas Brenne, Mark-E Aktiengesellschaft, Hagen  
Petra Bröcking, Hygiene-Institut des Ruhrgebietes, Gelsenkirchen (ab 17.03.2020)  
Robert Dietrich, Hochsauerlandwasser GmbH, Meschede  
Klaus Döhmen, AVU Aktiengesellschaft für Versorgungsunternehmen, Gevelsberg  
Christian Finger, Stadtwerke Brilon, Brilon  
Volker Kretschmer, Stadtwerke Fröndenberg GmbH, Fröndenberg  
Thomas Kroll, Stadtwerke Arnsberg GmbH & Co KG, Arnsberg  
Peter Lemmel, Ruhrverband, Essen  
Matthias Lürbke, Stadtwerke Menden GmbH, Menden  
Andreas Lütz, Wassergewinnung Essen GmbH, Essen  
Dr. Michael Plath, RWW Rheinisch-Westfälische Wasserwerksgesellschaft mbH, Mülheim an der Ruhr  
Dieter Schick, Stadtwerke Hamm GmbH, Hamm  
Jürgen Schwarberg, Stadtwerke Sundern, Sundern  
Priv. Doz. Dr. Georg-Joachim Tuschewitzki, Hygiene-Institut des Ruhrgebietes, Gelsenkirchen (bis 17.03.2020)  
Henrik Weiß, Stadtwerke Winterberg AöR, Winterberg  
Stephan Willmes, Stadtwerke Bochum GmbH, Bochum  
Georg zur Strassen, Ruhrverband, Essen

## Arbeitskreis Aktivkohle

*Obmann: Matthias Lürbke, Stadtwerke Menden GmbH, Menden*

Dr. Geert Aschermann, Westfälische Wasser- und Umweltanalytik GmbH, Schwerte  
Thomas Bals, Energie- und Wasserversorgung Hamm GmbH, Hamm  
Klaus Döhmen, VWW Verbund-Wasserwerk Witten GmbH, Witten  
Frank Eifler, Stadtwerke Menden GmbH, Menden  
Thomas Kroll, Stadtwerke Arnsberg GmbH, Arnsberg  
Guido Lens, RWW Rheinisch-Westfälische Wasserwerksgesellschaft mbH, Mülheim an der Ruhr  
Andreas Lütz, Wassergewinnung Essen GmbH, Essen  
Uwe Pott, Westfälische Wasser- und Umweltanalytik GmbH, Schwerte  
Monika Raabe, Mark-E Aktiengesellschaft, Hagen  
Markus Roters, Stadtwerke Sundern, Sundern  
Ulrich Schulte, VWW Verbund-Wasserwerk Witten GmbH, Witten  
Jürgen Schwarberg, Stadtwerke Sundern, Sundern  
Rolf Wegener, Hochsauerlandwasser GmbH, Meschede

---

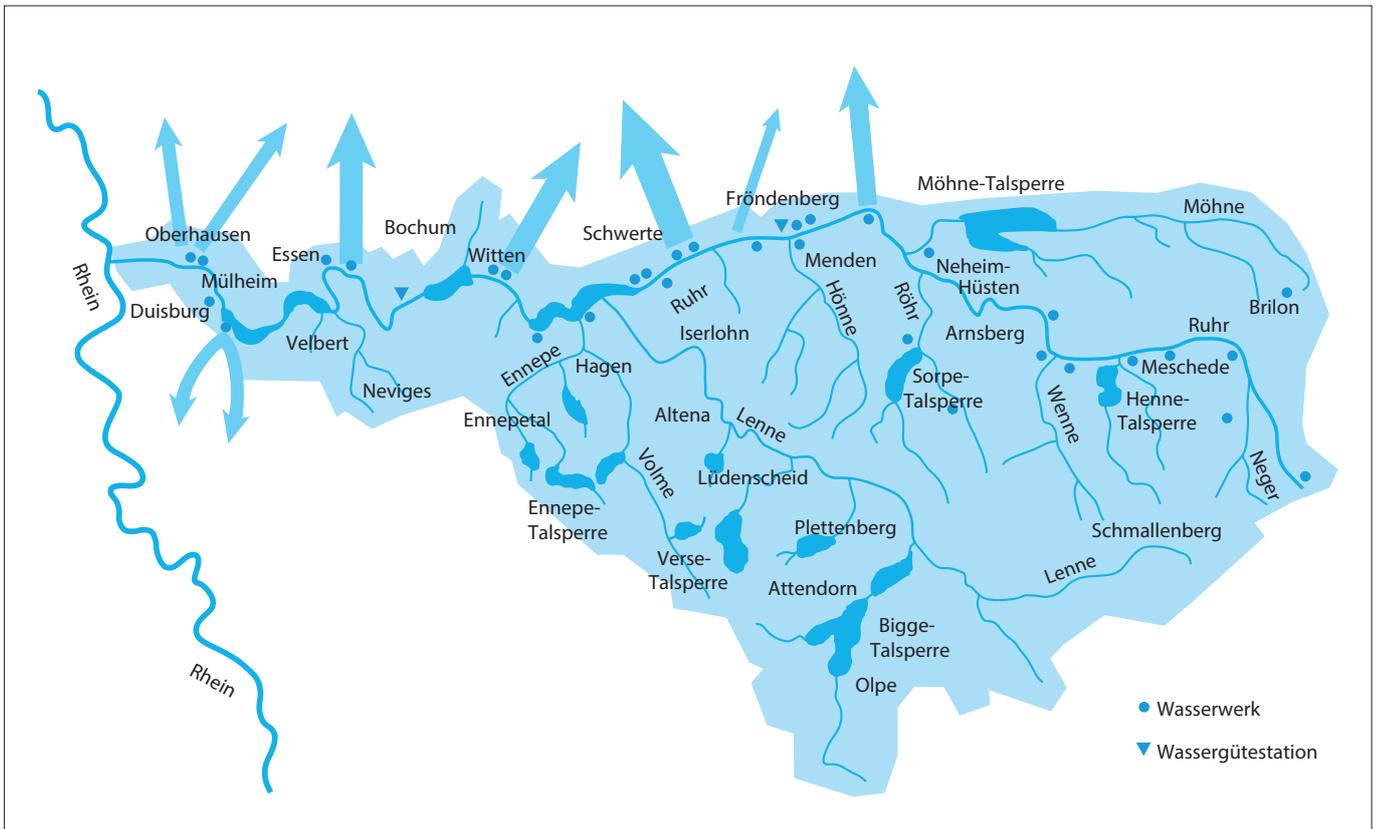
## Ausschuss Öffentlichkeitsarbeit

*Obfrau: Tanja Vock, Wasserwerke Westfalen GmbH, Schwerte*

---

Jörg Fröhling, Hochsauerlandwasser GmbH, Meschede  
Maria Geers, Stadtwerke Menden GmbH, Menden  
Bernd Hartung, GELSENWASSER AG, Gelsenkirchen  
Cornelia Helm, Stadtwerke Hamm GmbH, Hamm  
Kai Krischnak, Stadtwerke Bochum GmbH, Bochum  
Jana-Larissa Marx, Dortmunder Energie- und Wasserversorgung GmbH, Dortmund  
Marie Luise Niepel, Stadtwerke Arnsberg GmbH, Arnsberg  
Dirk Pomplun, Stadtwerke Essen AG, Essen  
Jörg Prostka für VWW Verbund-Wasserwerk Witten GmbH, Witten  
Uwe Reuter, Mark-E-AG, Hagen  
Markus Rüdell, Ruhrverband, Essen  
Ramon Steggink, RWW Rheinisch-Westfälische Wasserwerksgesellschaft mbH, Mülheim an der Ruhr  
Tanja Vock, Wasserwerke Westfalen GmbH, Schwerte

## 23 Die AWWR in Zahlen



Mitglieder der AWWR	Anzahl der Ruhrwasserwerke	Gesamt-Wasserförderung
Dortmunder Energie- und Wasserversorgung GmbH	siehe WWW	ca. 242 Mio. m <sup>3</sup> /a
Gelsenwasser AG	siehe WGE	
Hochsauerlandwasser GmbH	5	
Mark-E Aktiengesellschaft	1	
RWW Rheinisch-Westfälische Wasserwerksgesellschaft mbH	3	
Stadtwerke Arnsberg GmbH	1	
Stadtwerke Bochum GmbH	siehe WGE/WWW	
Stadtwerke Brilon AöR	1	
Stadtwerke Essen AG	siehe WGE	
Stadtwerke Fröndenberg GmbH	1	
Stadtwerke Hamm GmbH	1	
Stadtwerke Menden GmbH	1	
Stadtwerke Sundern	2	
VWW Verbund-Wasserwerk Witten GmbH	1	
Wasserbeschaffungsverband Arnsberg	1	
Wassergewinnung Essen GmbH (WGE)	1	
Wasserwerke Westfalen GmbH (WWW)	6	
Stadtwerke Winterberg AöR	5	

## 24 Analysergebnisse des Ausschusses Wassergüte

Dr. Henning Schünke, Westfälische Wasser- und Umweltanalytik GmbH

### Ursprung und Verarbeitung der Daten

Die Analysedaten werden durch den Ruhrverband und die Wasserversorger an der Ruhr erhoben und für die gemeinsame Auswertung durch die AWWR zur Verfügung gestellt. In den Sitzungen des Ausschusses Wassergüte der AWWR werden die Ergebnisse der zeitdichten Untersuchungen der Ruhr in Essen-Rellinghausen regelmäßig diskutiert und bewertet. Für eine weitere Bewertung der Wasserqualität werden zusätzlich die Analyseergebnisse aus den zeitdichten Untersuchungen der Wasserversorger sowie den Ruhrlängsuntersuchungen im Rahmen des Ruhrgüteberichtes zusammengefasst und an dieser Stelle für das Jahr 2020 dokumentiert und ausgewertet. Die Daten für diesen Bericht wurden von den folgenden Unternehmen zur Verfügung gestellt:

- Hochsauerlandwasser GmbH, Meschede
- Mark-E Aktiengesellschaft, Hagen
- Ruhrverband, Essen
- RWW Rheinisch-Westfälische Wasserwerksgesellschaft mbH, Mülheim
- Stadtwerke Hamm GmbH, Hamm
- Verbund-Wasserwerk Witten GmbH, Witten
- Wasserwerke Westfalen GmbH, Schwerte

Die Untersuchungen erfolgten in den unternehmenseigenen Laboren und durch das Hygiene-Institut des Ruhrgebiets sowie durch die Westfälische Wasser- und Umweltanalytik GmbH.

Die aktuelle Messstrategie sieht seit 2006 eine zeitlich dichte Überwachung durch die Wasserversorger und den Ruhrverband mit mindestens einer monatlichen Messung vor. Zum Teil werden jedoch deutlich häufiger Proben analysiert und für die Auswertung zur Verfügung gestellt. Darüber hinaus werden durch den Ruhrverband und das Hygiene-Institut jeweils zwei Probenahmen zur Erhebung der Daten für die Ruhrlängsuntersuchungen vorgenommen, die in Tabelle 24.1 aufgeführt werden.

Tabelle 24.1: Mittlere Abflüsse während der Längsuntersuchungen  
Table 24.1: Average flows during examinations along the course of the river

Längsuntersuchung Untersuchungslabor	Untersuchungs- zeitraum	Abfluss am Pegel Hattingen m <sup>3</sup> /s
Winter / Hygiene-Institut (HYG)	03.02.2020	153,0
Frühjahr / Ruhrverband (RV)	09./10./11.03.2020	215,0
Sommer / Hygiene-Institut (HYG)	03.08.2020	20,3
Herbst / Ruhrverband (RV)	05./06./07.10.2020	20,2

Neben der Untersuchung der Ruhr werden durch den Ruhrverband in den acht wichtigsten Nebenflüssen verschiedene physikalische, chemische und biologische Parameter gemessen. Die erhaltenen Messwerte werden gemittelt. In der Abbildung werden die Mittelwerte dem Mittel aus der Ruhr im Mündungsbereich vergleichend gegenübergestellt. Eine Übersicht über die beprobten Messstellen sowie die Untersuchungsstellen gibt Tabelle 24.2 wieder.

Für die Positionierung der Nebengewässer wird in der Spalte „Ruhr-km“ in Klammern die Kilometrierung aufgeführt, bei der die Gewässer in die Ruhr münden. In der Tabelle 24.3 sind die Mittelwerte für 41 untersuchte Kenngrößen in den acht Nebenflüssen/-bächen der Ruhr aufgeführt.

Die AWWR hatte von 2005 bis 2015 für die Ruhr eigene Zielwerte für die Wasserqualität festgelegt, die auf dem 90er-Perzentil beruhen, um den Besonderheiten eines kleinen Flussgebietes gerecht zu werden. Seit 2013 unterstützt die AWWR auch das Europäische-Fließgewässermemorandum, das vor allem auf den großen Flusssystemen Rhein, Elbe und Donau aufgebaut wurde. Mit dem Beschluss der AWWR-Mitgliederversammlung wurden seit 2016 auch für die Ruhr die im Fließgewässermemorandum festgelegten Zielwerte als allein gültige Zielwerte übernommen. In der Tabelle 24.4 sind für die 16 vereinbarten Stoffe bzw. Stoffgruppen die nach dem Europäischen Fließgewässermemorandum nachgewiesenen Überschreitungen der Zielwerte im Jahr 2020 zusammengefasst. Die Auswertung der untersuchten Pflanzenschutzmittel erfolgt gesondert in der Zusammenfassung in Tabelle 24.5.

### Ruhrlängsuntersuchungen

Für die Längsuntersuchungen der Ruhr wurden durch den Ruhrverband und das Hygiene-Institut jeweils an zwei Probenahmekampagnen entlang dem Ruhrverlauf Proben gezogen. Die Analysen über den Verlauf der Ruhr werden durch den Ruhrverband getragen bzw. im Auftrag der Wasserwerke Hochsauerlandwasser, Stadtwerke Hamm, Mark-E, Gelsenwasser, Verbundwasserwerk Witten, Wassergewinnung Essen und der Rheinisch Westfälischen-Wasserwerke durch das Hygiene-Institut in Gelsenkirchen vorgenommen. Die beiden Labore übermitteln die Daten per E-Mail an die Westfälische Wasser- und Umweltanalytik, die die Auswertung übernimmt.

Für die Ruhrlängsuntersuchung entnahm das Hygiene-Institut an 16 Stellen Proben, in denen bis zu 53 Parameter (ohne Pflanzenschutzmittel) untersucht wurden. Insgesamt wurden 828 Werte analysiert. Der Ruhrverband entnahm an 31 Probenahmestellen Wasserproben und analysierte darin bis zu

Tabelle 24.2: Übersicht über die Messstellen und die untersuchenden Laboratorien  
 Table 24.2: 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 Gütestation
108,39		X		WWU	Ruhr, Hengsen Obergraben
(106,96)	0,08	X			Baarbach, 80 m vor Mündung in die Ruhr (unterh. Kläranlage)
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 WWW
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, Schwimmbücke 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 Aakerfähre
Mark E	Mark-E Aktiengesellschaft, Hagen				
RV	Ruhrverband, Essen				
RWW	Rheinisch-Westfälische Wasserwerksgesellschaft mbH, Mülheim				
SWH	Stadtwerke Hamm GmbH, Hamm				
WWU	Westfälische Wasser und Umweltanalytik GmbH, Gesenkirchen und Schwerte				

39 Kenngrößen (ohne Pflanzenschutzmittel). Insgesamt wurden durch den Ruhrverband für diese Untersuchung 3.850 Analysewerte erhoben.

Während der vier Längsuntersuchungen wurden am Pegel Hattingen die in Tabelle 24.1 aufgeführten Abflüsse gemessen.

Die Analysenergebnisse aus den Ruhrlängsuntersuchungen werden nachfolgend in Form von Ganglinien dargestellt (Bild 24.1 bis 24.7). Dabei wurden jeweils bis zu sechs Kenngrößen zu einem Block zusammengefasst. In der 42. Graphik ist der mittlere Abfluss am Pegel Hattingen als zusätzliche Größe an den Probenahmen in Bild 24.7 dargestellt.

Analysewerte unterhalb der Bestimmungsgrenze werden in Höhe der Bestimmungsgrenze in den Grafiken berücksichtigt und mit dem Symbol „\*“ kenntlich gemacht. Die senkrechten, gestrichelten Linien kennzeichnen die Lage der Probenahmestellen im Ruhrverlauf. Die Abkürzungen RV bzw. HYG stehen für Ruhrverband respektive Hygiene-Institut des Ruhrgebietes.

Die vier Untersuchungen der acht Nebenflüsse/-bäche durch den Ruhrverband wurden als Mittelwert zusammengefasst und sind in Tabelle 24.3 aufgeführt. Für sechs ausgesuchte Kenngrößen werden diese Mittelwerte zusätzlich als Punkte den Ganglinien der Mittelwerte dieser Parameter in der Ruhr in einer Grafik gegenübergestellt (Bild 24.8).

Tabelle 24.3: Mittelwerte ausgewählter Gütemerkmale von acht Nebenflüssen der Ruhr  
 Table 24.3: Means 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	11,6	12,4	11,6	11,7	12,3	10,8	10,1	8,8
pH-Wert		8,15	7,80	8,09	7,68	7,50	8,24	8,10	7,90
Elektrische Leitfähigkeit	µS/cm	454	2160	341	331	884	631	376	319
Trübung	FNU	80,0	7,0	5,1	4,2	18,0	4,5	2,1	6,3
Spektr. Absorptionskoeff. bei 254 nm	1/m	10,0	9,5	5,7	4,9	10,8	3,9	7,6	3,8
Spektr. Absorptionskoeff. bei 436 nm	1/m	0,70	0,65	0,38	0,33	0,65	0,23	0,35	0,25
Chemischer Sauerstoffbedarf (CSB)	mg/l			5,3	5,8		5,3		
Gelöster organ. gebund. Kohlenstoff (DOC)	mg/l	5,7	4,9	2,4	2,3	4,8	4,6	6,5	6,2
Gelöster Sauerstoff	mg/l	10,6	8,3	11,3	9,9	9,5	11,0	10,7	11,0
Chlorophyll-a	µg/l	21,0	58,5	3,5	2,0	5,0	2,0	1,2	1,5
Gesamter gelöster Phosphor als PO4	mg/l	0,71	0,40	0,20	0,25	0,24	0,13	< 0,06	0,13
Borat-Bor	mg/l	0,05	0,31	0,07	< 0,05	0,20	0,08	0,02	0,02
Ethylendinitrilotetraessigsäure (EDTA)	µg/l	2,8	< 5,0	< 2,0	3,0	29,2	< 2,0	1,0	< 0,5
Nitrilotriessigsäure (NTA)	µg/l	< 2,5	< 5,0	< 2,0	< 2,0	< 2,5	< 2,0	< 0,5	< 0,5
Diethylentrinitrilopentaessigsäure (DTPA)	µg/l	< 5,0	< 10,0	< 1,0	< 1,0	< 5,0	< 1,0	< 1,0	< 1,0
Ammonium	mg/l	0,25	0,87	0,04	< 0,04	0,21	< 0,04	< 0,01	0,06
Nitrat	mg/l	16,6	5,8	13,6	10,8	23,7	17,7	7,5	11,7
Nitrit	mg/l	0,05	1,22	0,05	0,07	0,07	< 0,03	< 0,03	0,05
Organisch gebundener Stickstoff	mg/l	0,81	0,93	0,30	0,21	1,04	< 0,20	0,25	< 0,20
Mangan	µg/l	98	112	23	40	191	21	42	39
Gelöstes Mangan	µg/l	< 10	100	< 10	18	84	< 10	< 10	10
Eisen	mg/l	1,80	0,34	0,19	0,13	1,01	0,15	0,08	0,28
Gelöstes Eisen	mg/l	0,03	0,04	5,26	0,02	0,03	< 0,01	0,01	0,01
Natrium	mg/l	32	340	28	22	74	42	30	11
Kalium	mg/l	6,5	16,0	4,8	3,7	16,1	4,3	2,6	2,3
Magnesium	mg/l	8,1	22,0	5,5	6,1	10,0	7,5	6,0	6,2
Calcium	mg/l	48	66	31	30	80	75	38	50
Barium	µg/l	16	425	< 50	< 50	26	< 50	26	41
Kupfer	µg/l	8,2	2,0	17,4	< 5,0	8,5	< 5,0	1,3	2,2
Nickel	µg/l	6,8	3,9	1,9	1,1	11,6	1,4	2,8	2,3
Chrom	µg/l	3,6	< 0,5	< 0,5	< 0,5	2,0	< 0,5	< 0,5	< 0,5
Zink	µg/l	56	13	13	19	130	30	4	8
Blei	µg/l	14,6	0,6	< 1,0	< 1,0	2,8	< 1,0	0,2	1,8
Cadmium	µg/l	0,18	0,03	< 0,10	< 0,10	0,18	< 0,10	0,03	0,05
Chlorid	mg/l	44	450	36	37	123	74	42	16
Sulfat	mg/l	35	80	36	27	85	42	26	35
Fluorid	mg/l	0,15	0,22	0,09	0,07	0,16	0,07	0,08	0,06
Polycyclische aromat. Kohlenwasserstoffe	ng/l	13	2	13	7	2	6	0	4
Adsorb. org. geb. Halogene (AOX)	µg/l	6	22	< 10	< 10	17	< 10	10	< 5
Coliforme Bakterien	1/100 ml	223200	21008	16259	11458	82778	5607	221	7805
<i>Escherichia coli</i>	1/100 ml	104765	15179	6403	3120	31463	1054	31	3311

### Zeitlich dichte Ruhrüberwachung

Die zeitlich dichte Überwachung der Ruhr wird an zehn Stellen durch die Versorgungsunternehmen Wasserwerke Westfalen, Stadtwerke Hamm, Mark-E und Rheinisch-Westfälische Wasserwerksgesellschaft sowie dem Ruhrverband vorgenommen. Dabei werden aufgrund der unterschiedlichen Monitoringstrategien der Unternehmen bis zu 24 Messgrößen untersucht, die abhängig von der jeweiligen Kenngröße meist in wöchentlichen oder monatlichen Untersuchungen bestimmt werden. Durch den Ruhrverband betrug die Untersuchungshäufigkeit in Essen-Rellinghausen sogar bis zu 129 Proben. Nicht alle Kenn-

größen wurden an allen Messstellen bestimmt. Der Auswertung der zeitdichten Untersuchungen liegen knapp 9.300 Messwerte (ohne Pflanzenschutzmittel) zugrunde.

Die Ergebnisse der Analysen wurden zu statistischen Größen wie Mittel-, Maximal-, Minimal- und Perzentilwerten verdichtet und werden nachfolgend kombiniert tabellarisch/grafisch als Jahresgang dargestellt (Bild 24.9 bis 24.34). 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, wird ersatzweise die

Tabelle 24.4: Zielwerte für die Qualität des Ruhrwassers mit Überschreitungen im Jahr 2020

Table 24.4: Target values for the quality of Ruhr water and exceedings in 2020

Kenngröße		Einheit	Zielwert Europäisches Fließgewässer Memorandum 2013 <sup>2)</sup>	Trinkwasser- Grenzwert (TrinkwV. 2001) (informativ)	Überschreitungen der Zielwerte Eur. Fließgewässer- Memorandum
Cadmium	Cd	µg/l	-	5	-
Nickel	Ni	µg/l	-	20	-
Ammonium	NH <sub>4</sub>	mg/l	0,3	0,5	keine
Nitrat	NO <sub>3</sub>	mg/l	25	50	keine
Phosphat gesamt gelöst	PO <sub>4</sub>	mg/l	-	-	-
Gel. org. geb. Kohlenstoff	DOC	mg/l	3	-	151 (von 471 Proben)
Tetrachlorethen		µg/l	0,1	10 für die Summe aus beiden	keine
Trichlorethen		µg/l	0,1		keine
Diethyltrinitrilopentaessigsäure	DTPA	µg/l	1	-	(48 (von 178 Proben) < 2,5 <sup>3)</sup> )
Ethylendinitrilotetraessigsäure	EDTA	µg/l	1	-	255 (von 271 Proben)
Nitritotriessigsäure	NTA	µg/l	1	-	keine
PSM <sup>1)</sup>		ng/l	100	100	1 (von 5006 Analysen)
Coliforme Bakterien		100 ml <sup>-1</sup>	-	0	-
Zusätzliche Parameter					
Elektrische Leitfähigkeit	LF	µS/cm	700	2170	keine
pH-Wert			7 – 9	6,5 – 9,5	2 (von 474 Proben)
Temperatur	T	°C	25	-	1 (von 521 Proben)
Sauerstoff	O <sub>2</sub>	mg/l	> 8	-	51 (von 471 Proben)
Chlorid	Cl	mg/l	100	-	keine
Sulfat	SO <sub>4</sub>	mg/l	100	250	keine
Fluorid	F	mg/l	1,0	1,0	keine

<sup>1)</sup> Organisch-chemische Stoffe zur Pflanzenbehandlung und Schädlingsbekämpfung.

<sup>2)</sup> Zielwerte als geometrisches Jahresmittel.

<sup>3)</sup> Bestimmungsgrenze liegt über dem Zielwert des Fließgewässermemorandums.

Bestimmungsgrenze mit einem vorangestellten Zeichen „<“ im Tabellenteil angegeben. Für die Minimal- und Maximalwerte wird jeweils das zugehörige Messdatum mit angegeben. Sofern ein Minimal- oder Maximalwert mehrfach nachgewiesen wurde, wird statt eines Datums der Wert mit „Mehrere“ kenntlich gemacht.

Unterhalb der Tabellen werden die Messwerte der zeitlich dichten Untersuchung in ihrem jahreszeitlichen Verlauf dargestellt. Die Grafiken enthalten die Messwerte von jeweils zwei benachbarten Probenahmestellen. Die Zuordnung der Ganglinie zur Datenspalte erfolgt mittels der schwarzen bzw. blauen Linie unterhalb der Tabellenspalten. Zur besseren Vergleichbarkeit sind alle Grafiken für eine Kenngröße gleich skaliert. Als ergänzende Information ist jeweils links auf der Seite der zeitliche Verlauf des Abflusses der Ruhr am Pegel Hattingen auf-

geführt. Für die Zielwertbetrachtung werden die Zielwerte des europäischen Fließgewässermemorandums herangezogen.

### Untersuchungen von Pflanzenschutzmitteln (PSM)

Pflanzenschutzmittel sind chemische Verbindungen, die in erster Linie zum Schutz von Nutzpflanzen vor Schädlingsbefall durch – zum Beispiel Insekten oder Pilze – eingesetzt werden, oder einen konkurrierenden Pflanzenwuchs unterbinden sollen. Diese hochwirksamen Verbindungen werden z.T. nur langsam abgebaut, dürfen aber in Lebensmitteln und dem Trinkwasser nur in geringen Spuren vorkommen. Der Gesetzgeber hat für Einzelsubstanzen im Trinkwasser einen Grenzwert von 100 ng/l festgelegt und für die Summe aller nachgewiesenen Einzelsubstanzen einen Maximalwert von 500 ng/l.

Die Pflanzenschutzmittel wurden neben den wasserchemischen Parametern sowohl in den Längsuntersuchungen als auch der zeitdichten Ruhrüberwachung 2020 mit gut 5.000 Analysen durchgeführt. Die Ergebnisse aus den Untersuchungen werden in der Tabelle 24.5 als Überschreitungsstatistik zusammengefasst.

Für die Kooperation Landwirtschaft/Wasserwirtschaft an der Ruhr wird durch die nachfolgend dargestellten Ergebnisse zu den Nährstoffen und Pflanzenschutzmitteln die Berichterstattung für das laufende Jahr gewährleistet. Wie in den Vorjahren werden diese Ergebnisse im Beirat der Kooperation diskutiert und fließen in die Tätigkeit der von den Wasserversorgungsunternehmen finanzierten Berater ein.

### **Kommentierung der Ergebnisse 2020**

Seit der Aufgabe des Wasserwerkes in Bochum wird die Messstelle Stiepel nicht mehr beprobt, so dass zwischen Witten und Essen-Rellinghausen keine Daten mehr vorliegen.

**Niederschläge und Abfluss:** Das Jahr 2020 zeichnete sich bei den Niederschlägen erneut als ein sehr trockenes Jahr aus. Nachdem in den Vorjahren seit 2010 meist schon niedrigere Niederschlagsmengen im Vergleich zum Durchschnitt zu verzeichnen waren, erreichten die Regenmengen im Jahr 2018 nur ca. 70 % des langjährigen Durchschnitts. Auch das Jahr 2019 wies mit knapp 83 % ein Niederschlagsdefizit auf. Im Jahr 2020 fielen nur ca. 76 % der durchschnittlichen Niederschläge, so dass sich die Veränderung in den klimatischen Bedingungen mit geringeren Regenmengen zu festigen scheint. Dabei traten die hauptsächlichen Niederschläge vor allem in den Monaten Februar und März auf. Hier lagen die beiden einzigen Monate, die ergiebige Niederschläge aufwiesen und deutlich über dem Durchschnitt lagen, während in den übrigen Monaten die durchschnittlichen Mengen in keinem Monat erreicht wurden. Auch im Dezember erreichten die Niederschläge bei Weitem nicht die Höhe des langjährigen Mittels. Damit verschieben sich die hauptsächlichen Niederschläge auf einen sehr kurzen Zeitraum am Ende des Winters. Diese Niederschlagsdefizite der letzten Jahre wirken sich auch auf die Bodenfeuchte aus, so dass selbst bei größeren Niederschlägen inzwischen nur geringe Abflüsse in die Stauseen und die Ruhr zu beobachten sind (2013 71 %, 2014 75 %, 2015 90 %, 2016 81 %, 2017 91 %, 2018 70 %, 2019 83 % Quelle: DGJ-Seiten Ruhrverband).

Die Niederschläge spiegelten sich im Abfluss der Ruhr wider: nach den hohen Abflüssen im Januar erreichte der Abfluss im März bei den höchsten Niederschlägen seine Spitze mit 421 m<sup>3</sup>/s (Pegel Hattingen). Zwischen April und November lagen die Abflüsse deshalb -trotz der Stützung aus den Talsperren- deutlich unter den Durchschnittswerten.

Auch im Jahr 2020 wurde der Abfluss durch die Nord- und Südgruppe der Talsperren gestützt, wobei die Stützung des Abflusses durch die Nordgruppe erneut eine starke Belastung der Wasserressourcen in den Talsperren erzeugte. Erneut musste im Jahr 2020 für die Nordgruppe eine Reduktion des Mindestabflusses beantragt werden, um die weitere Absenkung in den Talsperren einzuschränken. Der Ruhrabfluss am Pegel Hattingen wird als ergänzende Information zur Einordnung der Konzentrationen an Wasserinhaltsstoffen in den Abbildungen 24.9 bis 24.33 aufgeführt.

**Temperaturen:** Auch das Jahr 2020 war nach den vorangehenden trockenen und warmen Jahren erneut durch überdurchschnittliche Lufttemperaturen gekennzeichnet: so stellte der Jahresmittelwert für Nordrhein-Westfalen mit einem Wert von 11,1 °C ein neuen Allzeitrekord dar, lag mit 2,1 °C über dem Wert der Referenzperiode von 1961 – 1990 (Quelle: KlimaAtlas.NRW.de). Trotz des Temperaturrekordes in 2020 lagen die in der Ruhr gemessenen Wassertemperaturen etwas unter den Werten aus dem Jahr 2019, allerdings wurde auch in 2020 an zwei Messstellen die 25 °C Marke im Bereich der mittleren Ruhr überschritten (Bild 24.9). Im Vergleich zum Vorjahr lagen die Maxima der Wassertemperatur jedoch erst Ende Juli bis Mitte August und sind damit gegenüber 2019 um gut einen Monat verschoben. Wie in den Vorjahren traten Maxima der Temperatur nach den Stauhaltungen auf. Der Zielwert des Fließgewässermemorandums von 25 °C wurde an zwei Messstellen ab dem mittleren Flussverlauf erreicht und nur an einer Stelle einmalig geringfügig überschritten (Tab. 24.4). Die drei Überschreitungen traten innerhalb eines kurzen Zeitfensters von vier Tagen im August auf; eine dauerhafte thermische Belastung über einen längeren Zeitraum konnte damit ausgeschlossen werden. Neben hohen Temperaturen, die für den August mit 3,4 °C über dem Mittel der Referenzperiode lagen (DWD), könnte aber auch der geringe Abfluss mit für die hohen Temperaturen verantwortlich sein. An weiteren Messstellen konnte auf Grund der geringeren Datendichte diese Überschreitung des Zielwertes nicht nachgewiesen werden. Im oberhalb liegenden Ruhrabschnitt waren keine Überschreitungen festzustellen.

Auch in der Ruhrlängsuntersuchung im August konnte dieses Temperaturprofil nachgewiesen werden: hier war ab dem mittleren Ruhrabschnitt mit den Staustufen eine stetige Temperaturzunahme bei der Probenahme Anfang August zu verzeichnen (Bild 24.1).

**Leitfähigkeit und Salze:** Die Leitfähigkeit und Salze werden vor allem durch die Abflüsse beeinflusst. In dem Messprogramm wird neben der Leitfähigkeit das Chlorid untersucht (Bild 24.10 und 24.11). Der parallele jahreszeitliche Verlauf dieser Parameter spiegelt gegenläufig den Abfluss in der Ruhr wider: nach den niedrigsten Werten im Februar und März war in allen Probenahmestellen entlang der Ruhr eine Zunahme über den weiteren Jahresverlauf zu messen, der erst zu Jahres-

ende mit den einsetzenden Niederschlägen und steigenden Abflüssen geringfügig abfiel. Ursächlich für den Verlauf von Leitfähigkeit und Chlorid sind die fehlenden Verdünnungseffekte durch Niederschläge und die niedrigen Abflüsse. Im Vergleich zum Vorjahr wurden aber 2020 weder höhere Leitwerte oder Chloridkonzentrationen ermittelt noch die sehr hohen Leitwerte aus dem Jahr 2018 erneut erreicht.

Die stark vom Abfluss abhängige Leitfähigkeit wurde auch in den Ruhrlängsuntersuchungen sichtbar (Bild 24.1): in der Winter- und der Frühjahrsuntersuchung waren noch weitgehend ausgeglichene Leitfähigkeiten im Ruhrverlauf zu messen, während in der Beprobung im Sommer und Herbst die Werte über den Ruhrverlauf deutlich zunahmen und im Jahresverlauf auf Grund des ausbleibenden Niederschlags im Oktober weiter anstiegen. Wie in den Vorjahren wurden Leitfähigkeit und Chloridgehalt durch den Zustrom der Lenne (km 92) abgesenkt, während nach dem Zustrom des Ölbachs (km 67) ein deutlicher Anstieg auftrat. Begründet ist dies durch das große Einzugsgebiet der Lenne mit wenig Einträgen, so dass der Zufluss zu einer Verdünnung der Salzfrachten führt, während der Ölbach durch den Einfluss der Sumpfungswässer aus dem tiefen Bergbau eine hohe Salzfracht mit sich führt (Bild 24.10 und 24.11). Trotz dieser Einleitung (vgl. Tab. 24.3) und des niedrigen Abflusses bleiben beide Parameter über den gesamten Verlauf der Ruhr unterhalb des Zielwertes des Fließgewässersmemorandums (Tab. 24.4).

Neben dem Chlorid wurden in der Ruhrlängsuntersuchung weitere Elemente der Salzfracht wie Natrium, Kalium, Magnesium, Calcium und Fluorid untersucht. Für Natrium, Kalium und Magnesium konnte eine parallele Konzentrationserhöhung im Ruhrverlauf bei der Längsuntersuchung festgestellt werden (Bild 24.4).

Auffällig waren hier vor allem das Natrium, das in der Sommer- und der Herbstuntersuchung nach dem Zustrom des Ölbachs einen deutlichen Anstieg aufwies. Eine vergleichbare Konzentrationszunahme wurde auch beim Barium hinter dem Zustrom des Ölbachs in der Herbstmessung nachgewiesen (Bild 24.7). Dieser Eintrag an Salzen und dem Barium ist wahrscheinlich auf den Zustrom des Grubenwassers aus dem Bergbau zurückzuführen. Über den Ölbach werden aus den beiden Gruben Robert Müser und Heinrich die Sumpfungswässer abgeleitet.

Neben dem Barium wurde in der Längsuntersuchung das Borat-Bor untersucht, das auf anthropogene Einflüsse rückschließen lässt. Nach dem Zustrom des Ölbachs waren in den Zeiten der niedrigen Abflüsse im Sommer und Herbst Konzentrationsanstiege in der Ruhr nachweisbar. So wurde im oberen Ruhrverlauf im Bereich von Arnsberg bis zur Mündung der Möhne ein erster Anstieg gemessen. Weitere Erhöhungen der Konzentrationen erfolgten nach den Zuflüssen des Baarbachs in Schwerte, des Ölbachs in Bochum sowie des Deilbachs in Essen (Bild 24.7).

**Trübung:** Im Ruhrverlauf treten Trübungen vor allem durch die Mobilisierung von Sedimenten bei hohen Abflüssen und Hochwasser auf. In den zeitdichten Untersuchungen der Unternehmen wurden entsprechend die höchsten Werte im Frühjahr im Februar und März vorgefunden. Dabei traten die höchsten Werte im mittleren Ruhrabschnitt im Bereich von Schwerte auf, die weder im oberen Verlauf noch im nachgelagerten Fluss gefunden wurden (Bild 24.12). Dies weist auf ein lokales Ereignis hin, bei dem sich die Mobilisierung im weiteren Ruhrverlauf nur stark abgeschwächt nachweisen lässt. Über den weiteren Jahresgang waren dann auf Grund des niedrigen Abflusses keine weiteren Trübungsereignisse festzustellen, bis sich am Ende des Dezembers die Niederschläge wieder auswirkten.

Erhöhte Trübungswerte konnten in der Frühjahrsuntersuchung Anfang März auch in der Längsuntersuchung der Ruhr bestimmt werden. Allerdings erreichten sie nicht die Spitzenwerte der zeitdichten Untersuchungen, da sich zum Zeitpunkt der Längsanalyse bereits die lokal aufgetretenen Maxima wieder abgeschwächt hatten (Bild 24.1). Die übrigen Untersuchungen wiesen entsprechend der Wasserführung ein sehr niedriges Niveau bei den Trübungen auf (Bild 24.1).

**Chlorophyll, Sauerstoff und pH-Werte:** Diese drei Parameter werden zusammen bewertet, da sie in einem biologisch aktiven Gewässer direkt voneinander abhängen und sich gegenseitig beeinflussen. Der Parameter Chlorophyll a (Chl-a) dient als Größe für das Wachstum von pelagischen Algen (Bild 24.13). Bei dem Auftreten der Stoffwechselaktivität von Algen werden im Wasserkörper der pH-Wert (Bild 24.14) und der Sauerstoffgehalt (Bild 24.15) durch Entzug von CO<sub>2</sub> bzw. die Freisetzung von O<sub>2</sub> beeinflusst. Wie in den Jahren zuvor spielt das Wachstum von Algen an der oberen Ruhr nur eine untergeordnete Rolle. Erst ab den größeren Stauhaltungen der Ruhr ab dem Bereich Hagen tritt im Frühjahr nennenswertes Algenwachstum auf, das anhand des Chlorophylls nachgewiesen werden kann. Ab April konnten an den Probenstellen Hengstey, Witten und Essen steigende Chlorophyllgehalte beobachtet werden. Die höchsten Konzentrationen wurden an der Probestelle Essen-Rellinghausen im April nachgewiesen, im August trat eine zweite Entwicklung mit geringeren Chlorophyllgehalten an dieser Messstelle auf (Bild 24.13). Im Vergleich zum Vorjahr lagen die Konzentrationen erneut niedriger. Damit setzte sich auch im Jahr 2020 der Trend zu abnehmenden Konzentrationen von Chlorophyll fort. In den Längsuntersuchungen liegen nur Werte aus der Frühjahrs- und Herbstuntersuchung vor. Da diese Messreihen außerhalb der Algenentwicklungen lagen, konnten in beiden Untersuchungsreihen keine nennenswerten Chlorophyllkonzentrationen nachgewiesen werden (Bild 24.3).

Für die pH-Werte stellt eine starke Algenentwicklung einen entscheidenden Faktor dar: durch den Algenstoffwechsel wird Kohlendioxid gebunden, das mit der Kohlensäure im Gewässer im Gleichgewicht steht und dadurch ebenfalls entzogen wird.

Dadurch tritt eine Anhebung der pH-Werte bei einer Algenentwicklung im Fluss auf. Für die beiden Zeiträume im April und August konnten entsprechende Anstiege in der mittleren Ruhr gemessen werden, besonders deutlich war dies an der Messstelle in Essen-Rellinghausen (Bild 24.14). Im oberen Ruhrverlauf waren dagegen ausgeglichene pH-Werte zu finden, da hier kein Algenwachstum aufgetreten war.

In der Längsuntersuchung wurden in allen vier Untersuchungsreihen keine großen Unterschiede in den pH-Werten gemessen, da diese nicht zu den Zeiten des Algenwachstums durchgeführt wurden (Bild 24.1)

Der gelöste Sauerstoff kann als Produkt aus der Photosynthese als weiterer Parameter durch eine Entwicklung von Algen entscheidend beeinflusst werden. Neben der Freisetzung durch die Algen wird das Gas Sauerstoff vor allem noch durch die Löslichkeit auf Grund der Abhängigkeit von der Wassertemperatur maßgeblich beeinflusst. Für das Jahr 2020 wurden jedoch keine deutlichen Zusammenhänge mit dem Algenwachstum bei den Untersuchungen vorgefunden. Die Beeinflussung des Sauerstoffgehaltes durch die höheren Temperaturen wirkte sich entsprechend aus: hier war in allen Messreihen die geringste Konzentration in den Sommermonaten nachweisbar (Bild 24.15).

Wie in den Vorjahren lagen die Minimalwerte bei den Sauerstoffmessungen unterhalb der Zielwerte aus dem Fließgewässermemorandum. An der oberen Ruhr lagen die Werte nur geringfügig unter dem Zielwert von 8 mg/l Sauerstoff. Im weiteren Ruhrverlauf fielen sie weiter ab, wiesen aber mit Minimalgehalten von meist > 5 mg/l noch ausreichende Gehalte für die Fauna im Fluss auf (Bild 24.15). Insgesamt lagen etwa 10 % der Werte unterhalb des Zielbereichs und damit deutlich seltener als im Vorjahr (ca. 12,5 %; Tab. 24.4).

Die Längsuntersuchungen bestätigen diese positive Entwicklung in den Sauerstoffgehalten: hier wurden in der Sommer- und der Herbstuntersuchung eine Abnahme im Ruhrverlauf deutlich, aber auch die nur geringe Unterschreitung des Zielwertes an der unteren Ruhr (Bild 24.3).

**Nährstoffe, UV-Absorption und gebundener Kohlenstoff:** Neben Kohlenstoff und Sauerstoff werden durch die Vegetation im Gewässer und dem angrenzenden Umland Nährstoffe aufgenommen oder freigesetzt, so dass ein jahreszeitlicher Rhythmus auftreten kann. Da diese Nährstoffe aber auch durch die Landwirtschaft in die Kulturpflanzen ausgebracht werden, können die natürlichen Stoffflüsse überlagert werden. Ein weiterer Eintrag in das Gewässer erfolgt über Einleitungen aus Abwasseranlagen oder Abschlüge bei Starkregenereignissen. Entscheidend für das Pflanzenwachstum im Gewässer sind vor allem die Makronährstoffe Phosphat und Stickstoffe.

Bei den Untersuchungen wurden neben dem Phosphat auch die Stickstoffverbindungen Ammonium und Nitrat analysiert. Vor allem das Phosphat stellt in Gewässern einen limitierenden Nährstoff dar (Bild 24.18). Aus der landwirtschaftlichen Anwendung wird Phosphat nur bei großem Überschuss aus dem Boden ausgetragen, kann aber auch durch oberflächliche Abschwemmung in die Gewässer gelangen. Bei der Phosphatuntersuchung traten im oberen und mittleren Ruhrverlauf nur geringe Schwankungen auf. Ab der Messstelle Hengstey waren nach den Monaten März und April mit der größten Phosphatzehrung ab April leicht ansteigende Werte nachweisbar. Vor allem im unteren Ruhrverlauf in Essen wurden höhere Konzentrationen an Phosphat gemessen. Bei den Phosphatkonzentrationen wurde der jahreszeitliche Trend durch lokale Konzentrationsspitzen überlagert, die sich nicht über den Ruhrverlauf durchsetzten. Gegenüber dem Vorjahr lagen die Konzentrationen geringfügig niedriger, trotz der Absenkung des Minimalabflusses über einen weiten Bereich des Sommerhalbjahres.

Für Phosphat liegen bei den Längsuntersuchungen nur die Messreihen aus dem Frühjahr und dem Herbst vor. Im Frühjahr konnte ein niedrigerer Phosphatgehalt auf Grund des höheren Abflusses nachgewiesen werden, der im Ruhrverlauf nur geringfügig zunahm. In der Herbstuntersuchung lagen alle Werte über den Konzentrationen des Frühjahres, wobei im oberen Ruhrlauf bis zum Zustrom der Möhne deutlich erhöhte Werte auftraten. Eine leichte Zunahme ist hinter dem Zulauf der Lenne festzustellen (Bild 24.2). Erneut trat eine deutliche Steigerung des Phosphatgehalts in der Herbstmessung im Verlauf des Baldeneysees auf.

Als weitere Nährstoffe wurden das Ammonium und das Nitrat untersucht, die als primäre Abbauprodukte bzw. Stickstoffquellen bewertet werden können. Das Ammonium aus dem Abbau organischer Substanzen trat in der oberen Ruhr vor allem in den Wintermonaten mit einzelnen Spitzenkonzentrationen auf. Als Ursache kann eine eingeschränkte Elimination bei niedrigen Temperaturen angenommen werden (Bild 24.16). Ab dem mittleren Ruhrverlauf waren die höchsten Werte nicht mehr den Jahreszeiten zuzuordnen. Im Vergleich zum Vorjahr lagen aber sowohl die Spitzenkonzentrationen als auch der Gehalt insgesamt auf einem niedrigeren Niveau, so dass im Jahr 2020 keine Überschreitungen bei den Zielwerten des Fließgewässermemorandums auftraten.

Für das Nitrat als Stickstoffquelle konnte in der zeitdichten Untersuchung der jahreszeitliche Verlauf nachgewiesen werden. In den Zeiten ohne starkes Wachstum wurden die höchsten Werte ermittelt. Spätestens ab April nahm der Gehalt dann über die Vegetationsperiode bis in den Herbst hinein ab, bevor die Konzentrationen zum Winter wieder anstiegen (Bild 24.17).

In den Ruhrlängsuntersuchungen konnte diese jahreszeitliche Entwicklung nachvollzogen werden: dabei wurden unterschiedliche Konzentrationsniveaus gemessen. Bei dem Ammonium waren einzelne Spitzen im Sommer und Herbst festzustellen (Bild 24.2). Für Nitrat lagen die Werte in der Sommer- und Herbstuntersuchung über den Ruhrverlauf niedriger als die Werte in der Winter- und Frühjahrsuntersuchung. Als weitere Stickstoffverbindung wird in der Längsuntersuchung auch das Nitrit bestimmt, das als Übergangsprodukt von Ammonium zu Nitrat angesehen werden kann. Sein Verlauf in der Ruhr entsprach in etwa dem des Nitrates, wies aber auch Spitzen auf, wie sie beim Ammonium auftraten.

Organische Kohlenstoffverbindungen werden im natürlichen Habitat durch biologische Aktivität gebildet oder entstehen durch den Abbau von biologischem Material. Dies kann auch durch anthropogene Einträge erfolgen. In der zeitdichten Untersuchung wurden die gelösten Kohlenstoffe in der oberen und mittleren Ruhr auf einem durchgängig hohen Niveau bestimmt (Bild 24.19). Nur an der Messstelle Essen-Rellinghausen konnte mit der sehr hohen Untersuchungshäufigkeit ein differenzierter Verlauf bestimmt werden, wobei dort auch der Spitzenwert gemessen wurde. Dabei trat ein leichter Anstieg des Kohlenstoffs in den Sommermonaten auf, nachdem zu Beginn der Vegetationszeiten die Minima nachgewiesen wurden. Im Vergleich zum Vorjahr lagen die Werte für den Kohlenstoff etwas niedriger, allerdings wiesen sowohl die Spitzenwerte als auch die 90er-Perzentile eine durchgängige, wenn auch niedrige Überschreitung der Zielwerte des Gewässerememorandums auf.

Die Beobachtung der höchsten Werte im Sommer und Herbst wird auch durch die Werte aus den Längsuntersuchungen gestützt: etwas erhöhte Werte waren in der Sommermessung gegenüber dem Winter und Frühjahr gemessen worden. In der Herbstmessung wurden an der oberen und der unteren Ruhr aber Spitzen nachgewiesen, die noch über den Werten aus der zeitdichten Messung lagen (Bild 24.2).

Organische Substanzen können auch durch die UV-Adsorption bei 254 nm nachgewiesen werden. Bei der UV-Adsorption werden unter den Kohlenstoffverbindungen vor allem Peptide sehr sensitiv nachgewiesen. Meist weist dieser Parameter einen parallelen Verlauf zum DOC auf (Bild 24.20). Bei den Messungen wurden auch in der oberen Ruhr deutlichere Unterschiede nachgewiesen: hier konnte nach den Freisetzungen bei den hohen Abflüssen die leichte Zunahme über den Sommer dokumentiert werden.

Auch der Verlauf der UV-Adsorption in den Längsuntersuchungen ist weitgehend mit dem DOC-Verlauf ähnlich und weist die gleichen abgestuften Niveaus auf. Nur bei der Herbstmessung war eine deutliche Diskrepanz zwischen der UV-Löschung und dem DOC festzustellen, für die bisher keine Ursache gefunden werden konnte (Bild 24.1).

Als weiteres optisches Verfahren wird die Messung der Farbe in den beiden Messreihen vorgenommen. Auch bei der Farbmessung bei 436 nm wurden nur geringe Schwankungen im Jahresverlauf festgestellt (Bild 24.21). Ebenfalls waren in der Längsuntersuchung nur geringe Niveauunterschiede in den Messreihen messbar, allerdings wies dieser Parameter keine Änderung über den Ruhrverlauf auf. (Bild 24.2).

Als dritter Parameter zur Untersuchung von organischen Belastungen kann der chemische Sauerstoffbedarf herangezogen werden, der in der Längsuntersuchung für 2020 in der Winter- und der Sommeruntersuchung mit erfasst wurde (Bild 24.3). Wie in den Vorjahren lagen hier die Werte für die Sommeruntersuchung über den Werten aus dem Winter. Ursache für die höheren Werte dürfte hier der geringere Abfluss und/oder die Freisetzung von organischem Material durch die biologische Aktivität sein.

**Metalle:** Die verschiedenen Labore bestimmen die Metalle mit unterschiedlichen Bestimmungsgrenzen. Durch höhere Bestimmungsgrenzen können teilweise keine Verläufe für die Werte nachgewiesen werden. Bei Cadmium lagen die Bestimmungsgrenzen z.B. zwischen 0,01 und 0,30 µg/l. Bei den höheren Grenzen konnte deshalb nur bei Einzelwerten eine Quantifizierung stattfinden. In Essen-Rellinghausen wurden dagegen mit der niedrigsten Bestimmungsgrenze Werte ermittelt, die einen Verlauf zeigten, der mit den Abflüssen stark korrelierte (Bild 24.22). Trotz der starken Mobilisierung in den Zeiten des höheren Abflusses wurden hier nie Werte erreicht, die den Grenzwert der Trinkwasserverordnung (3 µg/l) erreicht oder gefährdet hätten. Auch bei Chrom wurden unterschiedliche Bestimmungsgrenzen angewendet. So konnten hier nur an den Probestellen in Essen, Hagen und in Warmen Werte ermittelt werden. Auch der Verlauf der Chromkonzentration folgte strikt dem Abfluss in der Ruhr und war ebenfalls weit von dem Grenzwert der Trinkwasserverordnung (50 µg/l) entfernt (Bild 24.23). Als weiteres Metall wurde das Nickel mit Bestimmungsgrenzen von 1,0 und 2,0 µg/l nachgewiesen. Auch dieses Metall korrelierte stark mit dem Abfluss, so dass hier wie zuvor von einer Remobilisierung des Metalls aus den Sedimenten auszugehen ist (Bild 24.24). In den statistischen Auswertungen ist auf Grund der niedrigeren Bestimmungsgrenze nur an der Messstelle Essen eine Auswertung möglich, die keine hohen Belastungen aufzeigen konnte.

Im Gegensatz zu den vorgenannten Metallen war bei dem gelösten Mangan an nahezu allen Messtellen ein Verlauf nachweisbar. Für das Mangan korrelierten die gemessenen Konzentrationen nicht mit den Abflüssen. Konzentrationsspitzen

wurden zu allen Abflusssituationen nachgewiesen (Bild 24.25). Vor allem ab der mittleren Ruhr ab Westhofen traten hier Konzentrationsspitzen auf, die eine Belastung außerhalb einer Remobilisierung nachwies. Ausgeglichere Verläufe waren erst ab der Messstelle Essen gefunden worden.

In den vier Längsuntersuchungen der Ruhr wurden für die Schwermetalle diese Befunde bestätigt: neben Cadmium, Chrom und Nickel wurden hier auch noch Kupfer, Blei und Zink bestimmt (Bild 24.5). Die Metalle konnten hier nur in den Messungen mit niedriger Bestimmungsgrenze vor allem in der Frühjahrs- und der Herbstmessung nachgewiesen werden. Dabei wurde in der Frühjahrsmessung für Cadmium und Zink vor allem im Oberlauf eine Remobilisierung aus den Sedimenten bei dem höheren Abfluss nachgewiesen, während die Metalle Chrom, Kupfer und Blei eher eine Anreicherung über den gesamten Ruhrverlauf aufwiesen. Wie in den Vorjahren konnte ab der Mündung der Möhne ein Konzentrationsanstieg für Nickel in allen Messungen nachgewiesen werden. Als weiteres Metall konnte für das Eisen die Remobilisierung anhand der deutlich unterschiedlichen Gehalte zwischen dem gesamten Eisen und dem gelösten Eisen nachgewiesen werden: das Gesamteisen wurde bei erhöhten Abflüssen mobilisiert und wurde vor allem in der Winter- und Frühjahrsmessung gemessen (Bild 24.6). Die gelöste Fraktion wies eine deutlich reduzierte Konzentration auf und lag auch in der Frühjahrsmessung auf einem Konzentrationsniveau von ca. 10 % zum Gesamteisen.

**Anthropogene Spurenstoffe:** Die Beeinflussung der Wasserqualität durch die menschliche Aktivität wird vor allem durch die anthropogenen Spurenstoffe sichtbar. Bei den zeitdichten Untersuchungen der AWWR werden jedoch nur wenige Substanzen untersucht. Über das spezielle Untersuchungsprogramm auf Spurenstoffe der AWWR wird im Kapitel 16 berichtet.

Als anthropogener Summenparameter wird der Parameter Adsorbierbare-organische-Halogene (AOX) bestimmt (Bild 24.26). In diesem Parameter sind vor allem Halogenverbindungen aus Industriechemikalien und Pestiziden zu finden. Natürliche Halogenverbindungen sind diesen vor allem im limnischen Bereich deutlich untergeordnet. Die organischen Verbindungen mit mindestens einem Chlor-, Brom- oder Jod-Atom werden nachgewiesen. Fluorhaltige Verbindungen, wie die Perfluorierten Tenside (PFT oder PFAS), werden durch diesen Nachweis nicht erfasst. Auch bei diesem Parameter wurden unterschiedliche Bestimmungsgrenzen durch die Labore angewendet. So konnte mit einer Bestimmungsgrenze von 5 µg/l in Essen-Rellinghausen durchgängig die Konzentrationsentwicklung im Jahresverlauf nachgewiesen werden. Durch die sehr zeitdichte Untersuchung mit 129 Analysen wurde hier auch der Spitzenwert mit 35 µg/l gemessen. An den übrigen Messstellen wurden mit einer Bestimmungsgrenze von 10 µg/l nur die Spitzenwerte der Konzentrationen als Messwert erfasst. Eine statische Auswertung ist deshalb an diesen Messstellen nicht sinnvoll. Insgesamt lässt sich jedoch ein Trend zu höheren Konzentrationen mit dem Ruhrverlauf deutlich

feststellen, wobei hohe Werte nur vereinzelt auftraten. Vergleichbare Werte konnten auch in den Ruhrlängsuntersuchungen gemessen werden (Bild 24.6). Wie im Vorjahr wurden hier aber trotz der niedrigen Abflüsse bei der Herbstuntersuchung niedrige Werte ermittelt.

Die kurzketigen Chlorkohlenwasserstoffe Tetrachlorethen (Bild 24.27) und Trichlorethen (Bild 24.28) wiesen wie zuvor auch im Jahr 2020 in allen Messungen Werte unterhalb der Bestimmungsgrenze auf.

Als weitere Parametergruppe anthropogenen Ursprungs werden in der Ruhr die Komplexbildner nachgewiesen, die durch Einträge aus der Abwasserbehandlung in allen Flusssystemen auftreten. Im Monitoring der Ruhr werden drei Verbindungen untersucht - DTPA, EDTA und NTA. Auch beim DTPA (Diethylenetriaminpentaessigsäure) wurden unterschiedliche Bestimmungsgrenzen genutzt. Obwohl an der unteren Ruhr mit der niedrigen Nachweisgrenze untersucht wurde, gab es in keiner Messung einen messbaren Nachweis für diesen Komplexbildner (Bild 24.29). Damit wurde nach den sehr hohen Belastungen nun nachgewiesen, dass die Ruhr nahezu frei von diesem Komplexbildner zu sein scheint.

Eine weitere Verbreitung in der Anwendung aber auch dem Nachweis zeigt der Komplexbildner EDTA (Ethyldiamintetraessigsäure). EDTA wird aus industriellen und häuslichen Anwendungen freigesetzt, kann aber auch aus einem Abbau anderer Komplexbildner wie dem DTPA freigesetzt werden. Im Verlauf der Ruhr wurde EDTA durchgängig nachgewiesen (Bild 24.30). Obwohl auch EDTA in den letzten Jahren einen Rückgang aufwies, der z. B. als Abbauprodukt aus dem DTPA resultierte, hat sich 2020 dieser Trend nicht fortgesetzt. Sowohl in den Maximalkonzentrationen als auch in den 90er-Perzentilwerten lagen die Werte über denen des Vorjahres. Vor allem in der oberen Ruhr stiegen die Werte. Diese Entwicklung dürfte auf den reduzierten Abfluss im Jahr 2020 zurückzuführen sein: auf Grund der großen Stabilität dieser Verbindung und den diffusen und punktuellen Einträgen in das Gewässer wirkt sich die Abflussmenge auf die Konzentrationen in der Ruhr aus.

Der dritte untersuchte Komplexbildner, die Nitrioloessigsäure (NTA), für den eine Abbaubarkeit beschrieben ist, wurde 2020 erneut nicht mit Konzentrationen oberhalb seiner Bestimmungsgrenze aufgefunden (Bild 24.31).

Die Befunde aus den zeitdichten Untersuchungen wurden in den Ruhrlängsuntersuchungen wiedergefunden (Bild 24.7). Bei den niedrigen Abflüssen während der Herbstuntersuchung wurden im Bereich der oberen Ruhr im Bereich von Arnsberg Belastungen durch EDTA nachgewiesen, die durch den Zustrom der Möhne reduziert wurden. Nach einem geringen Anstieg am Zustrom des Baarbachs wurde dann hinter dem Lenzfluss erneut ein starker Anstieg von EDTA beobachtet, der im weiteren Verlauf durch Verdünnungseffekte erneut reduziert wurde.

**Gewässerhygiene:** Der hygienische Zustand der Ruhr wurde 2020 zum zweiten Mal sowohl über die Coliformen Bakterien (Bild 24.32) als auch *Escherichia coli* bestimmt (Bild 24.33). Die Datenreihen für die beiden Parameter wiesen einen vergleichbaren Verlauf auf. Zum Jahresbeginn wurden bei den höheren Abflüssen vor allem Belastungen in der oberen Ruhr nachgewiesen, die mit den Abflüssen korrelierten, während sich im unteren Ruhrverlauf nach den Stauhaltungen diese Einflüsse nicht so stark durchsetzten. Im weiteren Jahresverlauf traten in der oberen Ruhr nur kleinere Koloniezahlen örtlich begrenzt auf, die sich im weiteren Flussabschnitt nicht weiter auswirkten. Bei den Nachweisen lagen die coliformen Bakterien immer etwa mit dem doppelten Wert gegenüber den *E. coli* vor.

Auch in den Ruhrlängsuntersuchungen konnten diese Befunde bestätigt werden: hier wurden in der Winter- und der Frühjahruntersuchung die höchsten Zahlen nachgewiesen, allerdings traten sie im Winter in der mittleren Ruhr auf, während im Frühjahr die höchsten Bakterienzahlen nach Zufluss des Ölbachs in der unteren Ruhr bestimmt wurden (Bild 24.3).

**Pflanzenschutzmittel:** Wie in den Vorjahren sind bei den Pflanzenschutzmittel-Wirkstoffen (PSM) auch im Jahr 2020 nur vereinzelt Befunde festgestellt worden. Bei den gut 5.000 Analysen wurden nur sechs Wirkstoffe in der Ruhr nachgewiesen (Tabelle 24.5). Bei fünf Komponenten traten Nachweise nur in Einzelproben auf. Durch unterschiedliche Bestimmungsgrenzen werden hier aber auch schon Werte im einstelligen Nanogramm-Bereich mit aufgeführt. Nur das MCPA wies erneut eine Zunahme bei den Befunden auf. Hier wurden bei gut 22 % der Proben Nachweise oberhalb der Bestimmungsgrenze festgestellt. Dabei wurde sogar in einer Einzelprobe der Grenzwert von 100 ng/l überschritten. Nach den Rückgängen in den letzten Jahren ist dies ein Anstieg bei den Nachweisen, der vor allem auf den Nachweisen von MCPA (2-Methyl-4-chlorphenoxyessigsäure) beruht.

Das MCPA wurde mit deutlich höheren Zahlen nachgewiesen. Hierbei handelt es sich um ein Wuchsstoff-Herbizid, das sowohl in der Landwirtschaft als auch im Gartenbau Anwendung findet. Die Substanz ist vor allem mit niedrigen Konzentrationen gefunden worden. Ein Grund für die höhere Befundlage könnte deshalb der niedrigere Abfluss sein, der zu einer Konzentrationserhöhung über die Bestimmungsgrenze geführt hat.

**Nebengewässer:** Neben der Ruhr werden durch den Ruhrverband und das Hygiene-Institut mit vier Probenahmen die acht wichtigsten Nebengewässer untersucht. Die gemittelten Messwerte werden in Tabelle 24.3 zusammengefasst. Eine graphische Darstellung für sechs Wasserparameter der Zuflüsse wird in Bild 24.8 den Mittelwerten der Ruhr gegenübergestellt.

Bei den Nebengewässern sind in 2020 erneut einige Parameter mit deutlich erhöhten Werten aufgetreten, die damit eine punktuelle Belastung aus den Zuflüssen für die Ruhr darstellen können (Tabelle 24.3). Wie in den Vorjahren waren die höchsten Belastungen bei den Nebengewässern Baarbach und Ölbach festgestellt worden. Ein weiteres Gewässer mit deutlich erhöhten Werten mehrerer Parameter ist der Rinderbach.

Im Baarbach wurden sowohl Parameter durch die Einleitung aus häuslichem Abwasser wie Bor, Nitrat, Kalium, Magnesium und coliformen Bakterien sowie *E. coli* nachgewiesen, aber auch ein deutlicher Einfluss von industriellen Einleitungen wie EDTA, Mangan, Zink, Cadmium und die adsorbierbaren Halogene (AOX) war messbar.

Auch im Ölbach wurden erhöhte Werte bei den Salzen nachgewiesen, die vor allem durch die Sumpfungswässer des Bergbaus eingetragen werden dürften. Ebenfalls kann ein Einfluss von häuslichen Abwässern anhand der coliformen Bakterien und *E. coli* beobachtet werden und auch der Einfluss von einleitenden Industrien durch die AOX wurde nachgewiesen.

Der Rinderbach zeigt als Nebengewässer ebenfalls deutliche Einträge aus Haushaltungen durch die extrem hohen Bakterienzahlen, aber auch durch die Industrie mit den hohen Werten bei den Metallen und polycyclischen Kohlenwasserstoffen (PAK). PAK waren außerdem in der Hönne nachweisbar.

Im Bild 24.8 sind einige Parameter den Mittelwerten in der Ruhr gegenübergestellt. Aus der Abbildung wird deutlich, dass vor allem die drei Nebengewässer deutlich veränderte Qualitäten aufweisen, die auch die Wasserqualitäten in der Ruhr beeinflussen können. Neben den häuslichen Abwässern und industriellen Einleitungen spielt vor allem beim Ölbach die Einleitung von Grubenwässern eine maßgebliche Rolle. In der Abbildung wird der starke Einfluss durch die Grubenwässer beim Ölbach durch die Einleitung von Salzen (Elektrische Leitfähigkeit, Barium) sehr deutlich.

Für den Baarbach und den Rinderbach wird dagegen der industrielle Einfluss über die Metalle aber auch über das EDTA sehr deutlich.

**Zielwerte:** Die Zielwerte des Europäischen Fließgewässermemorandums werden seit 2017 für eine Bewertung verwendet. Im Jahr 2020 gab es eine Aktualisierung des Memorandums, bei der sich aber bei den Zielwerten keine Änderungen ergeben haben. Die Überschreitungen der Zielwerte aus dem Fließgewässermemorandum werden in Tabelle 24.4 zusammengefasst. Zur Orientierung werden ergänzend die Grenzwerte der Trinkwasserverordnung zur Beurteilung mit aufgeführt. Die Bewertung nach dem Fließgewässermemorandum basiert auf den Maximalwerten aus den Messreihen. Die frühere Bewertung an der Ruhr bezog sich dagegen auf die 90er-Perzentilwerte, da in dem kleineren Flussgebiet der Ruhr höhere Schwankungen auftreten können.

Die Tabelle 24.4 weist bei den Metallen Cadmium und Nickel keine Überschreitung der Grenzwerte der Trinkwasserverordnung (TrinkwV) auf. Ebenfalls wurde für die Stickstoffverbindungen weder eine Überschreitung der Grenzwerte der TrinkwV noch der strengeren Zielwerte des Memorandums festgestellt.

Bei dem gelösten organischen Kohlenstoff wird dagegen der Zielwert des Memorandums bei gut einem Drittel der Proben überschritten. Die Überschreitungen entsprechen den Beobachtungen aus den Vorjahren. Dabei ist die Häufigkeit der Überschreitungen nochmals leicht angestiegen. Selbst die Bewertung der Werte nach dem 90er-Perzentil weist eine Grundlast über den gesamten Ruhrverlauf auf (Bild 24.19). Wie in den vorangehenden Jahren wurde nur bei den Mittelwerten und dem Median der Zielwert von 3 mg/l unterschritten. Da auch der 10er-Perzentilwert noch einen Wert von 2/3tel des Zielwertes über den gesamten Ruhrverlauf aufweist, kann für die Ruhr von einer deutlichen Grundlast bei diesem Parameter ausgegangen werden, der auch aus natürlichen Quellen stammen kann.

Unter den anthropogenen Spurenstoffen waren für die leichten Kohlenwasserstoffe keine Überschreitungen bei den Zielwerten nachweisbar. Dagegen wurde bei den Komplexbildnern eine nahezu durchgängige Überschreitung für das EDTA gemessen. Wie aus den zeitdichten Untersuchungen hervorgeht, sind hier neben dem diffusen Eintrag auch Punktquellen mit ausschlaggebend (Bild 24.30 und 24.7). Bei EDTA lagen im Jahr 2020 auch die statistischen Werte etwas über den Werten der Vorjahre, obwohl die Häufigkeit der Überschreitungen auf dem gleichen Niveau bei 94 % geblieben ist. Für DTPA konnte auf Grund der hohen Bestimmungsgrenze keine eindeutige Aussage zu einer Überschreitung des 1 µg/l Zielwertes getroffen werden. NTA, als abbaubarer Komplexbildner, wies keine Überschreitungen auf.

2020 wurde einmalig auch der Zielwert bei den Pflanzenschutzmitteln überschritten. Insgesamt machte sich hier bei dem Wachstumsstoff MCPA wahrscheinlich der geringere Abfluss bei der Häufigkeit der Nachweise bemerkbar, allerdings lagen die nachgewiesenen Konzentrationen meist im sehr niedrigen Nanogrammbereich. Für die physikalischen Parameter pH-Wert, Temperatur und Sauerstoffgehalt war nur bei dem Sauerstoff eine häufigere Unterschreitung des Ziels von 8 mg/l nachgewiesen worden. Diese Unterschreitung in den Minimalwerten lag in allen Messstellen vor, allerdings wiesen die statistischen Werte aus, dass erst ab der Messstelle Witten auch eine Unterschreitung bei dem 10er-Perzentil auftrat. Trotz dieser Unterschreitungen wiesen die 10er-Perzentilwerte noch recht hohe Werte von 6,5 mg/l und mehr auf (Bild 24.15). Eine Unterschreitung des kritischen Wertes von 4 mg/l, der für Fische nicht unterschritten werden darf, wurde an keiner Messstelle vorgefunden (Tab. 24.4).

## Zusammenfassung

In dem erneut sehr trockenen Jahr 2020 mit durchgängig niedrigen Abflüssen ab März konnten bei den Güteparametern in der Ruhr meist vergleichbare oder verbesserte Werte nachgewiesen werden. Nur in wenigen Fällen ergab der reduzierte Abfluss eine Verschlechterung gegenüber den Vorjahren.

Durch die lange Phase der niedrigen Abflüsse konnten für einige Stoffe kritische Eintragsstellen ermittelt werden, da sich durch den Zustrom an verschiedenen Stellen Konzentrationserhöhungen bei Niedrigabfluss ergeben haben. So konnte für die Komplexbildner der positive Trend aus dem Vorjahr weiterverfolgt werden. Allerdings ergaben sich neben der früher ausschlaggebenden Punktquelle in Hagen weitere Eintragspfade für das EDTA, so dass insgesamt eine Überschreitung der Zielwerte im gesamten Flussgebiet festzustellen war.

Für die Pflanzenschutzmittel ergab sich durch die niedrigen Abflüsse eine Erhöhung der Nachweishäufigkeiten gegenüber den Vorjahren. Erneut wurde hier das MCPA mit der höchsten Häufigkeit nachgewiesen, wobei die Nachweise meist in sehr niedrigen Konzentrationsbereichen lagen. Einmalig wurde jedoch der Zielwert bzw. Grenzwert der Trinkwasserverordnung bei diesem Pflanzenschutzmittel im Oberflächenwasser überschritten.

In den Nebengewässern wurden erneut auffällige Belastungen nachgewiesen, die sich auch auf die Ruhr bei den niedrigen Abflüssen auswirkten. So wurde der Komplexbildner EDTA neben der Lenne erneut im Baarbach erhöht aufgefunden. Kritische Belastungen wurden aber auch in den Zuläufen des Ölbachs und Rinderbachs gefunden.

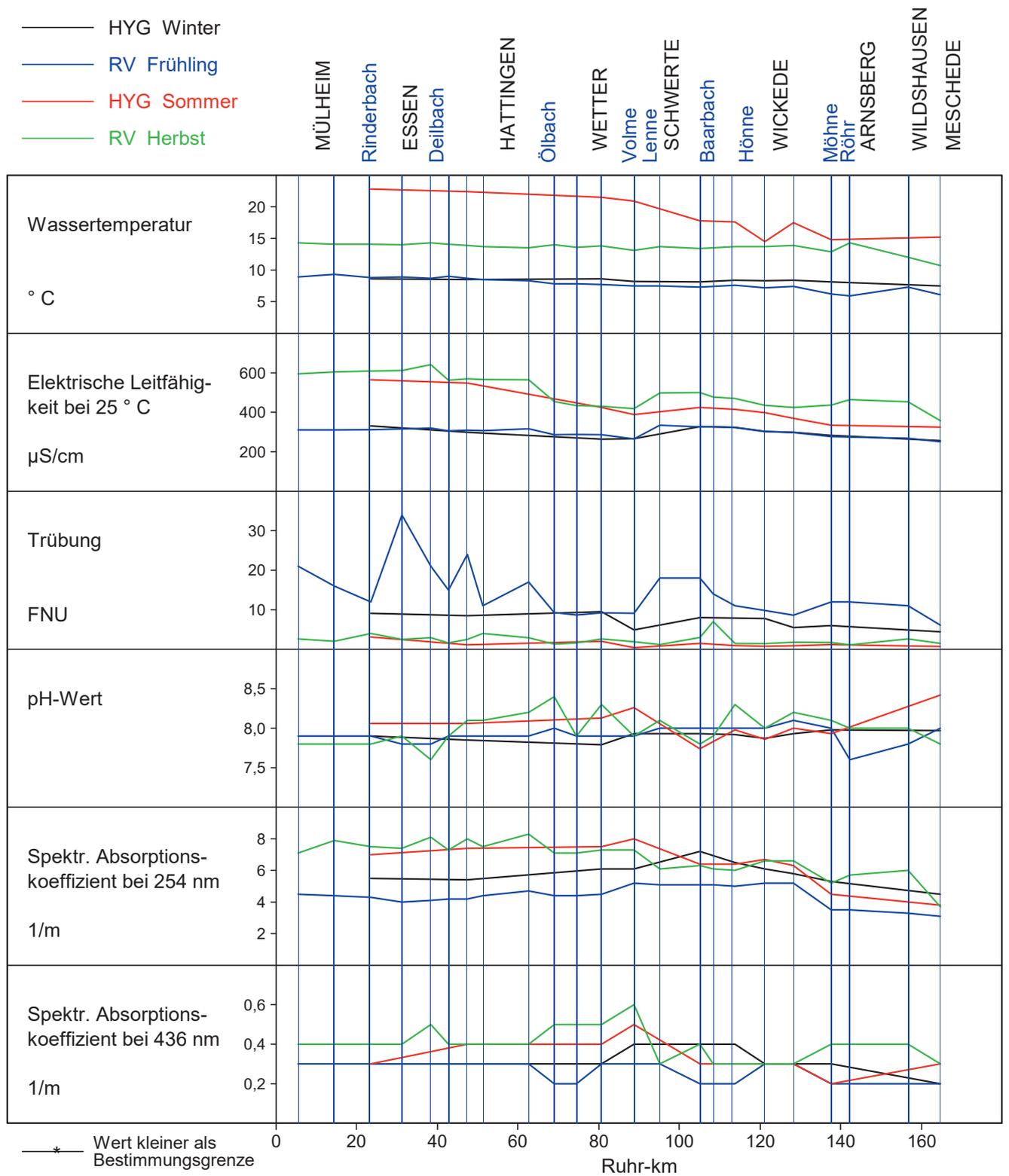


Bild 24.1: Die Wasserbeschaffenheit der Ruhr nach Analysen des AWWR-Ausschusses „Wassergüte“  
 Fig. 24.1: Water condition of the Ruhr according to analyses of the AWWR water quality committee

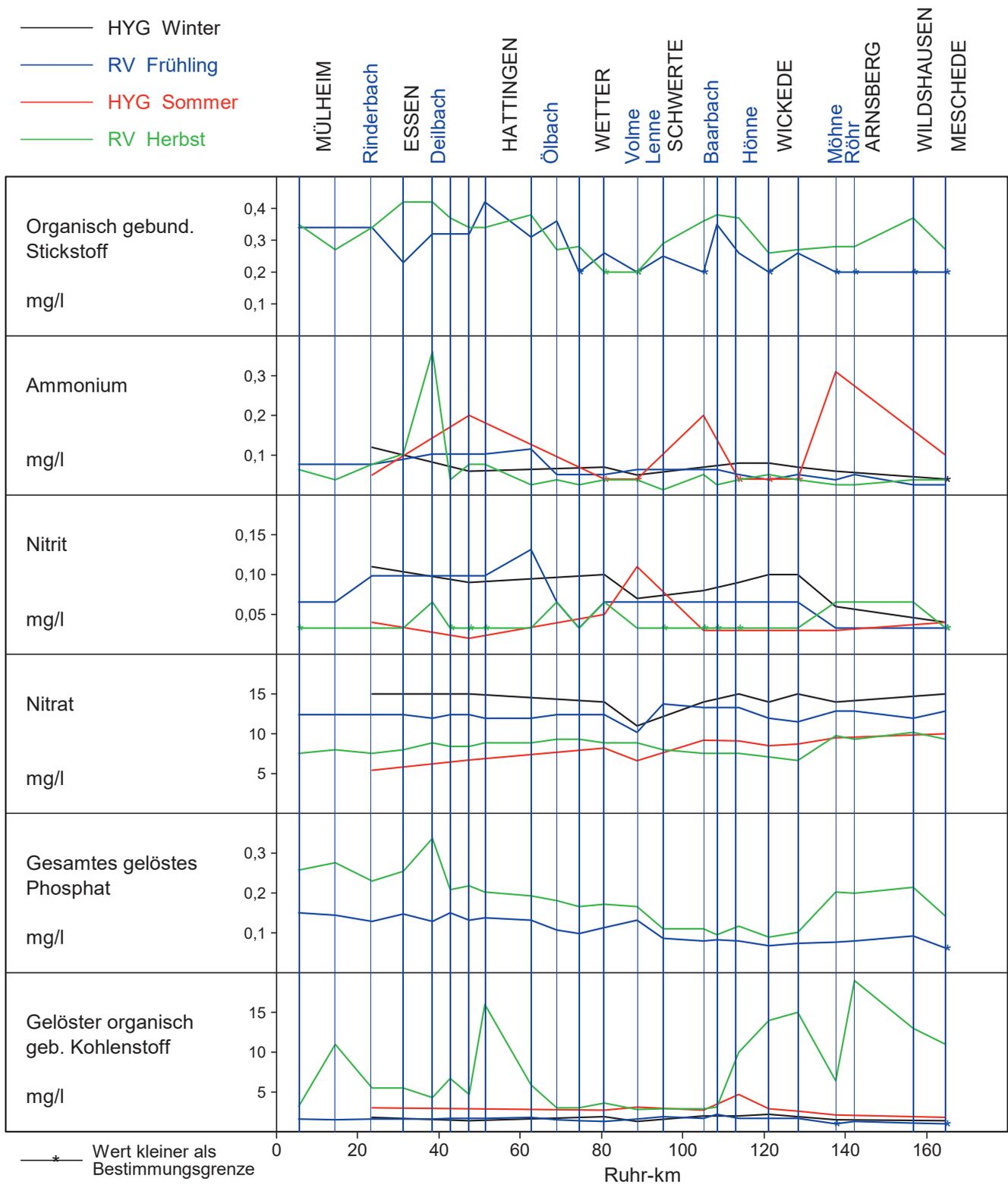


Bild 24.2: Die Wasserbeschaffenheit der Ruhr nach Analysen des AWWR-Ausschusses „Wassergüte“  
 Fig. 24.2: Water condition of the Ruhr according to analyses of the AWWR water quality committee

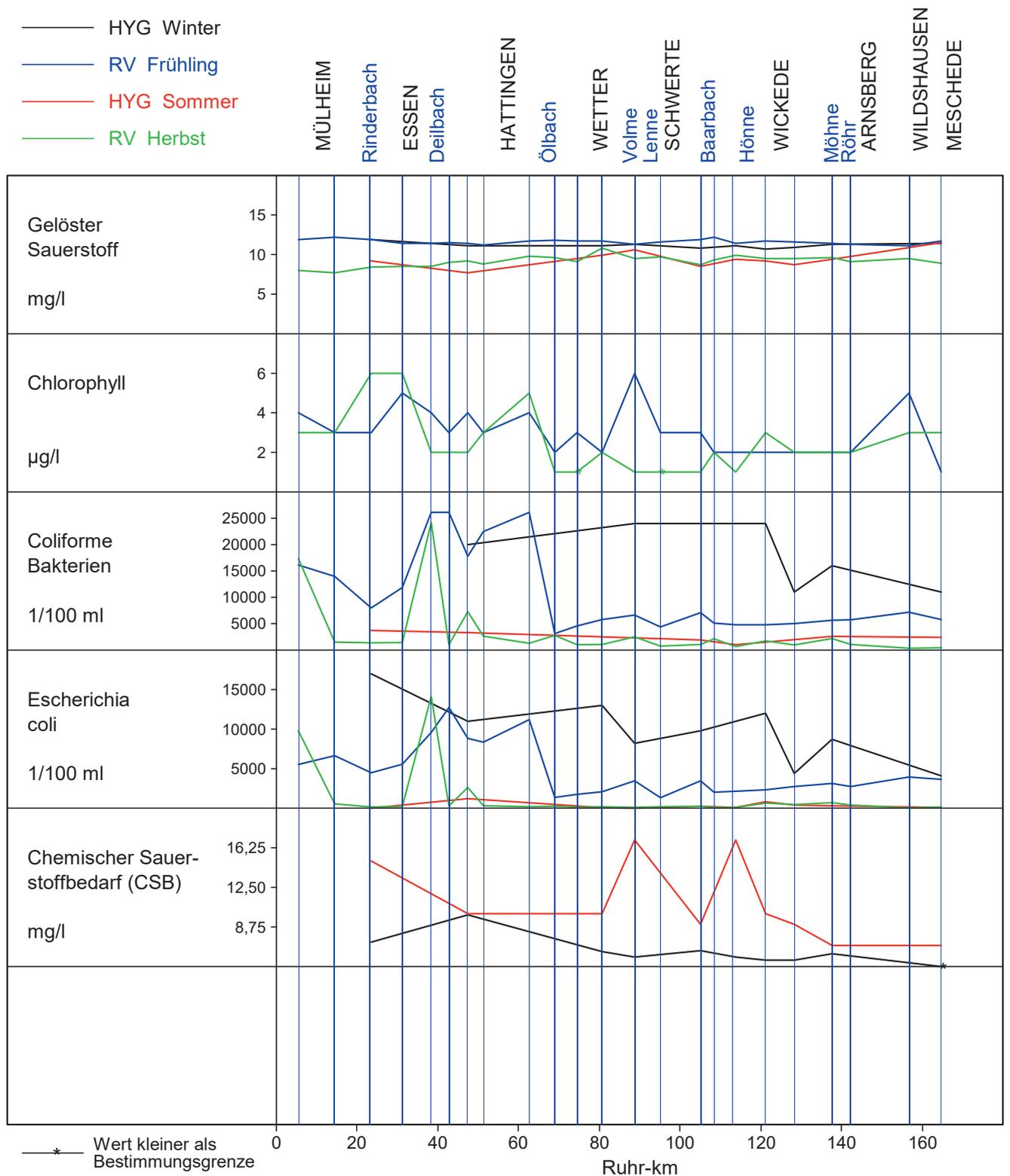


Bild 24.3: Die Wasserbeschaffenheit der Ruhr nach Analysen des AWWR-Ausschusses „Wassergüte“  
 Fig. 24.3: Water condition of the Ruhr according to analyses of the AWWR water quality committee

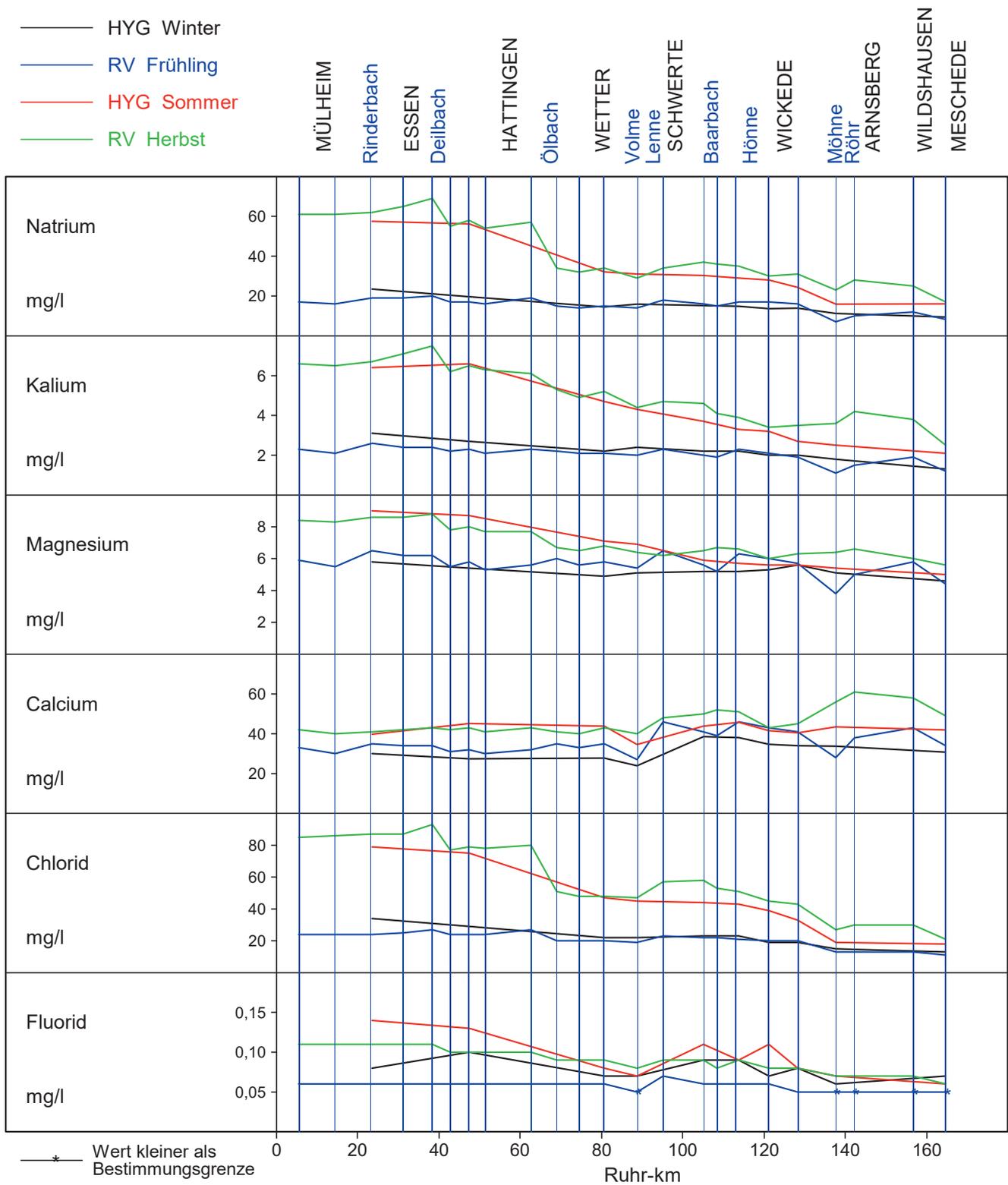


Bild 24.4: Die Wasserbeschaffenheit der Ruhr nach Analysen des AWWR-Ausschusses „Wassergüte“  
 Fig. 24.4: Water condition of the Ruhr according to analyses of the AWWR water quality committee

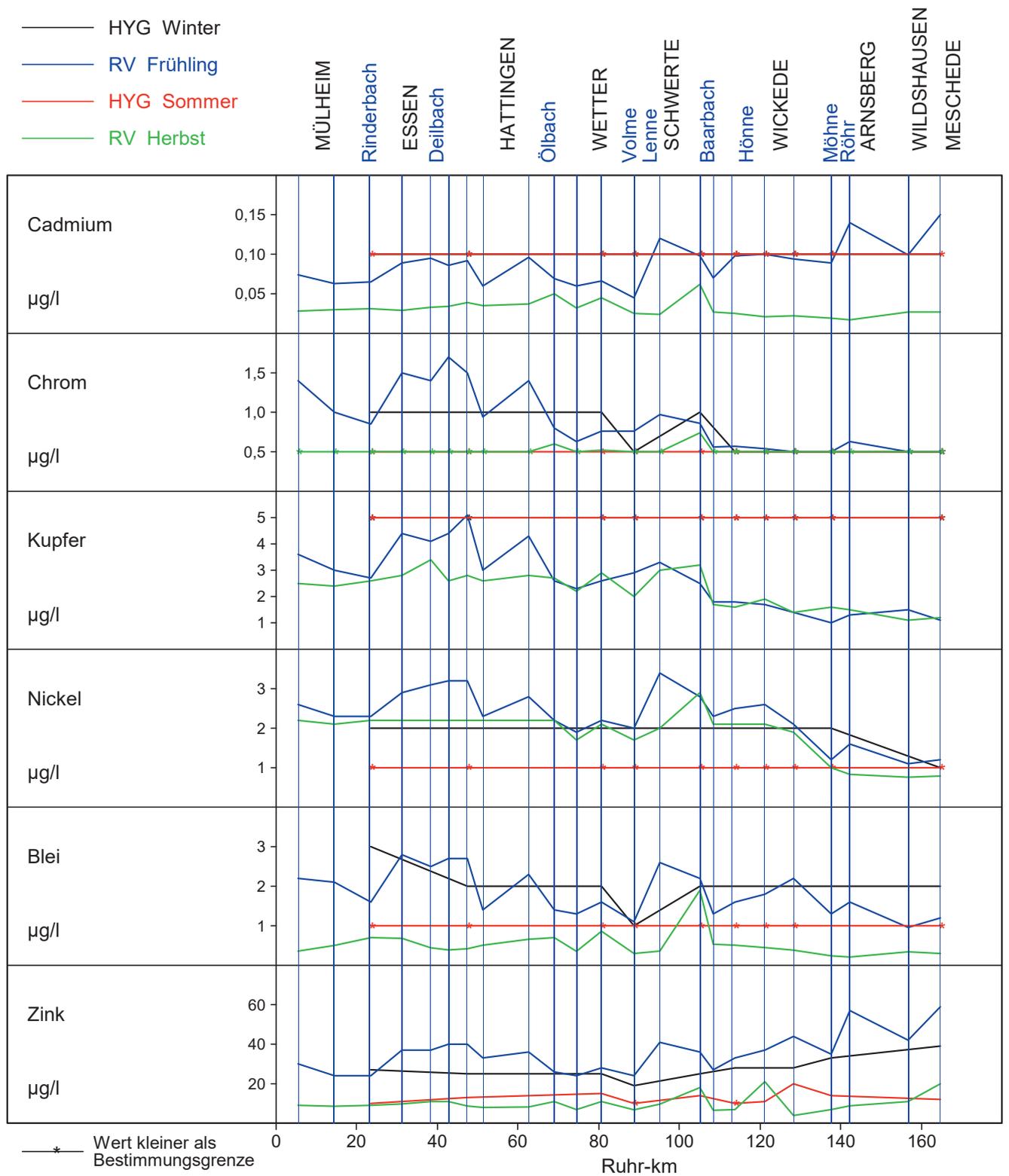


Bild 24.5: Die Wasserbeschaffenheit der Ruhr nach Analysen des AWWR-Ausschusses „Wassergüte“  
 Fig. 24.5: Water condition of the Ruhr according to analyses of the AWWR water quality committee

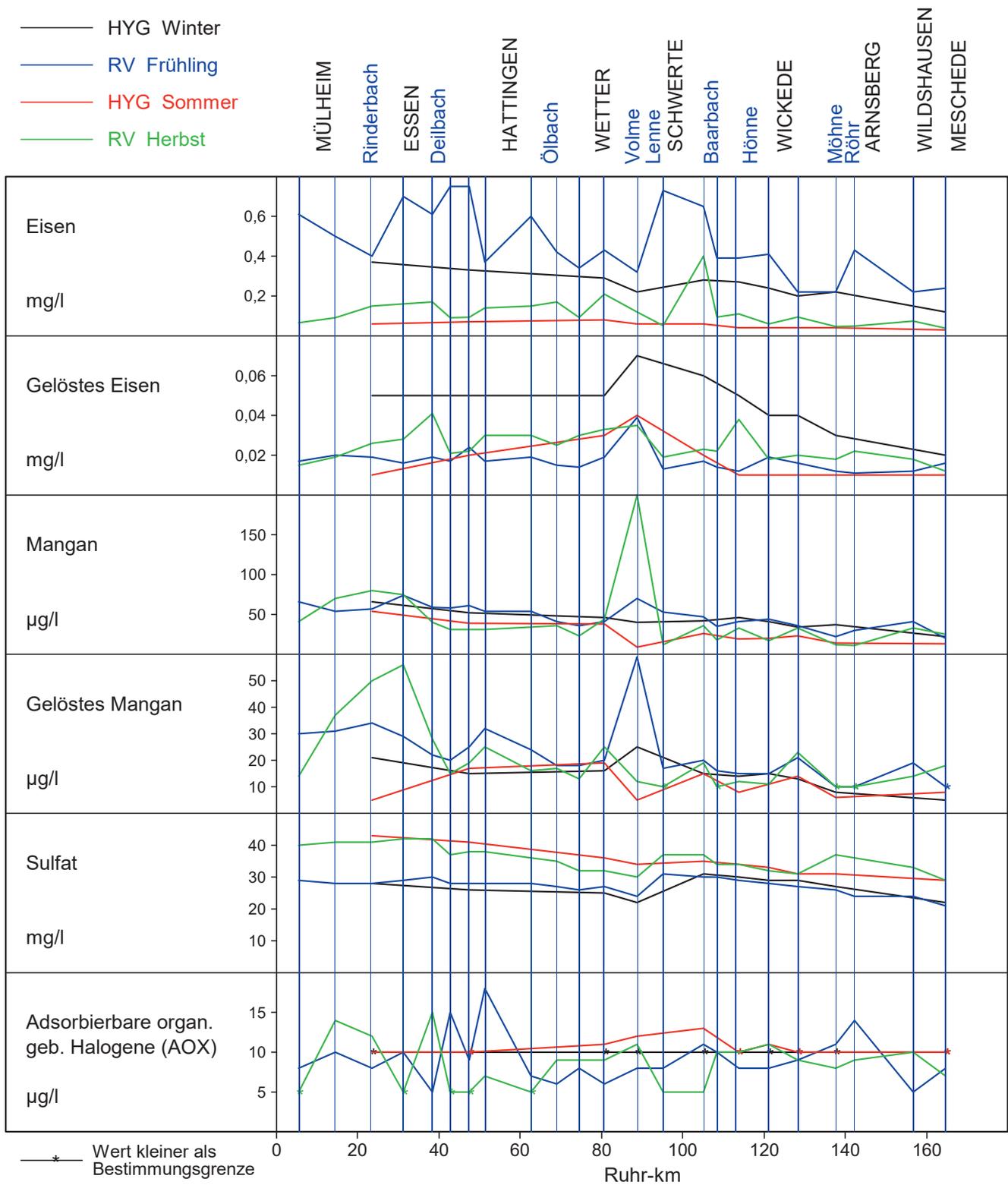


Bild 24.6: Die Wasserbeschaffenheit der Ruhr nach Analysen des AWWR-Ausschusses „Wassergüte“  
 Fig. 24.6: Water condition of the Ruhr according to analyses of the AWWR water quality committee

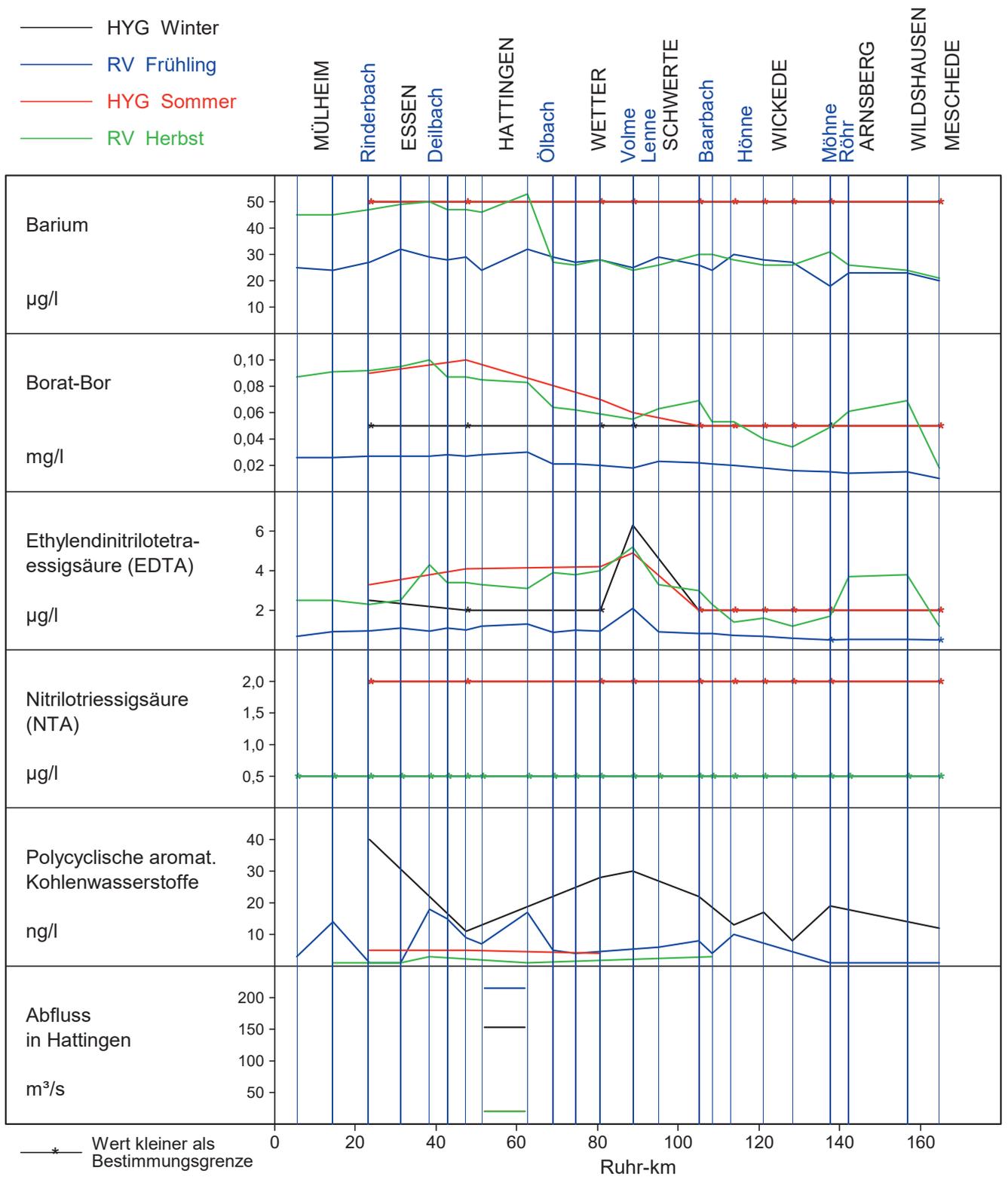


Bild 24.7: Die Wasserbeschaffenheit der Ruhr nach Analysen des AWWR-Ausschusses „Wassergüte“  
 Fig. 24.7: Water condition of the Ruhr according to analyses of the AWWR water quality committee

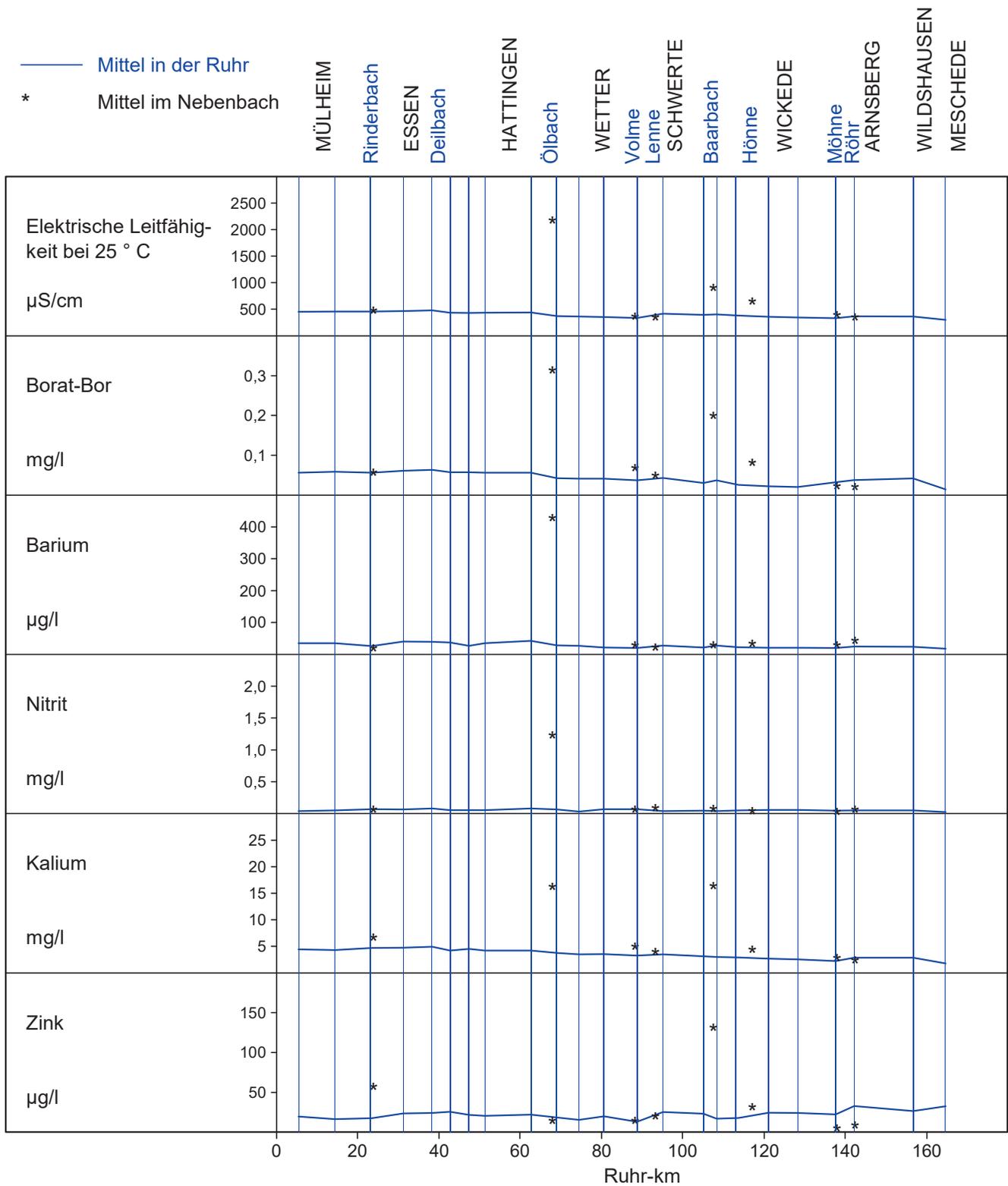


Bild 24.8: Die Wasserbeschaffenheit der Ruhr und ihrer Nebenbachmündungen anhand von sechs ausgesuchten Güteparametern  
 Fig. 24.8: Water condition of the Ruhr and its tributaries at their inflows indicated by six selected parameters

Kenngröße: Wassertemperatur

Einheit: ° C

Zielwert: 25 ° C

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	138	3	52	51	59	59	60	75
Arith. Jahresmittel	13,2	13,7	13,3	14,2	13,6	12,6	12,6	12,2	11,1	12,8
Geom. Jahresmittel	11,9	12,7	11,9	11,8	12,3	11,4	11,6	11,2	10,2	11,9
Geom. Sommermittel	17,0	17,6	18,4	18,8	18,1	16,6	16,3	15,5	14,1	16,2
Geom. Wintermittel	8,3	9,1	8,1	4,7	8,3	8,0	7,9	7,9	7,4	8,7
Maximalwert	22,8	22,8	<b>25,7</b>	22,0	<b>25,0</b>	23,5	21,9	20,4	18,3	20,5
Datum des Max.	03.08	05.08	14.08	28.07	10.08	10.08	17.08	10.08	12.08	17.08
90-Perzentil	19,5	19,5	21,8	20,8	22,1	19,7	18,6	17,8	16,3	18,5
50-Perzentil	13,8	13,9	12,8	16,0	14,1	12,4	12,8	12,3	11,4	13,2
10-Perzentil	5,7	7,1	6,3	7,0	6,5	6,6	6,2	6,2	6,0	6,8
Minimalwert	5,5	6,5	4,4	4,7	4,9	4,8	4,6	4,5	3,4	5,2
Datum des Min.	06.01	08.12	03.01	27.01	27.01	27.01	27.01	30.11	02.01	30.11

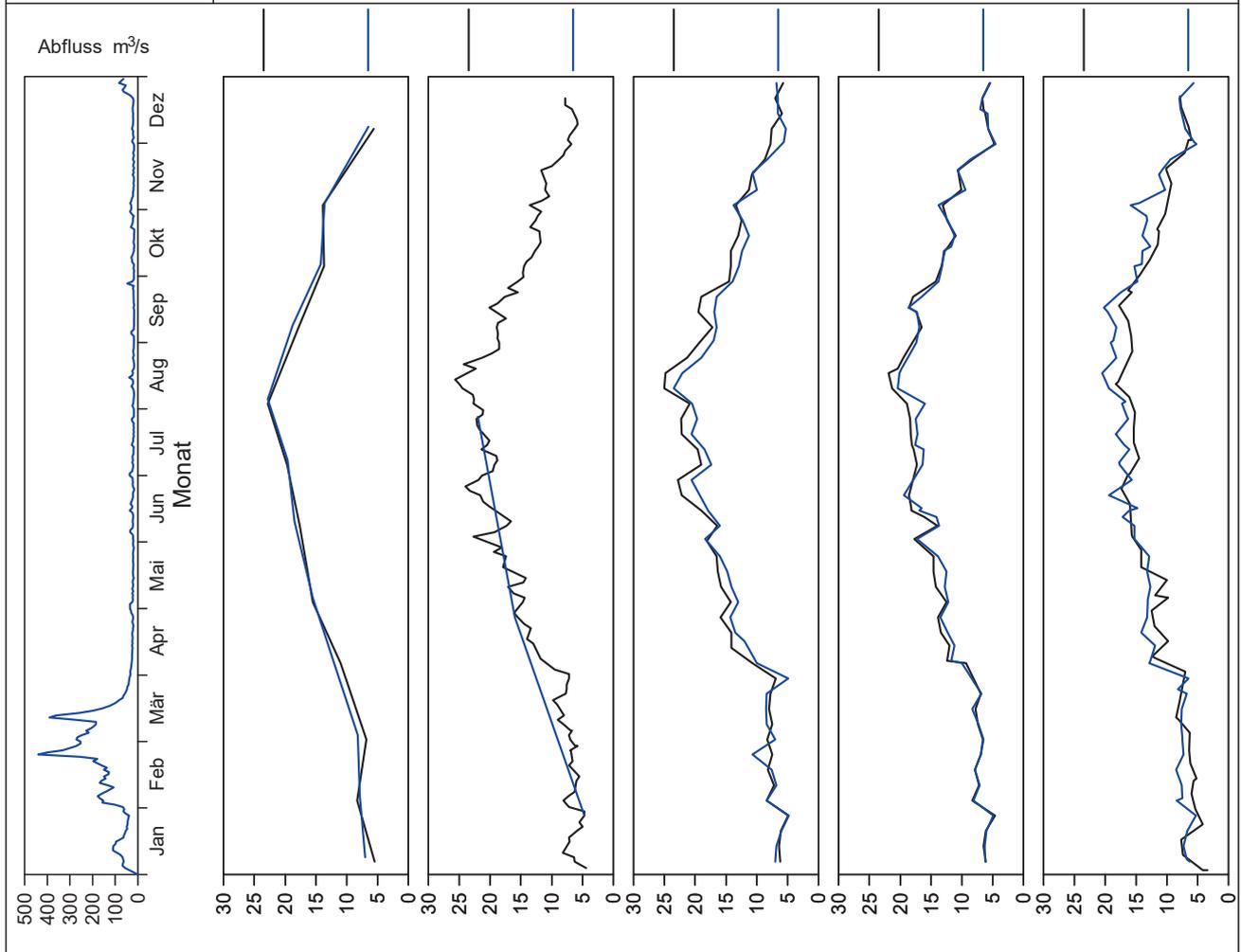


Bild 24.9: Analysenstatistik verschiedener Kenngrößen im Ruhrwasser  
 Fig. 24.9: Statistics on the analysis of selected parameters in Ruhr water

Kenngröße: Elektrische Leitfähigkeit bei 25 ° C  
 Zielwert: 700 µS/cm

Einheit: µS/cm

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	138		50	52	49	49	60	50
Arith. Jahresmittel	527	529	481		397	382	440	420	378	370
Geom. Jahresmittel	513	510	467		391	376	436	416	375	367
Geom. Sommermittel	578	591	532		427	399	448	428	383	376
Geom. Wintermittel	455	440	379		357	355	424	404	366	358
Maximalwert	658	630	659		463	468	542	503	467	440
Datum des Max.	04.05	08.12	03.07		Mehrere	23.11	14.12	14.12	Mehrere	16.11
90-Perzentil	613	625	598		457	448	510	479	433	419
50-Perzentil	574	586	516		422	387	446	426	376	376
10-Perzentil	352	298	298		280	295	345	335	300	308
Minimalwert	309	282	260		223	210	263	254	263	244
Datum des Min.	02.03	04.03	13.03		24.02	24.02	24.02	24.02	12.03	24.02

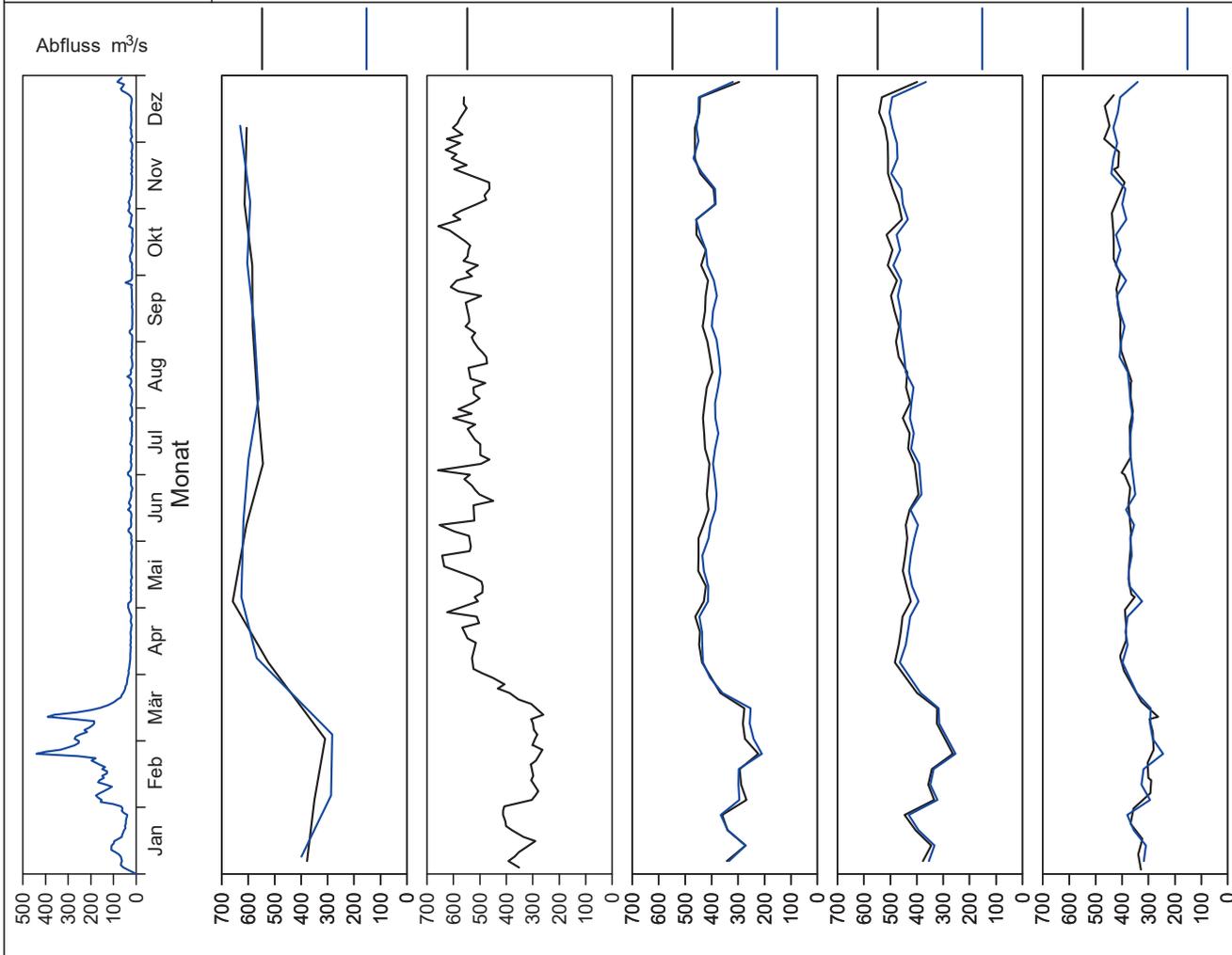


Bild 24.10: Analysenstatistik verschiedener Kenngrößen im Ruhrwasser  
 Fig. 24.10: Statistics on the analysis of selected parameters in Ruhr water

Kenngröße: Chlorid  
Zielwert: 100 mg/l

Einheit: mg/l

Probenahmestelle Ruhr-km	Styrum 11,35	Kettwig 23,47	Rellingh. 42,76	Stiepel 62,65	Witten 71,91	Hengstey 88,75	Westhof. 95,15	Hengsen 108,39	Warmen 121,17	Echthau. 128,31
Anzahl der Werte	12	12	137		50		49	49	60	50
Arith. Jahresmittel	66	67	56		41		43	39	31	30
Geom. Jahresmittel	61	61	52		39		41	37	30	29
Geom. Sommermittel	73	77	65		45		44	40	32	31
Geom. Wintermittel	52	49	36		34		38	34	29	28
Maximalwert	87	86	99		53		61	57	52	45
Datum des Max.	02.11	Mehrere	03.07		Mehrere		Mehrere	05.10	02.12	Mehrere
90-Perzentil	85	86	79		52		59	53	42	43
50-Perzentil	76	80	61		45		43	38	30	31
10-Perzentil	35	27	24		23		24	24	20	20
Minimalwert	27	22	17		16		16	15	17	15
Datum des Min.	02.03	04.03	13.03		24.02		24.02	24.02	12.03	24.02

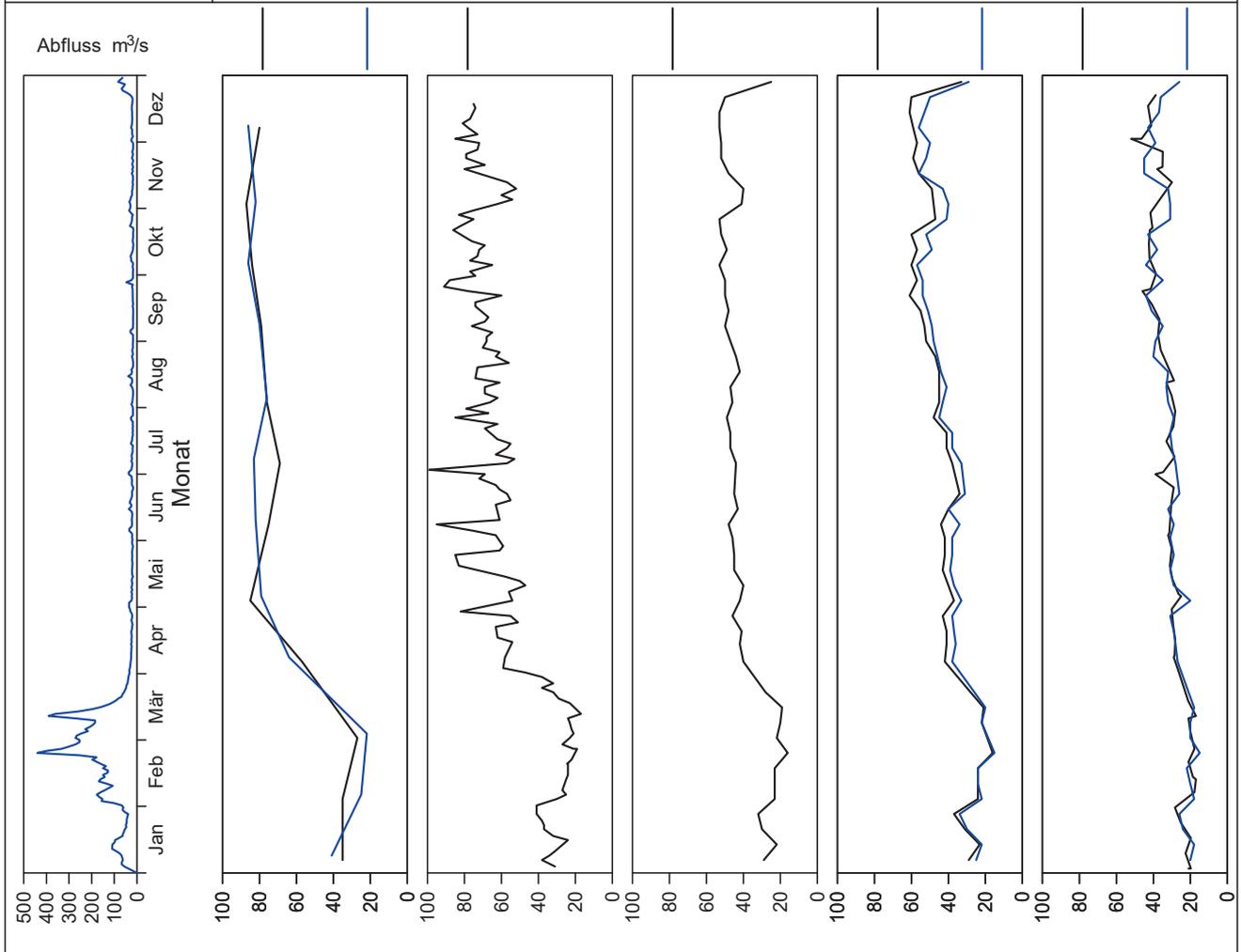


Bild 24.11: Analysenstatistik verschiedener Kenngrößen im Ruhrwasser  
Fig. 24.11: Statistics on the analysis of selected parameters in Ruhr water

Kenngröße: Trübung

Einheit: FNU

Zielwert:

Probenahmestelle Ruhr-km	Styrum 11,35	Kettwig 23,47	Rellingh. 42,76	Stiepel 62,65	Witten 71,91	Hengstey 88,75	Westhof. 95,15	Hengsen 108,39	Warmen 121,17	Echthau. 128,31
Anzahl der Werte	12	12	130		35	52	35	35	60	46
Arith. Jahresmittel	4,4	4,8	4,7		2,7	2,9	5,4	5,7	4,1	2,6
Geom. Jahresmittel	3,0	4,0	3,1		2,0	1,8	1,9	2,0	2,4	2,0
Geom. Sommermittel	2,9	4,5	2,7		1,8	1,2	1,7	1,8	1,9	1,5
Geom. Wintermittel	3,1	3,5	3,6		2,2	2,6	2,0	2,3	3,1	2,5
Maximalwert	12,9	10,8	54,0		13,0	32,9	111,0	125,0	42,5	16,7
Datum des Max.	02.03	05.02	13.03		02.03	24.02	24.02	24.02	12.03	04.02
90-Perzentil	12,3	9,4	8,2		6,2	5,4	4,8	5,3	7,7	5,7
50-Perzentil	2,3	4,1	2,5		1,6	1,6	1,5	1,6	2,0	1,7
10-Perzentil	1,2	2,3	1,6		1,0	0,7	0,8	1,1	0,9	1,0
Minimalwert	1,2	0,9	1,0		0,7	0,5	0,6	0,8	0,7	0,8
Datum des Min.	02.11	08.12	15.07		30.11	07.09	05.10	14.09	23.09	01.12

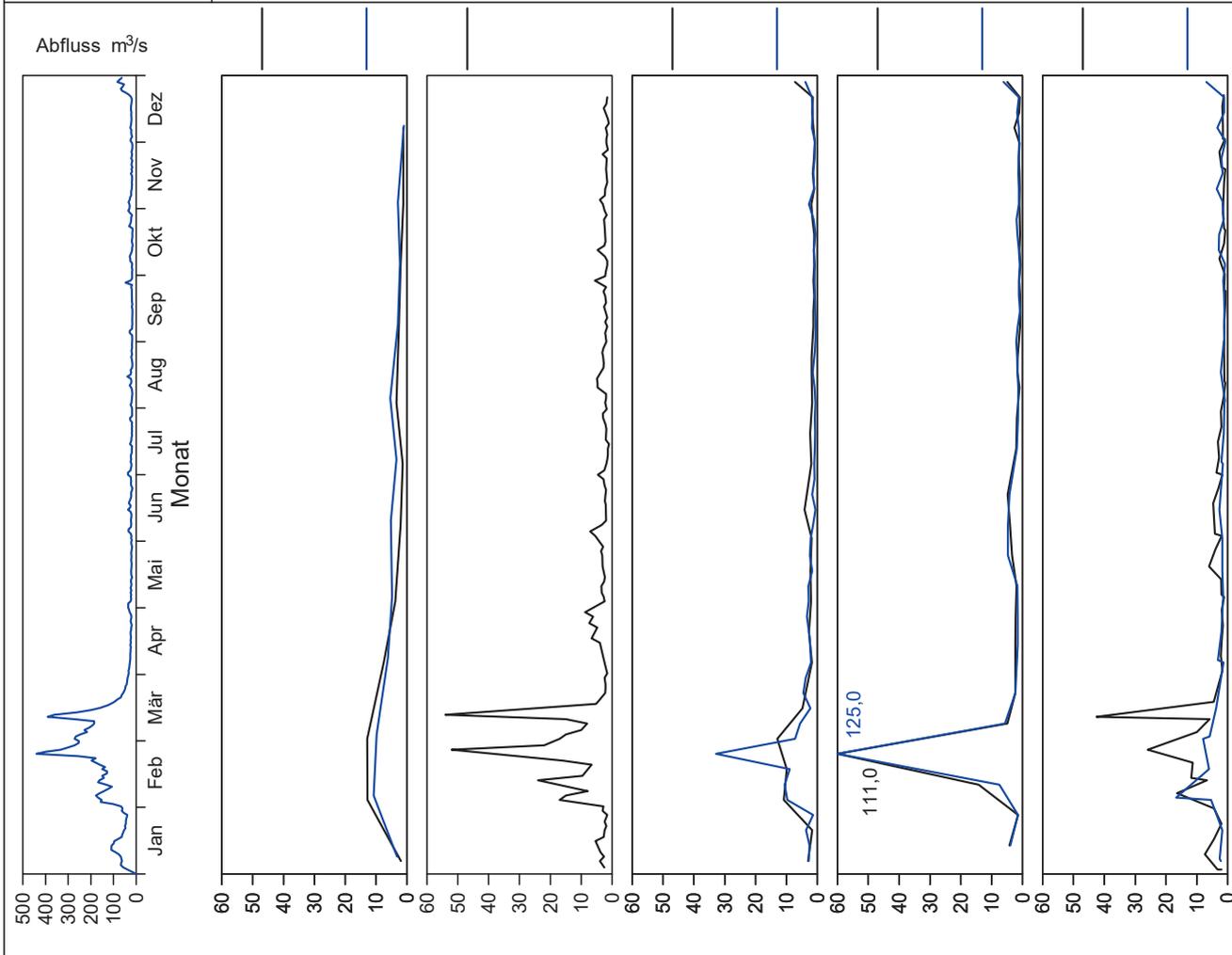


Bild 24.12: Analysenstatistik verschiedener Kenngrößen im Ruhrwasser  
 Fig. 24.12: Statistics on the analysis of selected parameters in Ruhr water

Kenngröße: Chlorophyll-a

Einheit: µg/l

Zielwert:

Probenahmestelle Ruhr-km	Styrum 11,35	Kettwig 23,47	Rellingh. 42,76	Stiepel 62,65	Witten 71,91	Hengstey 88,75	Westhof. 95,15	Hengsen 108,39	Warmen 121,17	Echthau. 128,31
Anzahl der Werte			90		23	52	25	25	12	36
Arith. Jahresmittel			9,1		5,5	5,6	< 5,0	< 5,0	2,0	< 5,0
Geom. Jahresmittel			3,9		< 5,0	< 5,0	< 5,0	< 5,0	< 2,0	< 5,0
Geom. Sommermittel			4,7		< 5,0	< 5,0	< 5,0	< 5,0	< 2,0	< 5,0
Geom. Wintermittel			2,4		< 5,0	< 5,0	< 5,0	< 5,0	< 2,0	< 5,0
Maximalwert			74,0		34,6	37,9	11,9	6,3	7,0	20,6
Datum des Max.			22.04		27.04	24.02	06.07	06.07	08.04	11.05
90-Perzentil			29,5		15,6	10,7	< 5,0	< 5,0	4,1	< 5,0
50-Perzentil			3,0		< 5,0	< 5,0	< 5,0	< 5,0	< 2,0	< 5,0
10-Perzentil			1,0		< 5,0	< 5,0	< 5,0	< 5,0	< 2,0	< 5,0
Minimalwert			< 1,0		< 5,0	< 5,0	< 5,0	< 5,0	< 2,0	< 5,0
Datum des Min.			10.06		Mehrere	Mehrere	Mehrere	Mehrere	23.09	Mehrere

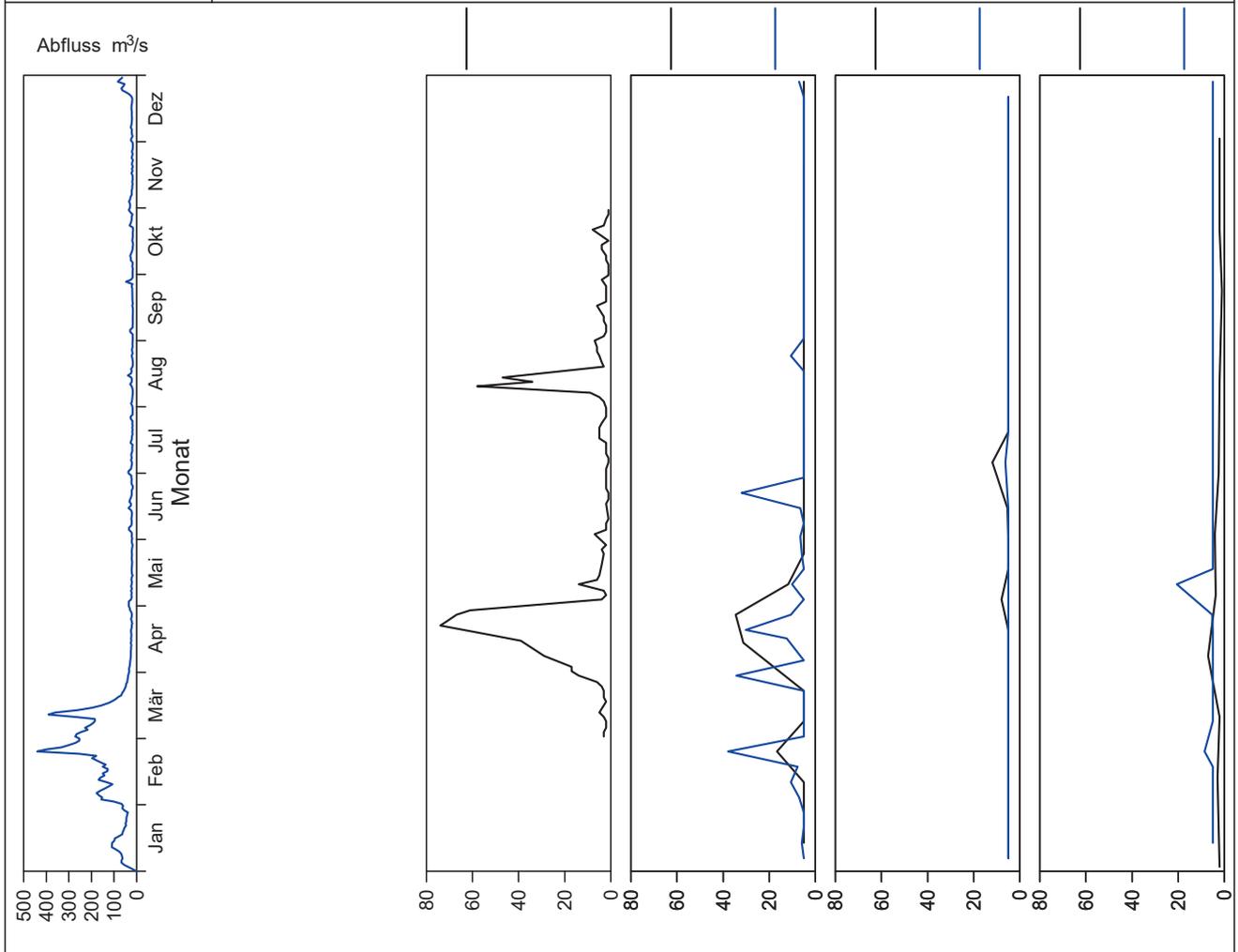


Bild 24.13: Analysenstatistik verschiedener Kenngrößen im Ruhrwasser  
 Fig. 24.13: Statistics on the analysis of selected parameters in Ruhr water

Kenngröße: pH-Wert  
 Zielwert: 7 - 9

Einheit:

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	130		50	51	49	49	60	61
Arith. Jahresmittel	7,91	7,82	7,96		7,86	7,79	7,92	8,01	7,87	8,05
Geom. Jahresmittel	7,90	7,81	7,95		7,86	7,79	7,92	8,01	7,87	8,05
Geom. Sommermittel	8,11	8,00	8,08		7,92	7,90	7,95	8,03	7,90	8,10
Geom. Wintermittel	7,70	7,62	7,82		7,80	7,68	7,90	7,98	7,84	8,00
Maximalwert	8,96	8,85	<b>9,50</b>		8,63	8,64	8,37	8,36	8,20	8,60
Datum des Max.	06.04	08.04	29.04		14.04	20.07	14.09	14.09	06.05	04.05
90-Perzentil	8,47	8,41	8,20		8,02	8,05	8,11	8,12	7,97	8,31
50-Perzentil	7,71	7,68	7,90		7,82	7,79	7,93	8,01	7,86	8,01
10-Perzentil	7,60	7,54	7,70		7,73	7,47	7,79	7,88	7,75	7,86
Minimalwert	7,60	7,47	7,50		7,55	7,23	7,61	7,74	7,68	7,75
Datum des Min.	Mehrere	10.06	Mehrere		12.10	16.03	17.08	17.08	26.02	22.06

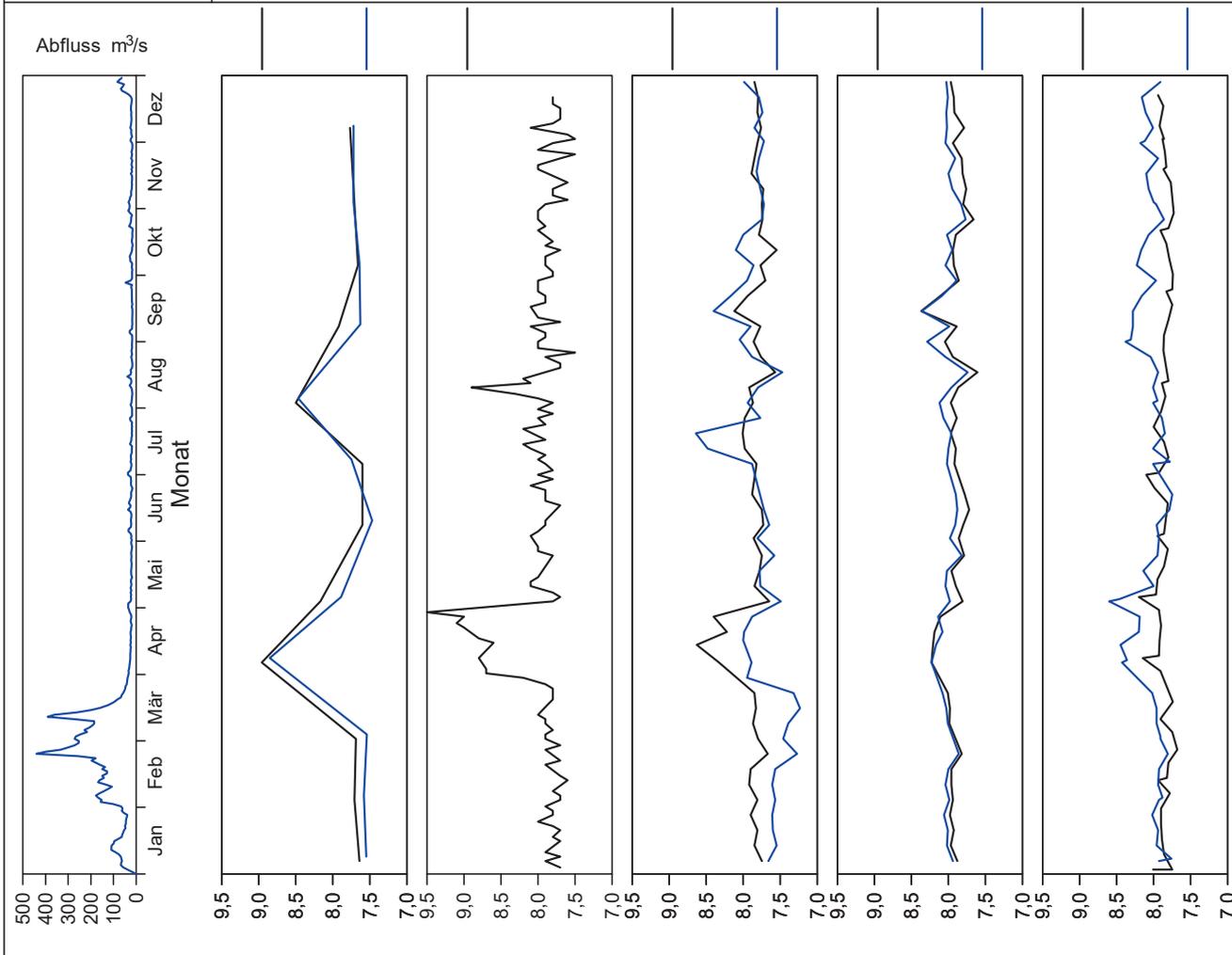


Bild 24.14: Analysenstatistik verschiedener Kenngrößen im Ruhrwasser  
 Fig. 24.14: Statistics on the analysis of selected parameters in Ruhr water

Kenngröße: Gelöster Sauerstoff  
Zielwert: >8 mg/l

Einheit: mg/l

Probenahmestelle Ruhr-km	Styrum 11,35	Kettwig 23,47	Rellingh. 42,76	Stiepel 62,65	Witten 71,91	Hengstey 88,75	Westhof. 95,15	Hengsen 108,39	Warmen 121,17	Echthau. 128,31
Anzahl der Werte	12	12	127		50	51	49	49	60	61
Arith. Jahresmittel	9,6	9,2	10,0		9,7	10,0	10,3	10,5	9,9	10,3
Geom. Jahresmittel	9,3	8,9	9,8		9,5	9,9	10,2	10,4	9,8	10,2
Geom. Sommermittel	8,9	8,1	8,6		8,5	9,6	9,5	9,6	9,0	9,3
Geom. Wintermittel	9,7	9,8	11,1		10,6	10,2	11,1	11,3	10,7	11,1
Maximalwert	15,2	13,7	13,6		13,4	13,6	12,9	12,7	12,6	12,6
Datum des Max.	06.04	08.04	Mehrere		06.04	20.07	06.04	09.03	02.01	30.11
90-Perzentil	11,3	11,4	12,2		12,1	11,8	12,1	12,1	11,9	12,0
50-Perzentil	9,8	9,3	10,0		9,2	9,7	10,3	10,4	9,7	10,4
10-Perzentil	6,5	7,0	7,7		7,5	8,5	8,8	9,1	8,0	8,6
Minimalwert	<b>5,5</b>	<b>4,9</b>	<b>6,6</b>		<b>5,7</b>	<b>7,4</b>	<b>6,9</b>	<b>7,6</b>	<b>7,2</b>	<b>7,5</b>
Datum des Min.	08.06	10.06	19.08		17.08	24.02	17.08	17.08	17.09	22.06

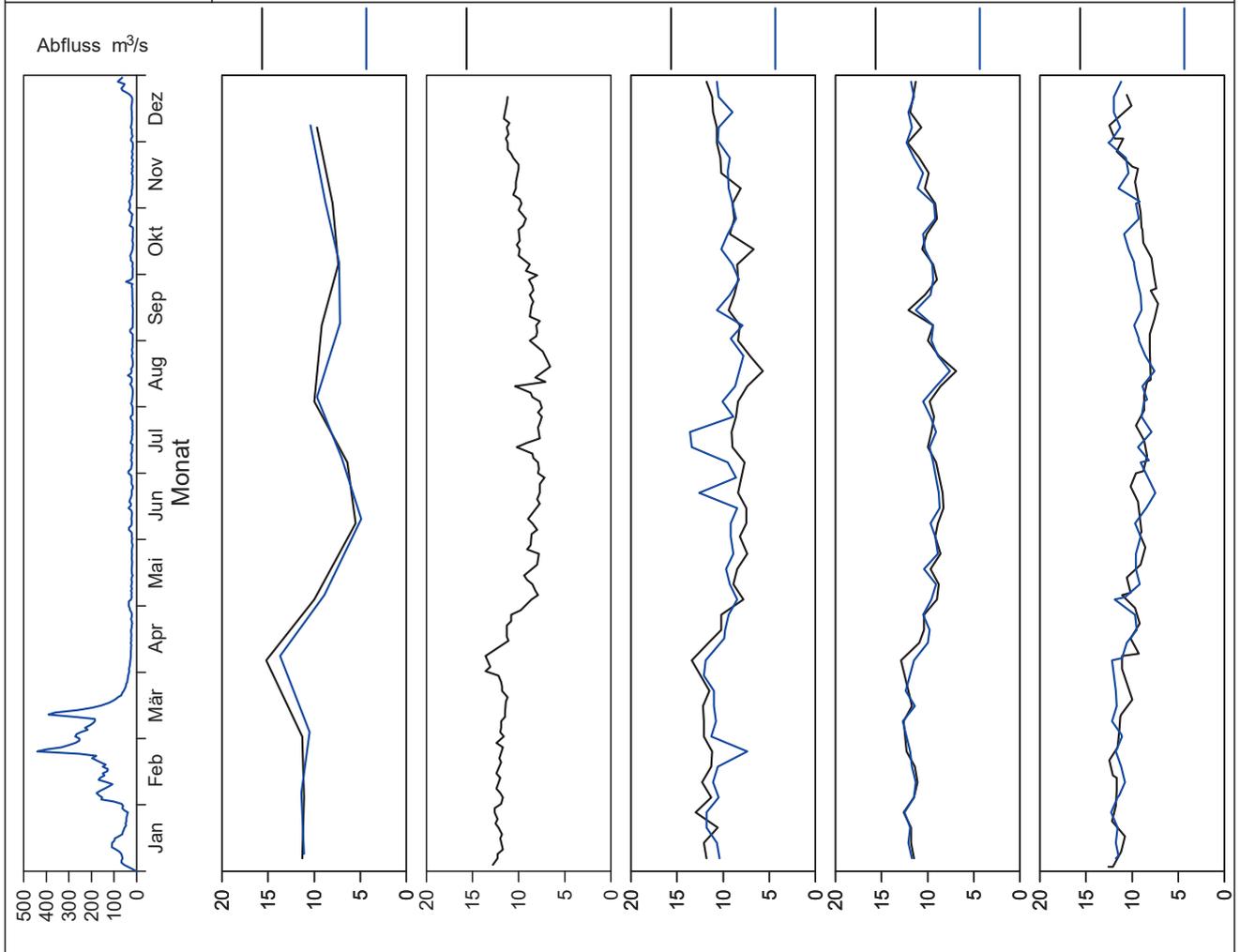


Bild 24.15: Analysenstatistik verschiedener Kenngrößen im Ruhrwasser  
Fig. 24.15: Statistics on the analysis of selected parameters in Ruhr water

Kenngröße: Ammonium  
Zielwert: 0.3 mg/l

Einheit: mg/l

Probenahmestelle Ruhr-km	Styrum 11,35	Kettwig 23,47	Rellingh. 42,76	Stiepel 62,65	Witten 71,91	Hengstey 88,75	Westhof. 95,15	Hengsen 108,39	Warmen 121,17	Echthau. 128,31
Anzahl der Werte	12	12	138		48	52	47	47	60	48
Arith. Jahresmittel	0,06	0,07	0,06		< 0,05	0,06	< 0,05	< 0,05	0,04	< 0,05
Geom. Jahresmittel	0,04	0,07	0,05		< 0,05	0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,04	< 0,05
Geom. Sommermittel	0,02	0,06	0,04		< 0,05	0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,04	< 0,05
Geom. Wintermittel	0,07	0,07	0,06		< 0,05	0,05	< 0,05	< 0,05	0,05	< 0,05
Maximalwert	0,12	0,13	0,14		0,12	0,17	0,18	0,25	0,10	0,22
Datum des Max.	03.02	10.06	01.07		28.12	06.01	28.12	28.12	11.03	28.12
90-Perzentil	0,10	0,10	0,09		0,06	0,11	0,11	0,09	0,08	0,09
50-Perzentil	0,06	0,06	0,05		< 0,05	0,04	< 0,05	< 0,05	0,04	< 0,05
10-Perzentil	< 0,02	0,05	0,03		< 0,05	0,03	< 0,05	< 0,05	< 0,04	< 0,05
Minimalwert	< 0,02	0,04	< 0,01		< 0,05	0,02	< 0,05	< 0,05	< 0,04	< 0,05
Datum des Min.	Mehrere	08.04	10.08		Mehrere	Mehrere	Mehrere	Mehrere	03.09	Mehrere

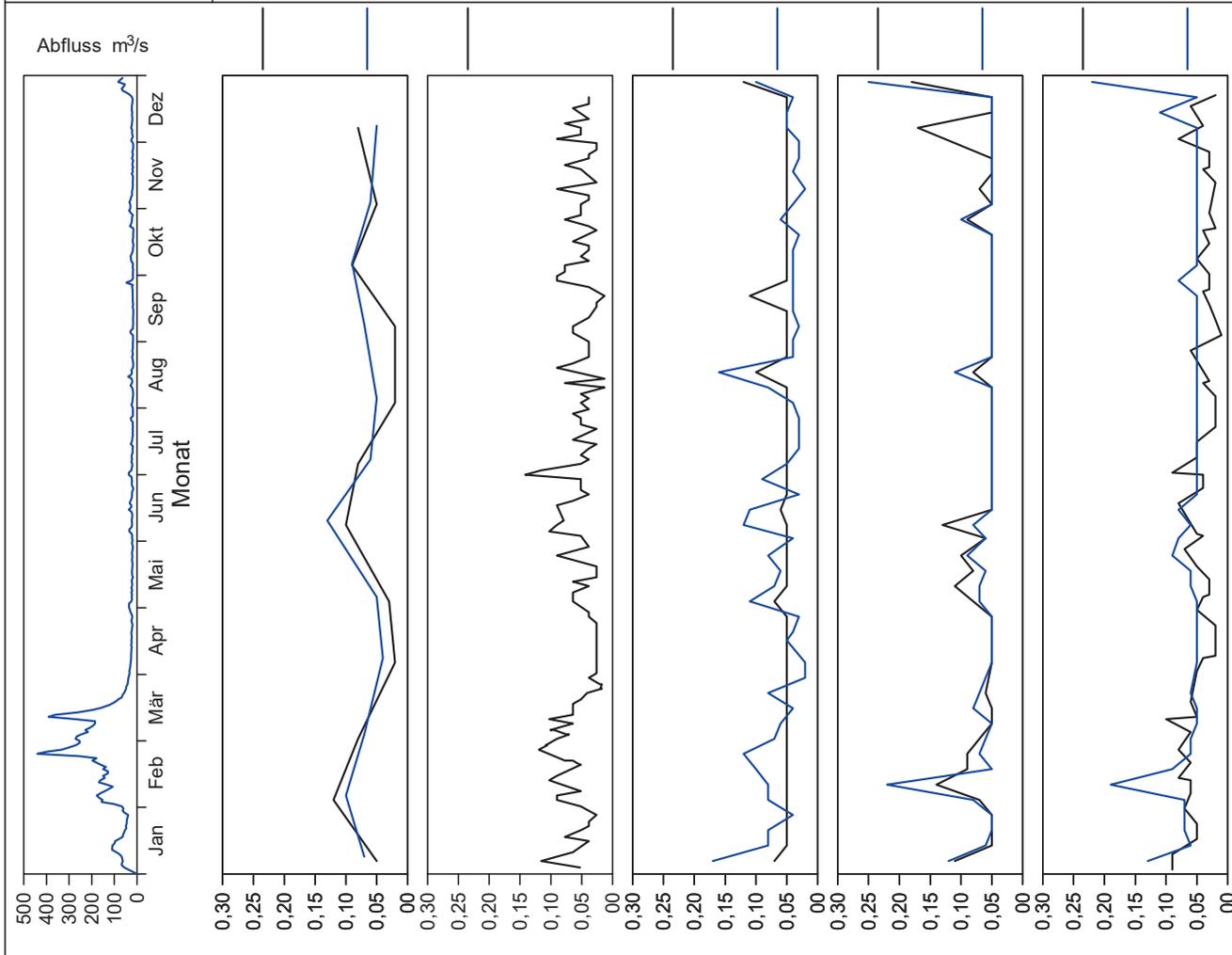


Bild 24.16: Analysenstatistik verschiedener Kenngrößen im Ruhrwasser  
Fig. 24.16: Statistics on the analysis of selected parameters in Ruhr water

Kenngröße: Nitrat  
Zielwert: 25 mg/l

Einheit: mg/l

Probenahmestelle Ruhr-km	Styrum 11,35	Kettwig 23,47	Rellingh. 42,76	Stiepel 62,65	Witten 71,91	Hengstey 88,75	Westhof. 95,15	Hengsen 108,39	Warmen 121,17	Echthau. 128,31
Anzahl der Werte	12	12	141		50	52	49	49	60	50
Arith. Jahresmittel	9	10	10		11	10	11	11	10	10
Geom. Jahresmittel	9	9	10		11	9	11	10	10	9
Geom. Sommermittel	6	7	8		10	8	10	9	9	9
Geom. Wintermittel	12	12	12		13	11	12	12	11	10
Maximalwert	14	15	15		15	14	16	16	17	15
Datum des Max.	06.01	08.01	06.01		06.01	23.03	10.02	10.02	06.02	03.02
90-Perzentil	14	15	14		14	13	15	15	15	13
50-Perzentil	9	9	10		11	10	10	10	10	9
10-Perzentil	6	7	7		8	6	8	8	8	7
Minimalwert	4	4	4		8	5	7	7	7	6
Datum des Min.	03.08	05.08	10.08		Mehrere	10.08	21.09	28.09	23.09	21.09

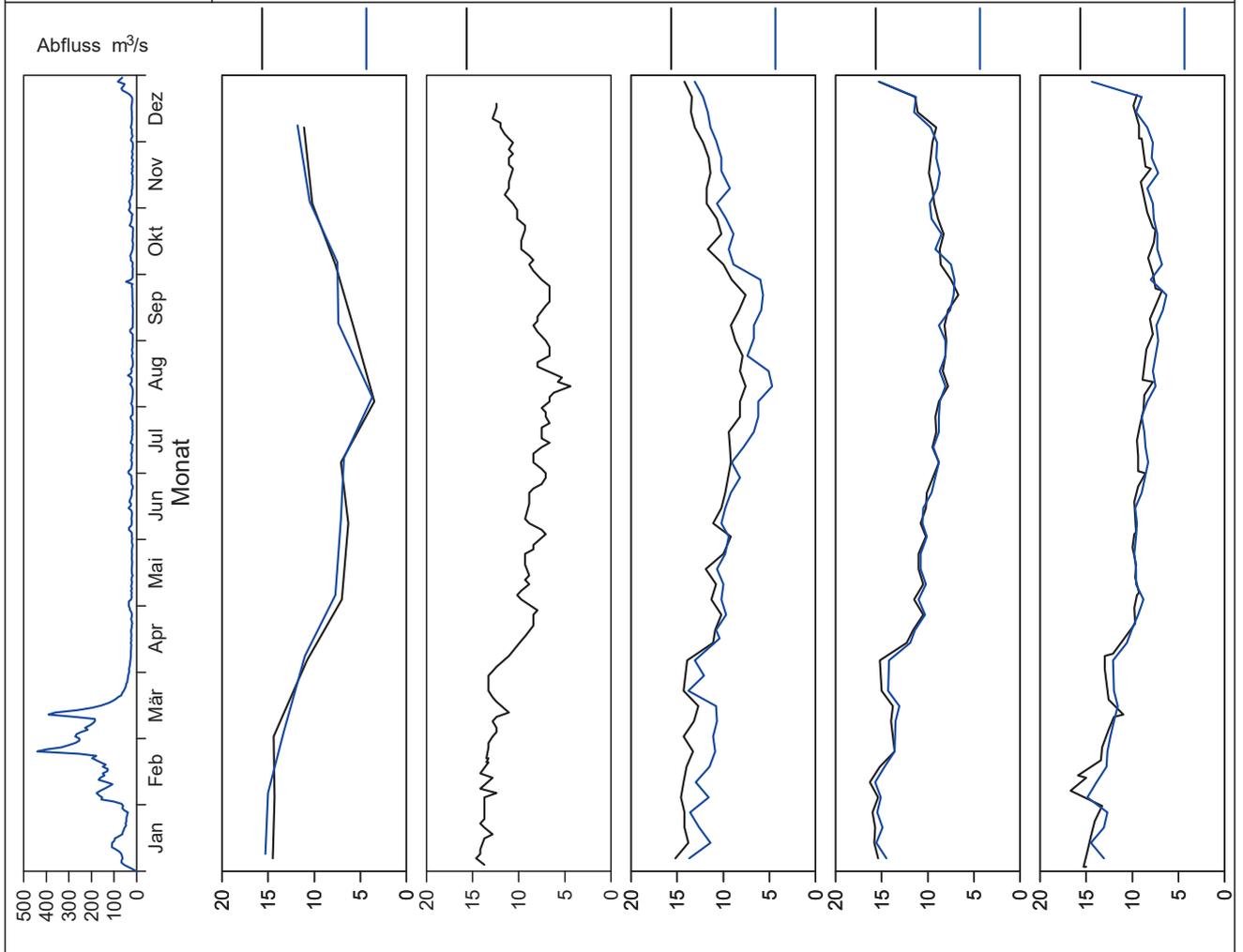


Bild 24.17: Analysenstatistik verschiedener Kenngrößen im Ruhrwasser  
Fig. 24.17: Statistics on the analysis of selected parameters in Ruhr water

Kenngröße: Gesamtes gelöstes Phosphat

Einheit: mg/l

Zielwert:

Probenahmestelle Ruhr-km	Styrum 11,35	Kettwig 23,47	Rellingh. 42,76	Stiepel 62,65	Witten 71,91	Hengstey 88,75	Westhof. 95,15	Hengsen 108,39	Warmen 121,17	Echthau. 128,31
Anzahl der Werte	12	12	136		48	52	45	45	47	46
Arith. Jahresmittel	< 0,30	< 0,30	0,17		0,15	0,15	0,11	0,10	0,10	0,09
Geom. Jahresmittel	< 0,30	< 0,30	0,15		0,14	0,14	0,10	0,09	0,09	0,08
Geom. Sommermittel	< 0,30	< 0,30	0,14		0,13	0,12	0,08	0,07	0,08	0,06
Geom. Wintermittel	< 0,30	< 0,30	0,15		0,14	0,15	0,13	0,12	0,11	0,11
Maximalwert	0,40	0,40	0,37		0,25	0,33	0,18	0,21	0,17	0,18
Datum des Max.	06.07	Mehrere	03.07		Mehrere	17.08	Mehrere	02.11	Mehrere	Mehrere
90-Perzentil	0,30	0,37	0,25		0,21	0,21	0,15	0,15	0,13	0,15
50-Perzentil	< 0,30	< 0,30	0,17		0,15	0,15	0,12	0,12	0,10	0,09
10-Perzentil	< 0,30	< 0,30	0,09		0,09	0,10	0,06	< 0,06	0,06	< 0,06
Minimalwert	< 0,30	< 0,30	< 0,06		0,03	0,01	< 0,06	< 0,06	0,04	< 0,06
Datum des Min.	Mehrere	Mehrere	Mehrere		06.04	18.05	06.04	06.04	16.04	14.04

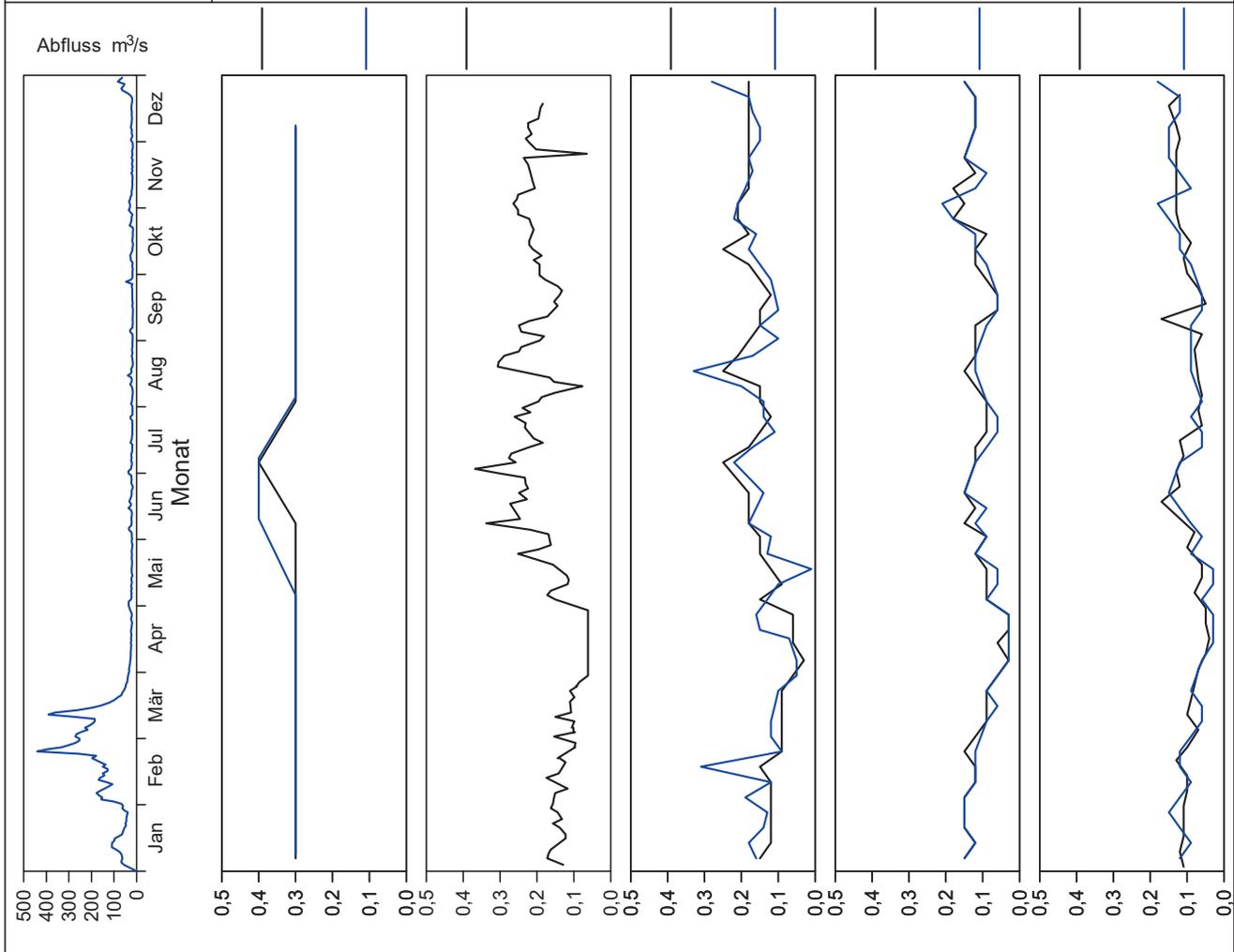


Bild 24.18: Analysenstatistik verschiedener Kenngrößen im Ruhrwasser  
 Fig. 24.18: Statistics on the analysis of selected parameters in Ruhr water

Kenngröße: Gelöster organisch gebundener Kohlenstoff (DOC) Einheit: mg/l  
 Zielwert: 3 mg/l

Probenahmestelle Ruhr-km	Styrum 11,35	Kettwig 23,47	Rellingh. 42,76	Stiepel 62,65	Witten 71,91	Hengstey 88,75	Westhof. 95,15	Hengsen 108,39	Warmen 121,17	Echthau. 128,31
Anzahl der Werte	12	12	129		49	51	49	49	59	61
Arith. Jahresmittel	2,6	2,6	3,1		2,7	2,7	2,8	2,7	2,5	2,7
Geom. Jahresmittel	2,6	2,6	2,9		2,7	2,6	2,7	2,7	2,5	2,6
Geom. Sommermittel	2,9	2,9	3,6		3,0	2,9	2,9	2,9	2,8	2,8
Geom. Wintermittel	2,3	2,3	2,3		2,3	2,3	2,6	2,4	2,2	2,4
Maximalwert	<b>3,2</b>	<b>3,2</b>	<b>12,0</b>		<b>3,9</b>	<b>3,9</b>	<b>3,8</b>	<b>3,9</b>	<b>3,2</b>	<b>3,7</b>
Datum des Max.	04.05	10.06	23.10		17.08	Mehrere	10.08	17.08	Mehrere	15.06
90-Perzentil	3,2	3,1	4,4		3,4	3,2	3,2	3,3	3,1	3,1
50-Perzentil	2,9	2,8	3,1		2,9	2,7	2,8	2,7	2,6	2,8
10-Perzentil	2,0	1,9	1,5		1,7	1,8	2,0	1,9	1,8	2,0
Minimalwert	1,6	1,7	1,3		1,5	1,6	1,7	1,7	1,2	1,6
Datum des Min.	06.01	08.01	20.01		16.03	27.01	Mehrere	Mehrere	Mehrere	16.03

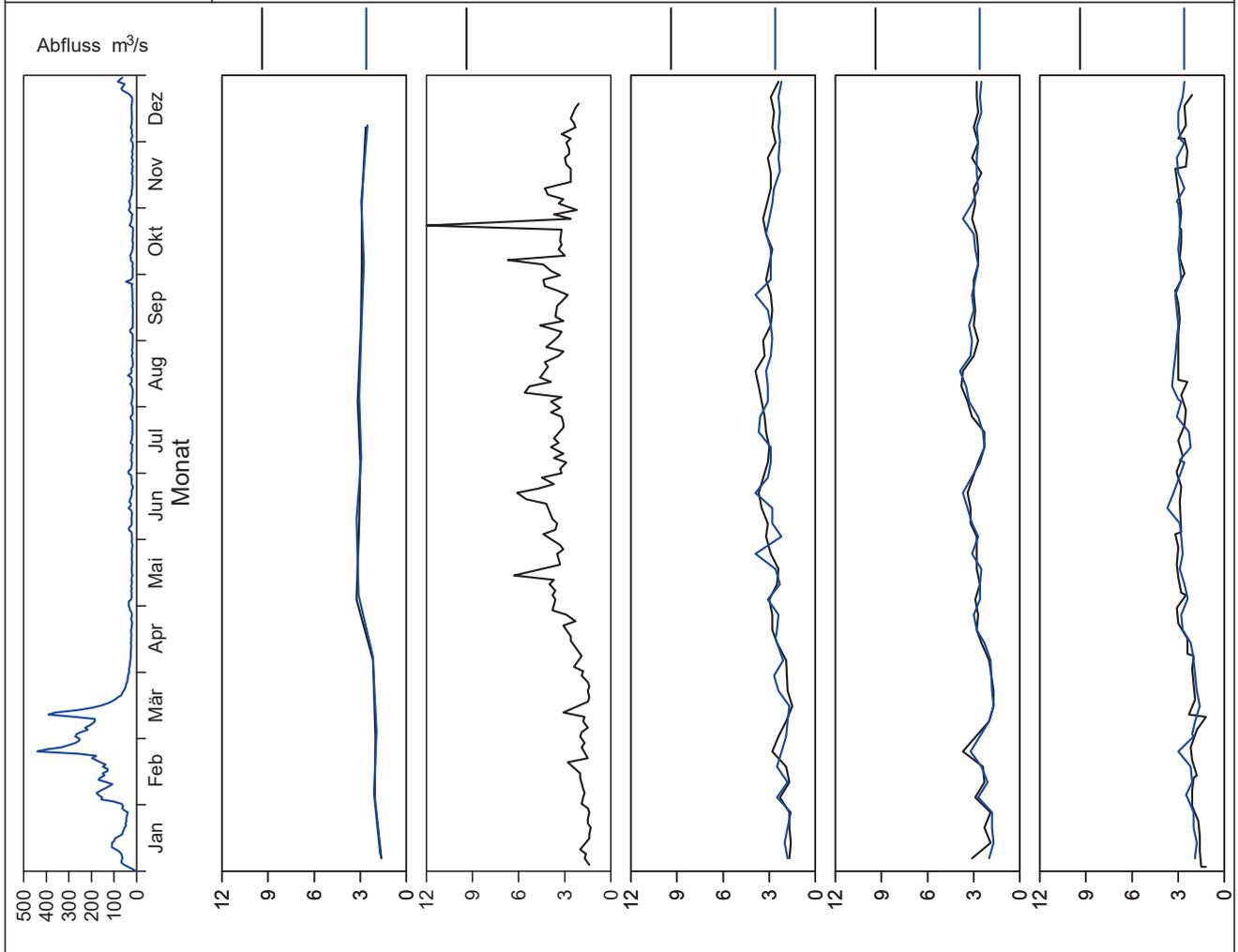


Bild 24.19: Analysenstatistik verschiedener Kenngrößen im Ruhrwasser  
 Fig. 24.19: Statistics on the analysis of selected parameters in Ruhr water

Kenngröße: Spektraler Absorptionskoeffizient bei 254 nm

Einheit: 1/m

Zielwert:

Probenahmestelle Ruhr-km	Styrum 11,35	Kettwig 23,47	Rellingh. 42,76	Stiepel 62,65	Witten 71,91	Hengstey 88,75	Westhof. 95,15	Hengsen 108,39	Warmen 121,17	Echthau. 128,31
Anzahl der Werte	12	12	129		50	52	49	49	60	61
Arith. Jahresmittel	6,4	6,4	6,3		6,5	6,5	6,1	6,0	5,9	6,1
Geom. Jahresmittel	6,2	6,2	6,1		6,3	6,4	6,0	5,9	5,7	6,0
Geom. Sommermittel	6,9	6,9	6,8		7,0	7,0	6,4	6,4	6,4	6,5
Geom. Wintermittel	5,6	5,7	5,5		5,7	5,8	5,6	5,5	5,0	5,6
Maximalwert	7,6	7,9	8,9		8,9	8,4	11,1	10,0	8,1	9,0
Datum des Max.	03.08	10.06	30.10		24.02	10.08	24.02	24.02	02.07	24.02
90-Perzentil	7,5	7,5	7,8		7,7	7,7	7,2	7,1	7,0	7,1
50-Perzentil	7,2	7,0	6,5		6,8	7,0	6,2	6,1	6,2	6,4
10-Perzentil	4,7	4,9	4,3		4,3	4,7	4,7	4,4	4,5	4,6
Minimalwert	3,6	3,9	2,5		4,0	3,8	4,0	3,7	1,2	3,9
Datum des Min.	06.01	08.01	27.04		27.01	06.01	Mehrere	27.01	11.03	27.01

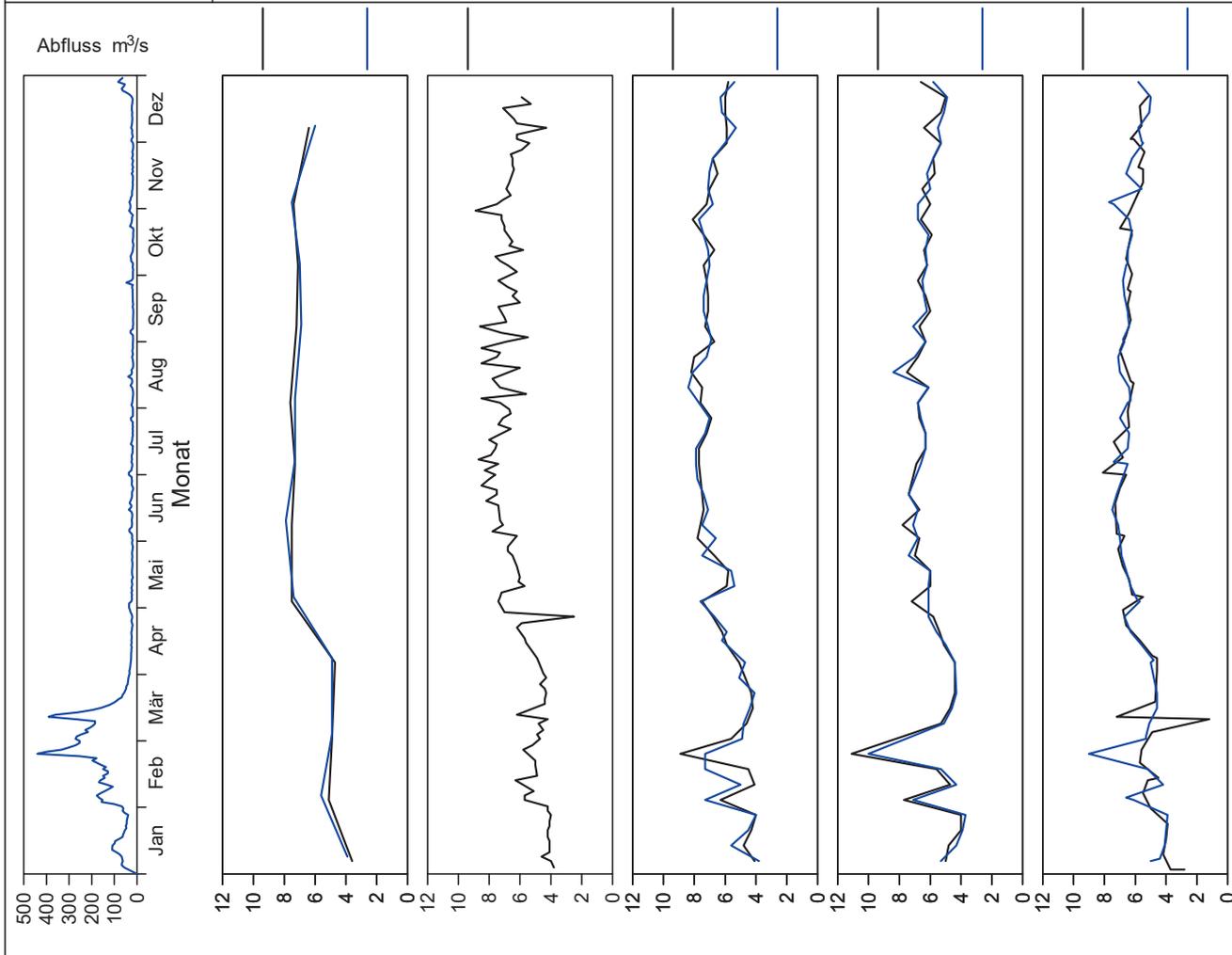


Bild 24.20: Analysenstatistik verschiedener Kenngrößen im Ruhrwasser  
 Fig. 24.20: Statistics on the analysis of selected parameters in Ruhr water

Kenngröße: Spektraler Absorptionskoeffizient bei 436 nm

Einheit: 1/m

Zielwert:

Probenahmestelle Ruhr-km	Styrum 11,35	Kettwig 23,47	Rellingh. 42,76	Stiepel 62,65	Witten 71,91	Hengstey 88,75	Westhof. 95,15	Hengsen 108,39	Warmen 121,17	Echthau. 128,31
Anzahl der Werte	12	12	129			52			48	
Arith. Jahresmittel	0,39	0,39	0,38			0,44			0,33	
Geom. Jahresmittel	0,38	0,38	0,36			0,42			0,32	
Geom. Sommermittel	0,43	0,43	0,40			0,46			0,36	
Geom. Wintermittel	0,34	0,34	0,33			0,39			0,28	
Maximalwert	0,50	0,50	0,60			0,90			0,50	
Datum des Max.	Mehrere	Mehrere	29.06			29.06			02.07	
90-Perzentil	0,50	0,50	0,50			0,50			0,40	
50-Perzentil	0,40	0,40	0,40			0,50			0,30	
10-Perzentil	0,30	0,30	0,20			0,30			0,20	
Minimalwert	0,20	0,20	0,20			0,20			0,20	
Datum des Min.	06.01	08.01	Mehrere			Mehrere			Mehrere	

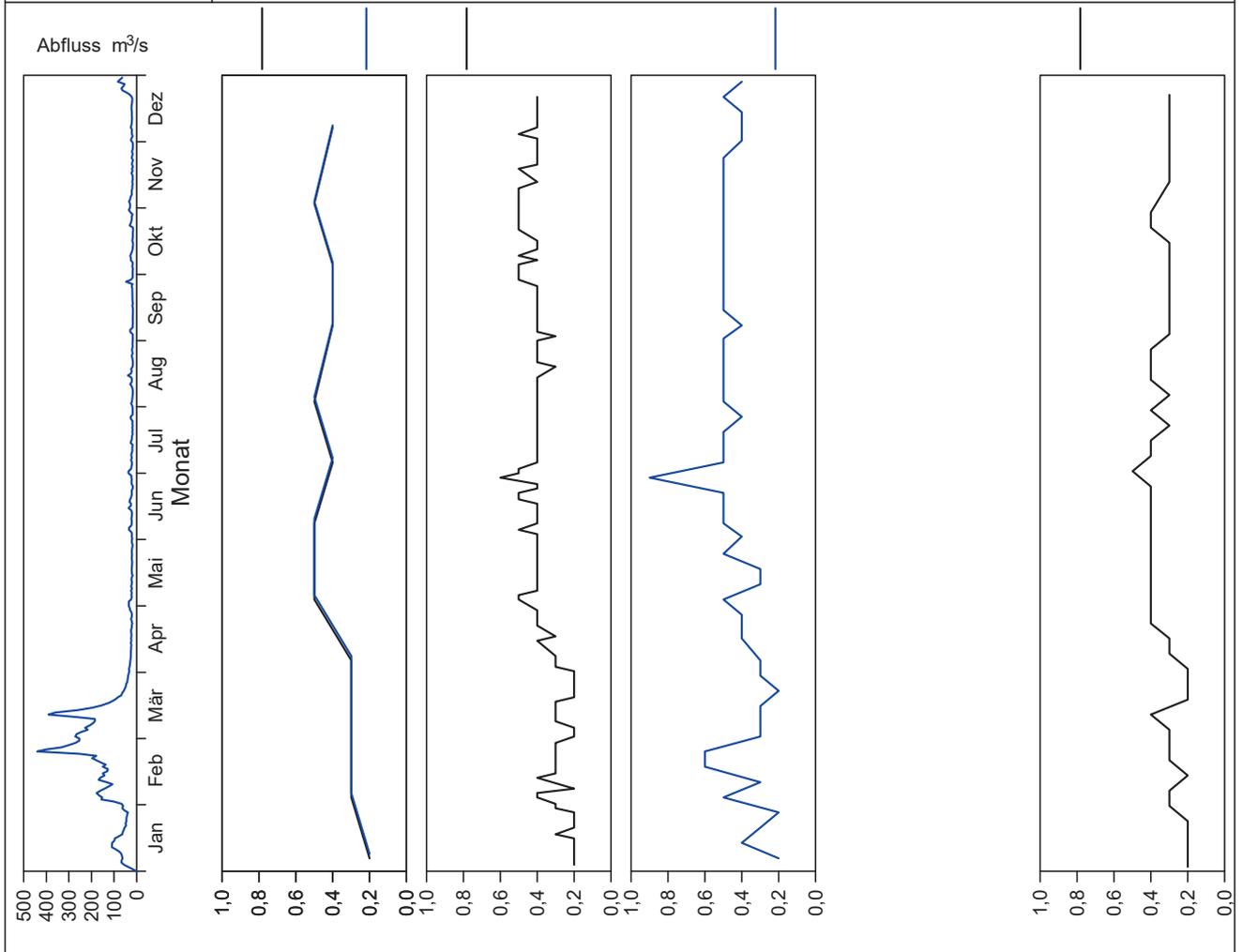


Bild 24.21: Analysenstatistik verschiedener Kenngrößen im Ruhrwasser  
 Fig. 24.21: Statistics on the analysis of selected parameters in Ruhr water

Kenngröße: Cadmium

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	11	11	129		26	46	26	26	23	26
Arith. Jahresmittel	< 0,30	< 0,30	0,06		< 0,30	< 0,10	< 0,30	< 0,30	< 0,10	< 0,30
Geom. Jahresmittel	< 0,30	< 0,30	0,05		< 0,30	< 0,10	< 0,30	< 0,30	< 0,10	< 0,30
Geom. Sommermittel	< 0,30	< 0,30	0,05		< 0,30	< 0,10	< 0,30	< 0,30	< 0,10	< 0,30
Geom. Wintermittel	< 0,30	< 0,30	0,05		< 0,30	< 0,10	< 0,30	< 0,30	< 0,10	< 0,30
Maximalwert	< 0,30	< 0,30	0,32		2,00	< 0,10	< 0,30	< 0,30	0,40	0,40
Datum des Max.	Mehrere	Mehrere	Mehrere		24.02	Mehrere	Mehrere	Mehrere	11.03	24.02
90-Perzentil	< 0,30	< 0,30	0,08		< 0,30	< 0,10	< 0,30	< 0,30	< 0,10	< 0,30
50-Perzentil	< 0,30	< 0,30	0,04		< 0,30	< 0,10	< 0,30	< 0,30	< 0,10	< 0,30
10-Perzentil	< 0,30	< 0,30	0,03		< 0,30	< 0,10	< 0,30	< 0,30	< 0,10	< 0,30
Minimalwert	< 0,30	< 0,30	0,02		< 0,30	< 0,10	< 0,30	< 0,30	< 0,10	< 0,30
Datum des Min.	Mehrere	Mehrere	03.01		Mehrere	Mehrere	Mehrere	Mehrere	Mehrere	Mehrere

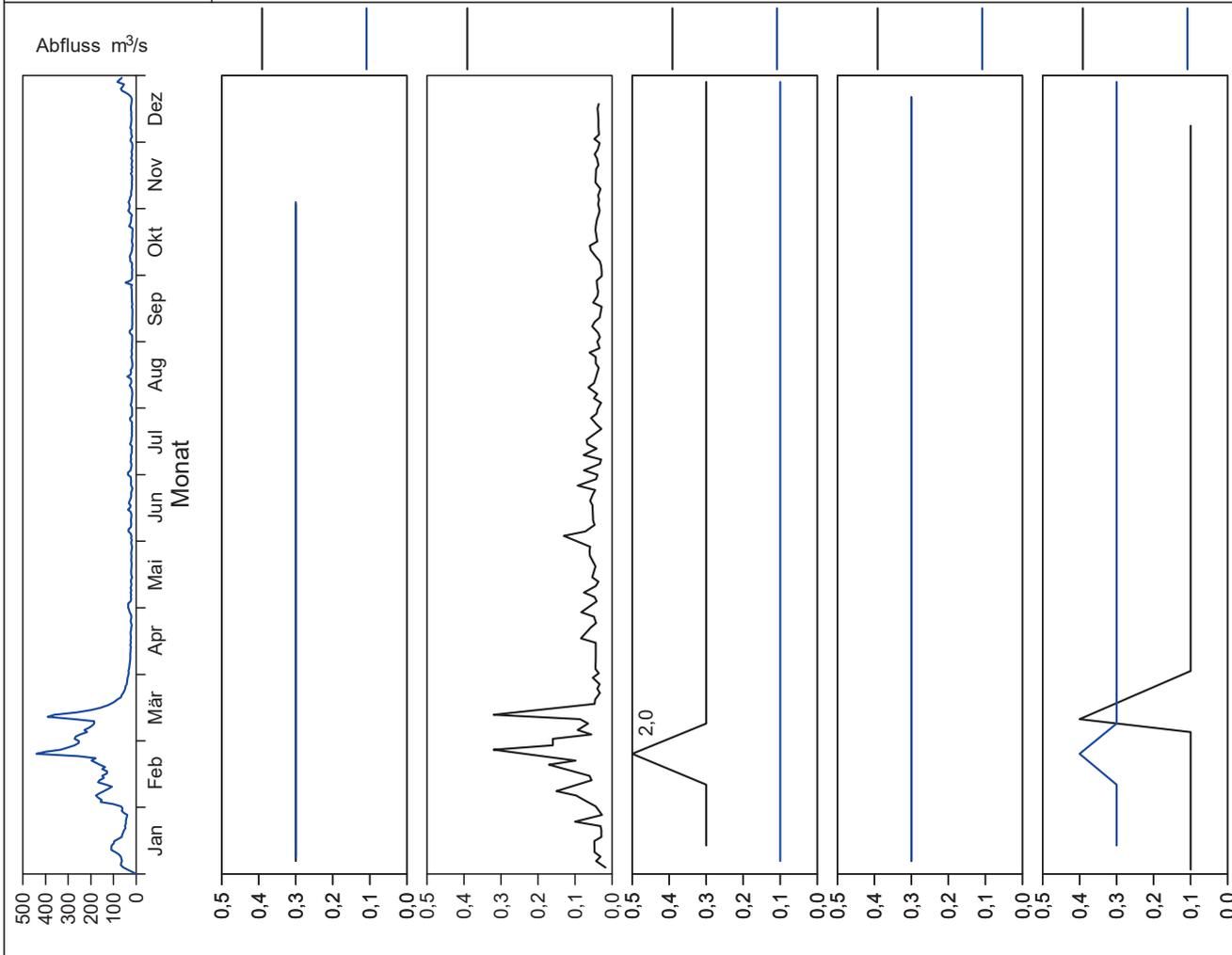


Bild 24.22: Analysenstatistik verschiedener Kenngrößen im Ruhrwasser  
 Fig. 24.22: Statistics on the analysis of selected parameters in Ruhr water

Kenngröße: Chrom  
Zielwert:

Einheit: µg/l

Probenahmestelle Ruhr-km	Styrum 11,35	Kettwig 23,47	Rellingh. 42,76	Stiepel 62,65	Witten 71,91	Hengstey 88,75	Westhof. 95,15	Hengsen 108,39	Warmen 121,17	Echthau. 128,31
Anzahl der Werte	12	12	137		26	26	26	26	23	26
Arith. Jahresmittel	< 1,0	< 1,0	0,6		< 1,0	< 0,5	< 1,0	< 1,0	< 0,5	< 1,0
Geom. Jahresmittel	< 1,0	< 1,0	< 0,5		< 1,0	< 0,5	< 1,0	< 1,0	< 0,5	< 1,0
Geom. Sommermittel	< 1,0	< 1,0	< 0,5		< 1,0	< 0,5	< 1,0	< 1,0	< 0,5	< 1,0
Geom. Wintermittel	< 1,0	< 1,0	0,6		< 1,0	< 0,5	< 1,0	< 1,0	< 0,5	< 1,0
Maximalwert	2,0	1,0	7,4		11,0	2,1	1,0	1,0	1,0	1,0
Datum des Max.	Mehrere	Mehrere	13.03		24.02	09.11	Mehrere	06.01	11.03	13.01
90-Perzentil	1,8	< 1,0	1,5		< 1,0	1,0	1,0	< 1,0	< 0,5	< 1,0
50-Perzentil	< 1,0	< 1,0	< 0,5		< 1,0	< 0,5	< 1,0	< 1,0	< 0,5	< 1,0
10-Perzentil	< 1,0	< 1,0	< 0,5		< 1,0	< 0,5	< 1,0	< 1,0	< 0,5	< 1,0
Minimalwert	< 1,0	< 1,0	< 0,5		< 1,0	< 0,5	< 1,0	< 1,0	< 0,5	< 1,0
Datum des Min.	Mehrere	Mehrere	Mehrere		Mehrere	Mehrere	Mehrere	Mehrere	03.09	Mehrere

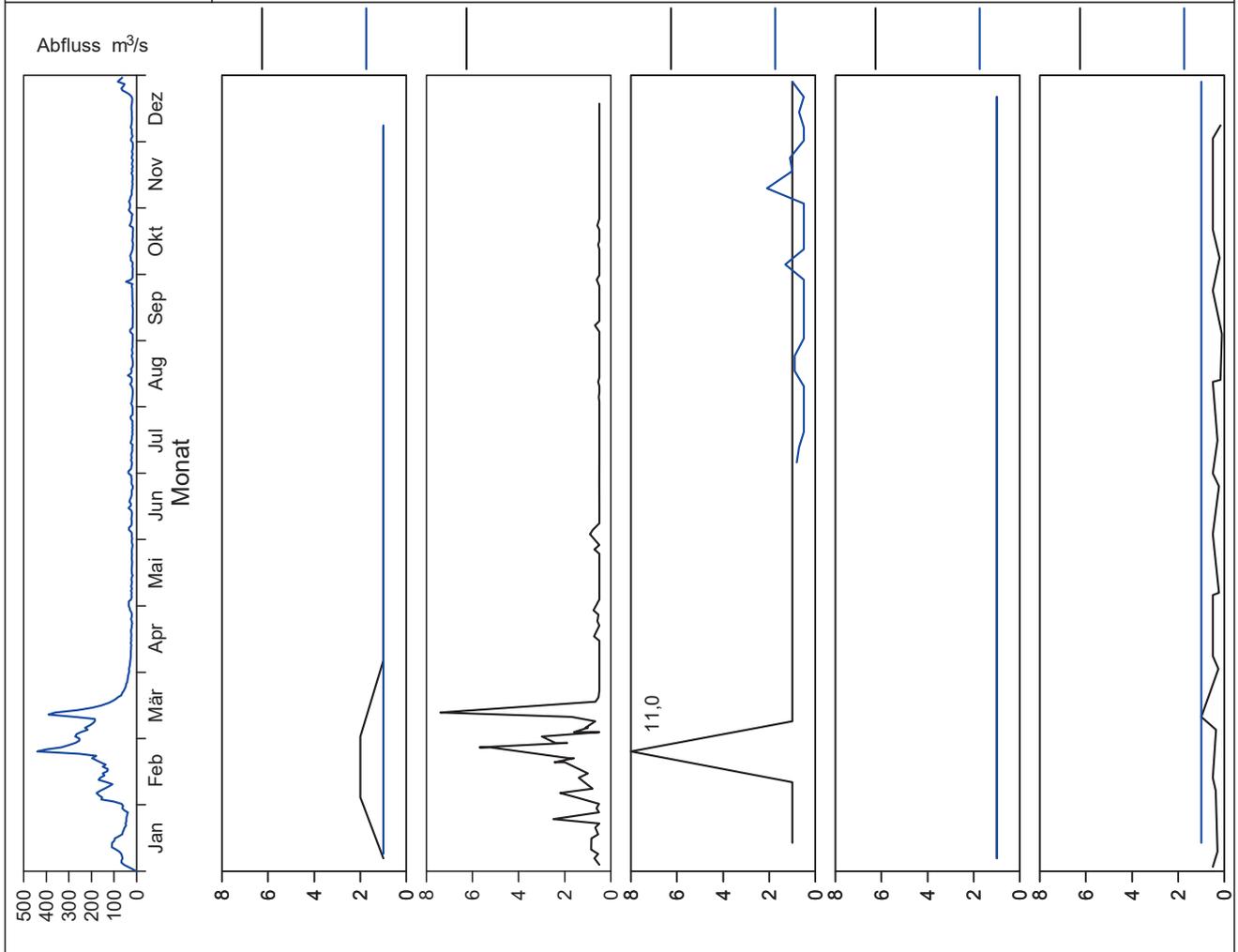


Bild 24.23: Analysenstatistik verschiedener Kenngrößen im Ruhrwasser  
Fig. 24.23: Statistics on the analysis of selected parameters in Ruhr water

Kenngröße: Nickel

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	11	11	129		26	26	26	26	23	26
Arith. Jahresmittel	2,8	2,5	2,3		2,7	< 2,0	2,3	2,7	< 2,0	< 2,0
Geom. Jahresmittel	2,8	2,4	2,2		< 2,0	< 2,0	2,1	2,1	< 2,0	< 2,0
Geom. Sommermittel	2,9	2,6	2,3		2,1	< 2,0	2,5	2,8	< 2,0	< 2,0
Geom. Wintermittel	2,6	2,2	2,2		< 2,0	< 2,0	< 2,0	< 2,0	< 2,0	< 2,0
Maximalwert	4,0	3,0	10,0		22,0	3,0	4,0	9,0	5,0	4,0
Datum des Max.	08.06	Mehrere	13.03		24.02	06.07	Mehrere	03.02	11.03	Mehrere
90-Perzentil	3,0	3,0	2,8		3,0	2,2	3,0	4,5	2,3	3,5
50-Perzentil	3,0	2,0	2,1		2,0	< 2,0	2,0	3,0	2,0	< 2,0
10-Perzentil	2,0	2,0	1,8		< 2,0	< 2,0	< 2,0	< 2,0	< 2,0	< 2,0
Minimalwert	2,0	2,0	1,4		< 2,0	< 2,0	< 2,0	< 2,0	< 2,0	< 2,0
Datum des Min.	Mehrere	Mehrere	Mehrere		Mehrere	Mehrere	Mehrere	Mehrere	Mehrere	Mehrere

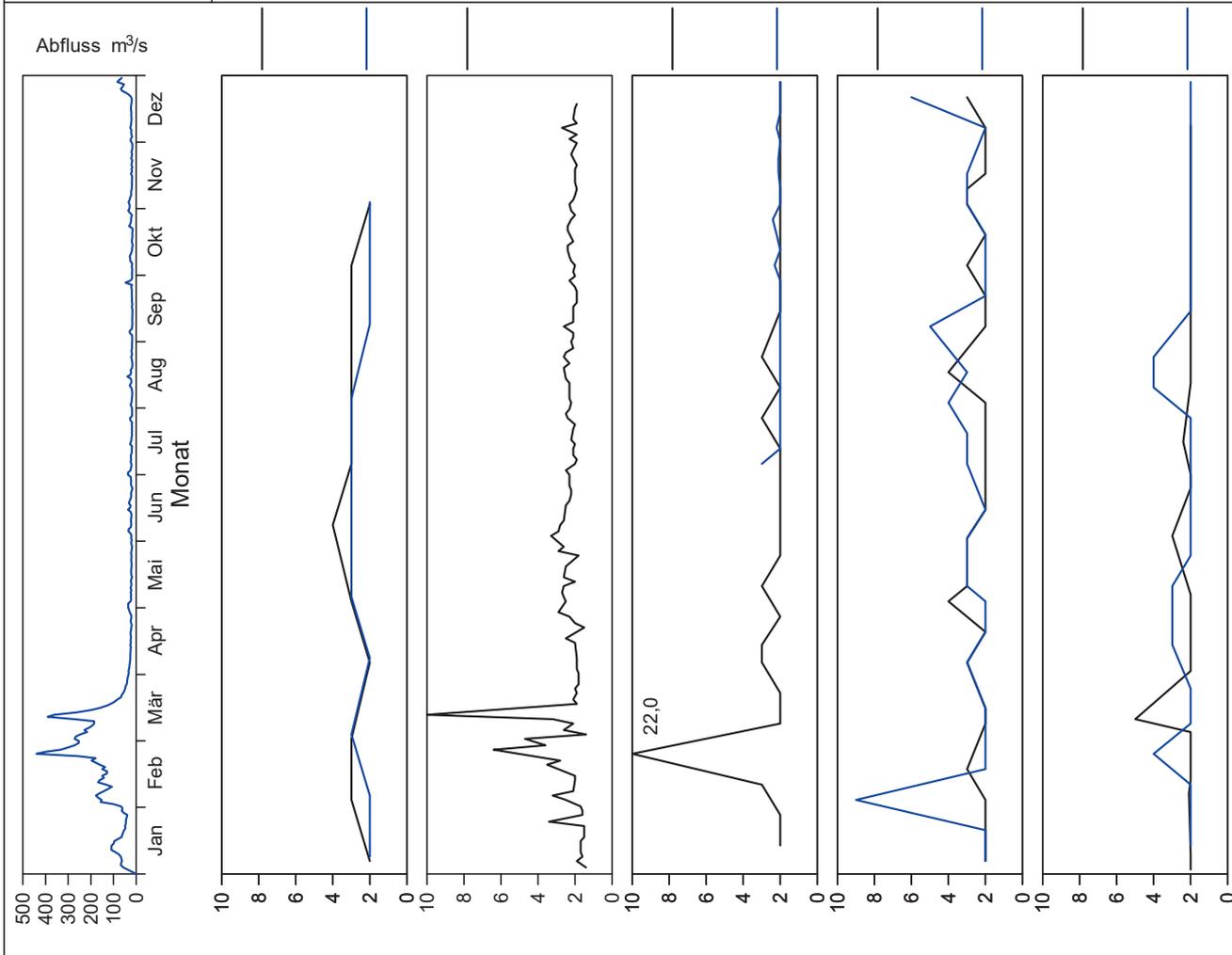


Bild 24.24: Analysenstatistik verschiedener Kenngrößen im Ruhrwasser  
 Fig. 24.24: Statistics on the analysis of selected parameters in Ruhr water

Kenngröße: Gelöstes Mangan

Einheit: µg/l

Zielwert:

Probenahmestelle Ruhr-km	Styrum 11,35	Kettwig 23,47	Rellingh. 42,76	Stiepel 62,65	Witten 71,91	Hengstey 88,75	Westhof. 95,15	Hengsen 108,39	Warmen 121,17	Echthau. 128,31
Anzahl der Werte	12	12	129		48	52	46	44	22	47
Arith. Jahresmittel	15	23	13		17	24	31	14	15	20
Geom. Jahresmittel	8	17	10		13	19	15	12	14	18
Geom. Sommermittel	3	12	< 10		10	17	14	11	13	22
Geom. Wintermittel	22	23	14		17	20	17	13	14	15
Maximalwert	27	44	34		129	108	563	93	29	94
Datum des Max.	05.10	Mehrere	Mehrere		24.02	17.08	07.12	24.02	07.05	24.02
90-Perzentil	26	44	22		23	49	45	20	24	31
50-Perzentil	16	22	13		12	18	14	12	13	17
10-Perzentil	1	4	< 10		8	9	6	8	8	10
Minimalwert	< 1	1	< 10		3	3	4	4	6	9
Datum des Min.	03.08	05.08	Mehrere		Mehrere	22.06	14.04	18.05	Mehrere	Mehrere

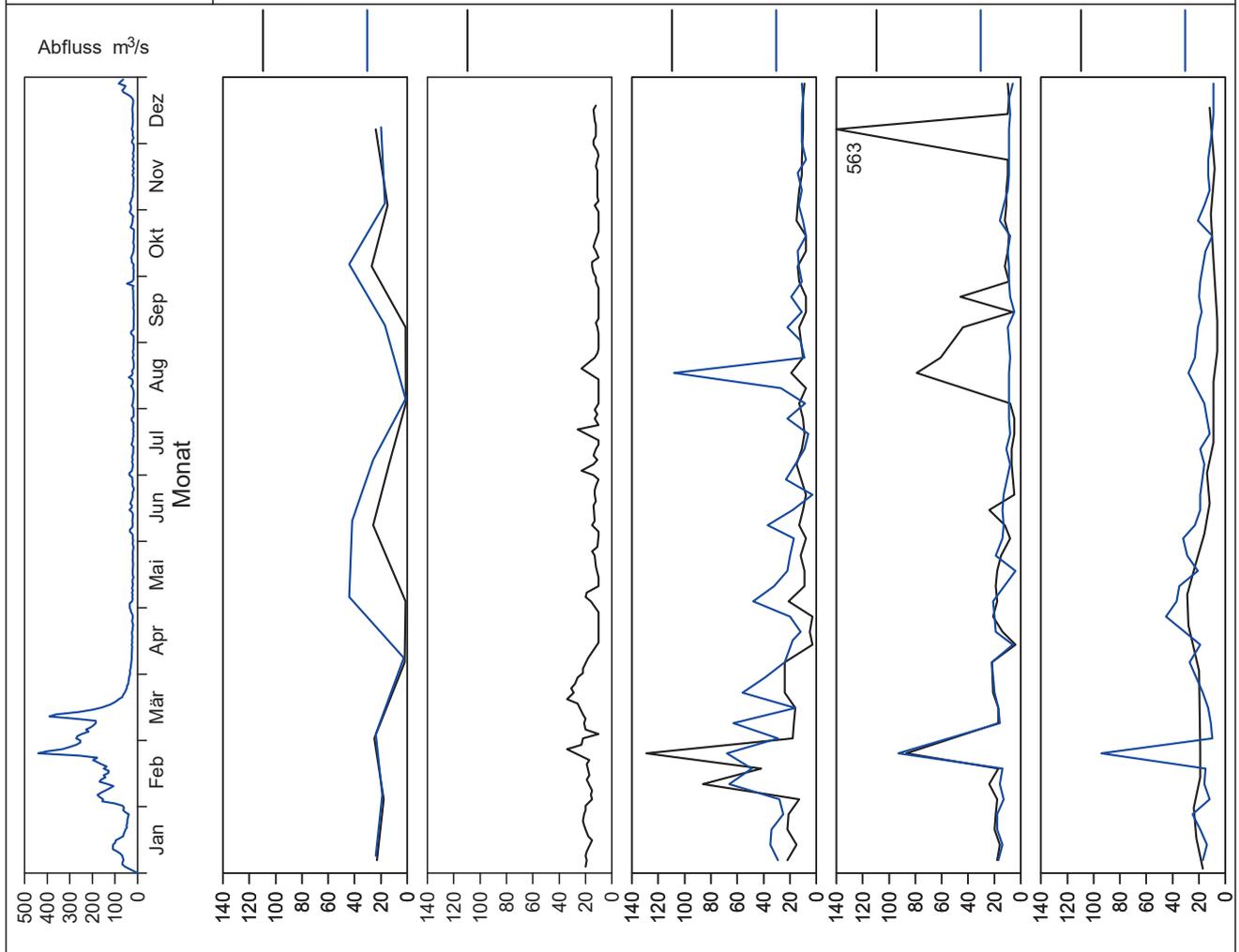


Bild 24.25: Analysenstatistik verschiedener Kenngrößen im Ruhrwasser  
 Fig. 24.25: Statistics on the analysis of selected parameters in Ruhr water

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	4		129		24		24	24	12	23
Arith. Jahresmittel	13,2		6,8		< 10,0		< 10,0	< 10,0	< 10,0	< 10,0
Geom. Jahresmittel	10,5		5,4		< 10,0		< 10,0	< 10,0	< 10,0	< 10,0
Geom. Sommermittel	14,1		6,4		< 10,0		< 10,0	< 10,0	< 10,0	< 10,0
Geom. Wintermittel	< 10,0		< 5,0		< 10,0		< 10,0	< 10,0	< 10,0	< 10,0
Maximalwert	20,0		35,0		12,0		13,0	14,0	18,0	19,0
Datum des Max.	Mehrere		09.03		Mehrere		20.07	17.08	12.08	24.02
90-Perzentil	20,0		11,0		11,0		11,0	11,7	13,8	12,0
50-Perzentil	15,0		7,0		< 10,0		< 10,0	10,0	11,0	< 10,0
10-Perzentil	< 10,0		< 5,0		< 10,0		< 10,0	< 10,0	< 10,0	< 10,0
Minimalwert	< 10,0		< 5,0		< 10,0		< 10,0	< 10,0	< 10,0	< 10,0
Datum des Min.	04.05		Mehrere		Mehrere		Mehrere	Mehrere	Mehrere	Mehrere

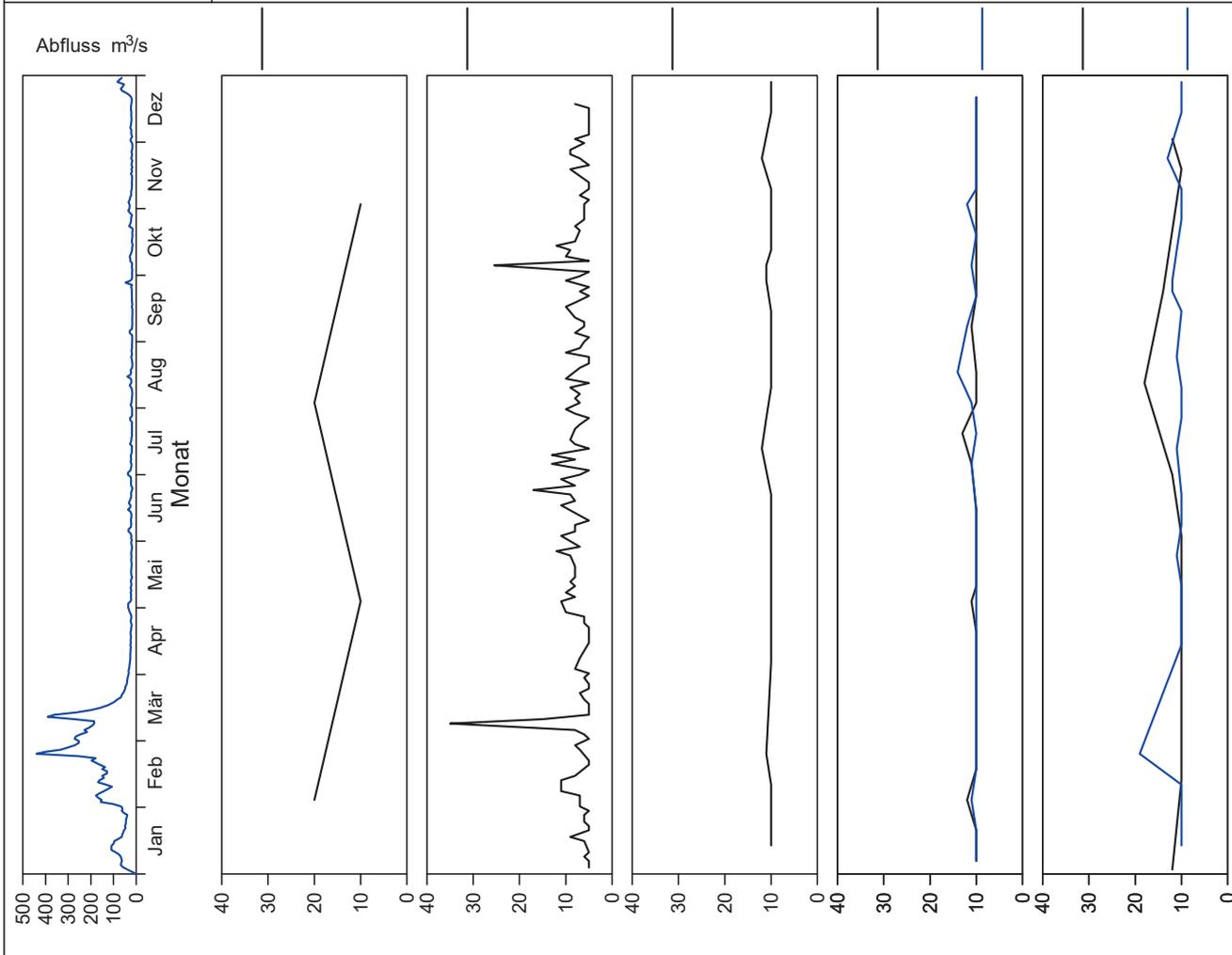


Bild 24.26: Analysenstatistik verschiedener Kenngrößen im Ruhrwasser  
 Fig. 24.26: Statistics on the analysis of selected parameters in Ruhr water

Kenngröße: Tetrachlorethen  
 Zielwert: 0.1 µg/l

Einheit: µg/l

Probenahmestelle Ruhr-km	Styrum 11,35	Kettwig 23,47	Rellingh. 42,76	Stiepel 62,65	Witten 71,91	Hengstey 88,75	Westhof. 95,15	Hengsen 108,39	Warmen 121,17	Echthau. 128,31
Anzahl der Werte	4				18	50	16	16	12	17
Arith. Jahresmittel	< 0,10				< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10
Geom. Jahresmittel	< 0,10				< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10
Geom. Sommermittel	< 0,10				< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10
Geom. Wintermittel	< 0,10				< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10
Maximalwert	< 0,10				< 0,10	0,10	< 0,10	0,10	< 0,10	< 0,10
Datum des Max.	Mehrere				Mehrere	Mehrere	Mehrere	Mehrere	Mehrere	Mehrere
90-Perzentil	< 0,10				< 0,10	< 0,10	< 0,10	0,10	< 0,10	< 0,10
50-Perzentil	< 0,10				< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10
10-Perzentil	< 0,10				< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10
Minimalwert	< 0,10				< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10
Datum des Min.	Mehrere				Mehrere	Mehrere	Mehrere	Mehrere	Mehrere	Mehrere

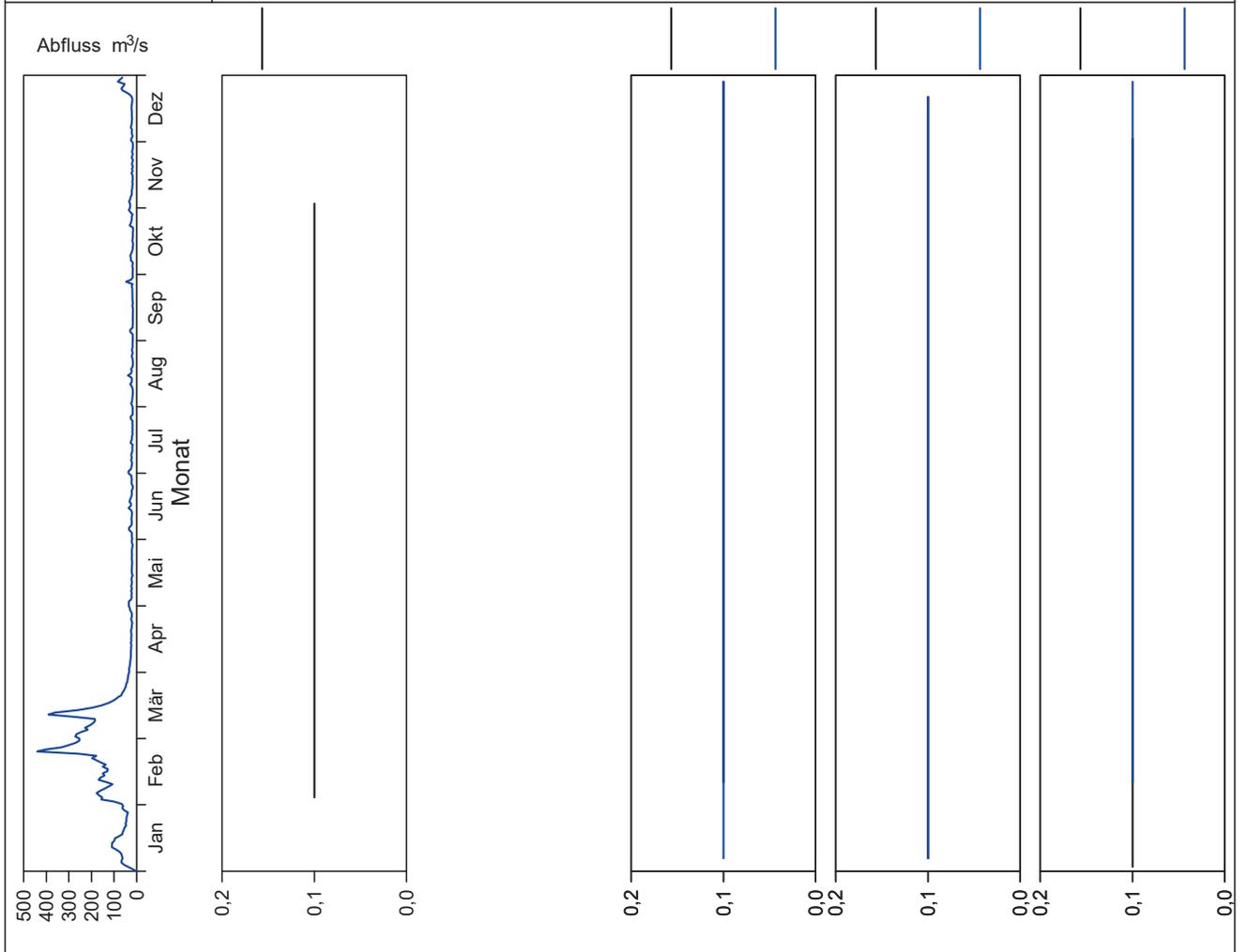


Bild 24.27: Analysenstatistik verschiedener Kenngrößen im Ruhrwasser  
 Fig. 24.27: Statistics on the analysis of selected parameters in Ruhr water

Kenngröße: Trichlorethen  
 Zielwert: 0.1 µg/l

Einheit: µg/l

Probenahmestelle Ruhr-km	Styrum 11,35	Kettwig 23,47	Rellingh. 42,76	Stiepel 62,65	Witten 71,91	Hengstey 88,75	Westhof. 95,15	Hengsen 108,39	Warmen 121,17	Echthau. 128,31
Anzahl der Werte	4				18	50	16	16	12	17
Arith. Jahresmittel	< 0,10				< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10
Geom. Jahresmittel	< 0,10				< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10
Geom. Sommermittel	< 0,10				< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10
Geom. Wintermittel	< 0,10				< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10
Maximalwert	< 0,10				< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10
Datum des Max.	Mehrere				Mehrere	Mehrere	Mehrere	Mehrere	Mehrere	Mehrere
90-Perzentil	< 0,10				< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10
50-Perzentil	< 0,10				< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10
10-Perzentil	< 0,10				< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10
Minimalwert	< 0,10				< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10
Datum des Min.	Mehrere				Mehrere	Mehrere	Mehrere	Mehrere	Mehrere	Mehrere

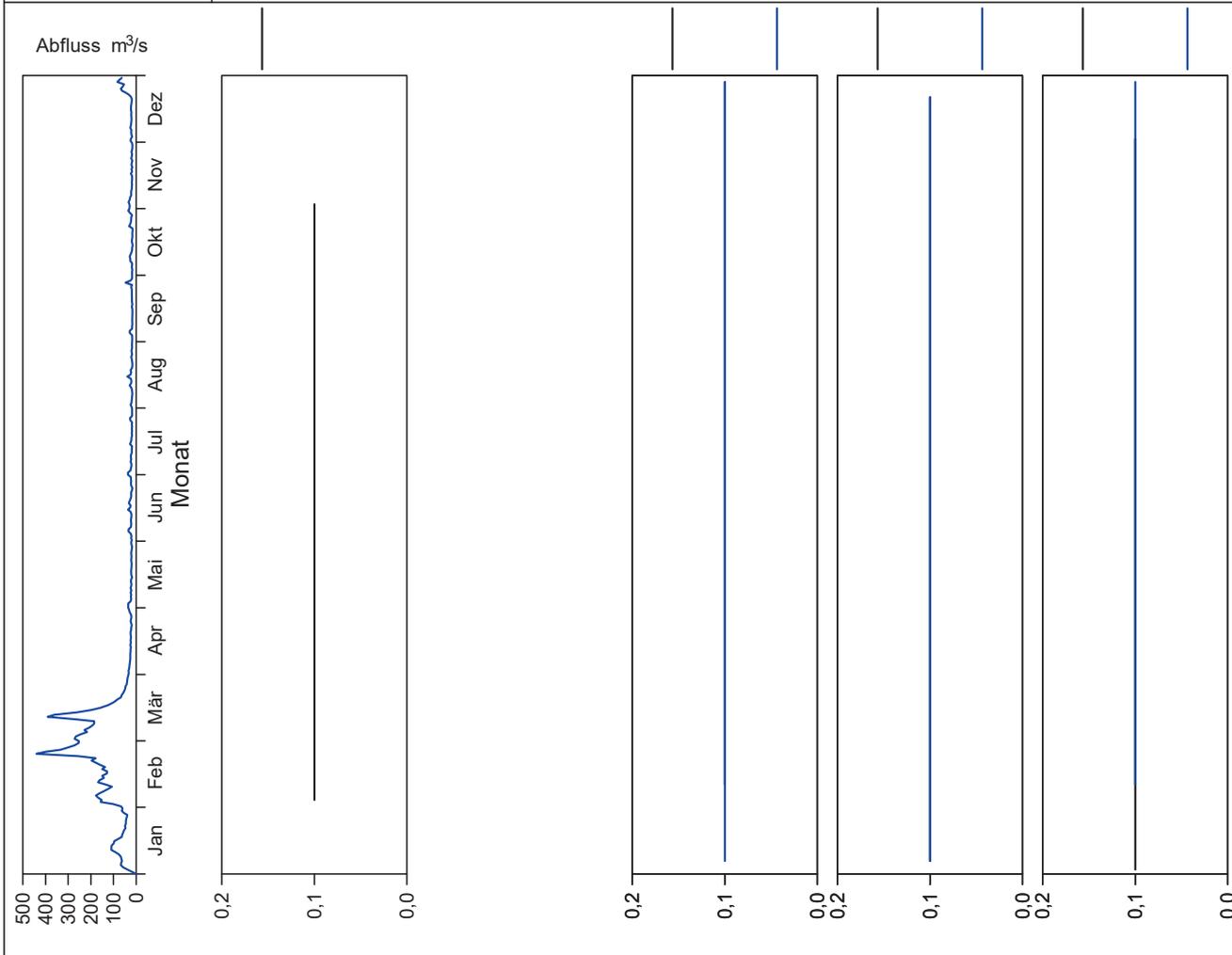


Bild 24.28: Analysenstatistik verschiedener Kenngrößen im Ruhrwasser  
 Fig. 24.28: Statistics on the analysis of selected parameters in Ruhr water

Kenngröße: Diethyltrinitrilopentaessigsäure (DTPA)

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	4		126		12		12	12		12
Arith. Jahresmittel	< 1,0		< 1,0		< 2,5		< 2,5	< 2,5		< 2,5
Geom. Jahresmittel	< 1,0		< 1,0		< 2,5		< 2,5	< 2,5		< 2,5
Geom. Sommermittel	< 1,0		< 1,0		< 2,5		< 2,5	< 2,5		< 2,5
Geom. Wintermittel	< 1,0		< 1,0		< 2,5		< 2,5	< 2,5		< 2,5
Maximalwert	< 1,0		< 1,0		< 2,5		< 2,5	< 2,5		< 2,5
Datum des Max.	Mehrere		Mehrere		Mehrere		Mehrere	Mehrere		Mehrere
90-Perzentil	< 1,0		< 1,0		< 2,5		< 2,5	< 2,5		< 2,5
50-Perzentil	< 1,0		< 1,0		< 2,5		< 2,5	< 2,5		< 2,5
10-Perzentil	< 1,0		< 1,0		< 2,5		< 2,5	< 2,5		< 2,5
Minimalwert	< 1,0		< 1,0		< 2,5		< 2,5	< 2,5		< 2,5
Datum des Min.	Mehrere		Mehrere		Mehrere		Mehrere	Mehrere		Mehrere

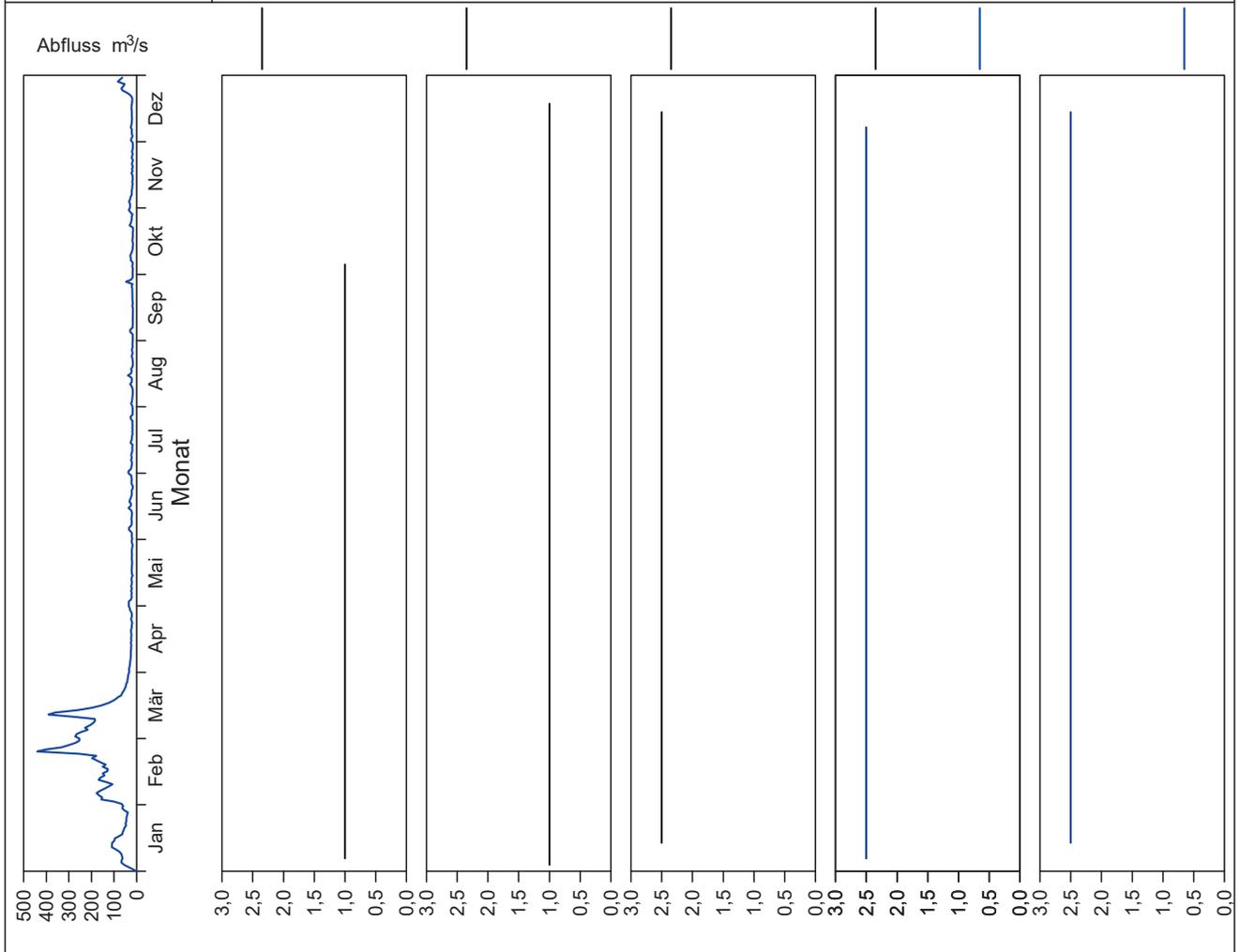


Bild 24.29: Analysenstatistik verschiedener Kenngrößen im Ruhrwasser  
 Fig. 24.29: Statistics on the analysis of selected parameters in Ruhr water

Kenngröße: Ethylendinitrilotetraessigsäure (EDTA)

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	4		129		35		34	34		35
Arith. Jahresmittel	2,8		2,4		5,4		4,2	3,2		2,9
Geom. Jahresmittel	1,9		2,2		5,0		3,9	2,9		2,6
Geom. Sommermittel	3,4		2,3		5,4		3,7	3,0		2,6
Geom. Wintermittel	1,1		1,8		4,7		4,1	2,8		2,6
Maximalwert	<b>4,6</b>		<b>5,9</b>		<b>9,6</b>		<b>7,2</b>	<b>5,3</b>		<b>5,5</b>
Datum des Max.	06.07		28.10		19.10		16.11	07.12		07.12
90-Perzentil	4,3		4,0		7,8		6,3	4,5		4,2
50-Perzentil	3,1		2,4		5,4		4,0	3,4		2,9
10-Perzentil	< 1,0		1,1		2,4		2,2	1,7		1,4
Minimalwert	< 1,0		< 0,5		1,6		1,2	< 1,0		< 1,0
Datum des Min.	06.01		26.02		24.02		09.03	16.03		13.01

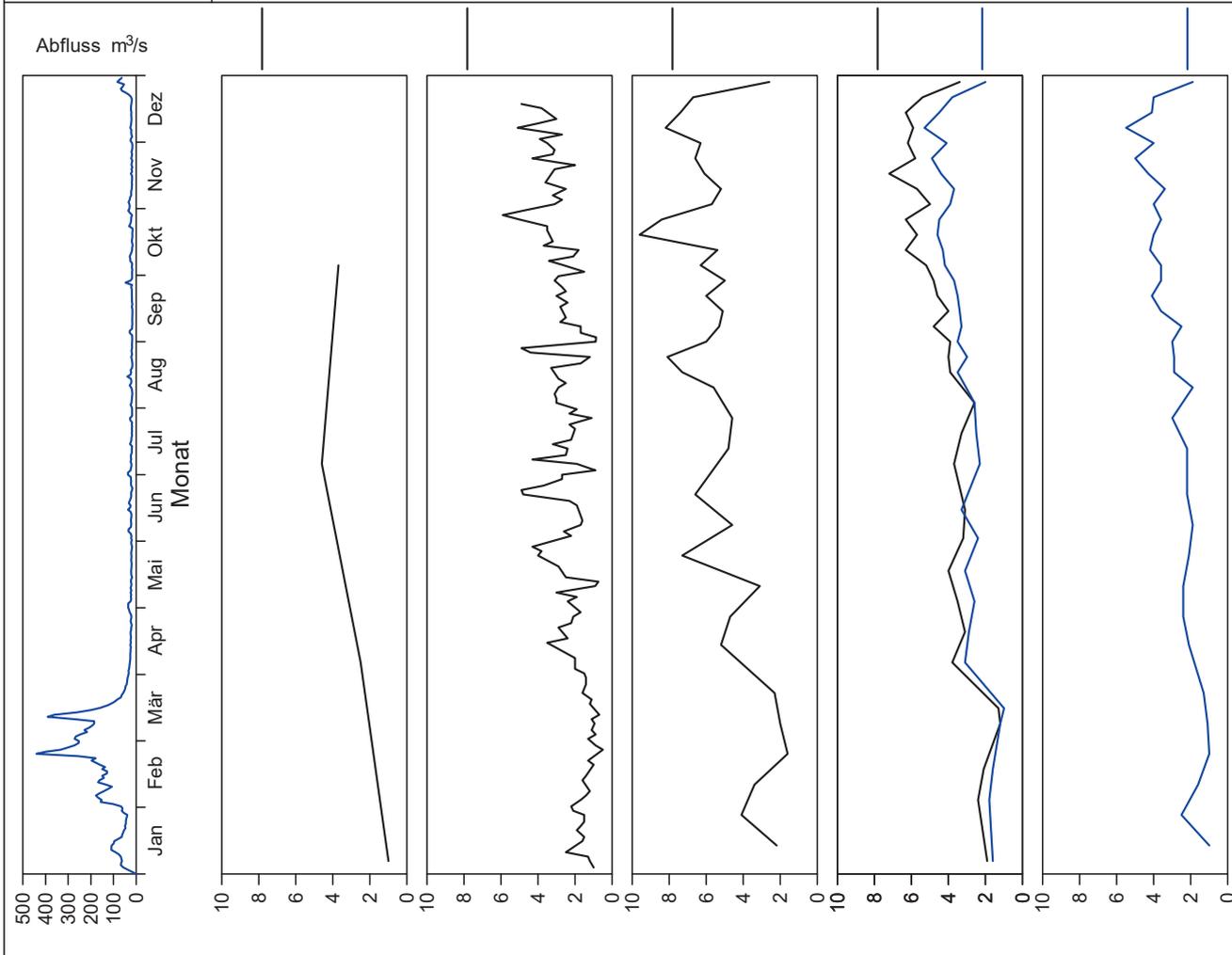


Bild 24.30: Analysenstatistik verschiedener Kenngrößen im Ruhrwasser  
 Fig. 24.30: Statistics on the analysis of selected parameters in Ruhr water

Kenngröße: Nitrilotriessigsäure (NTA)

Einheit: µg/l

Zielwert: 1 µg/l

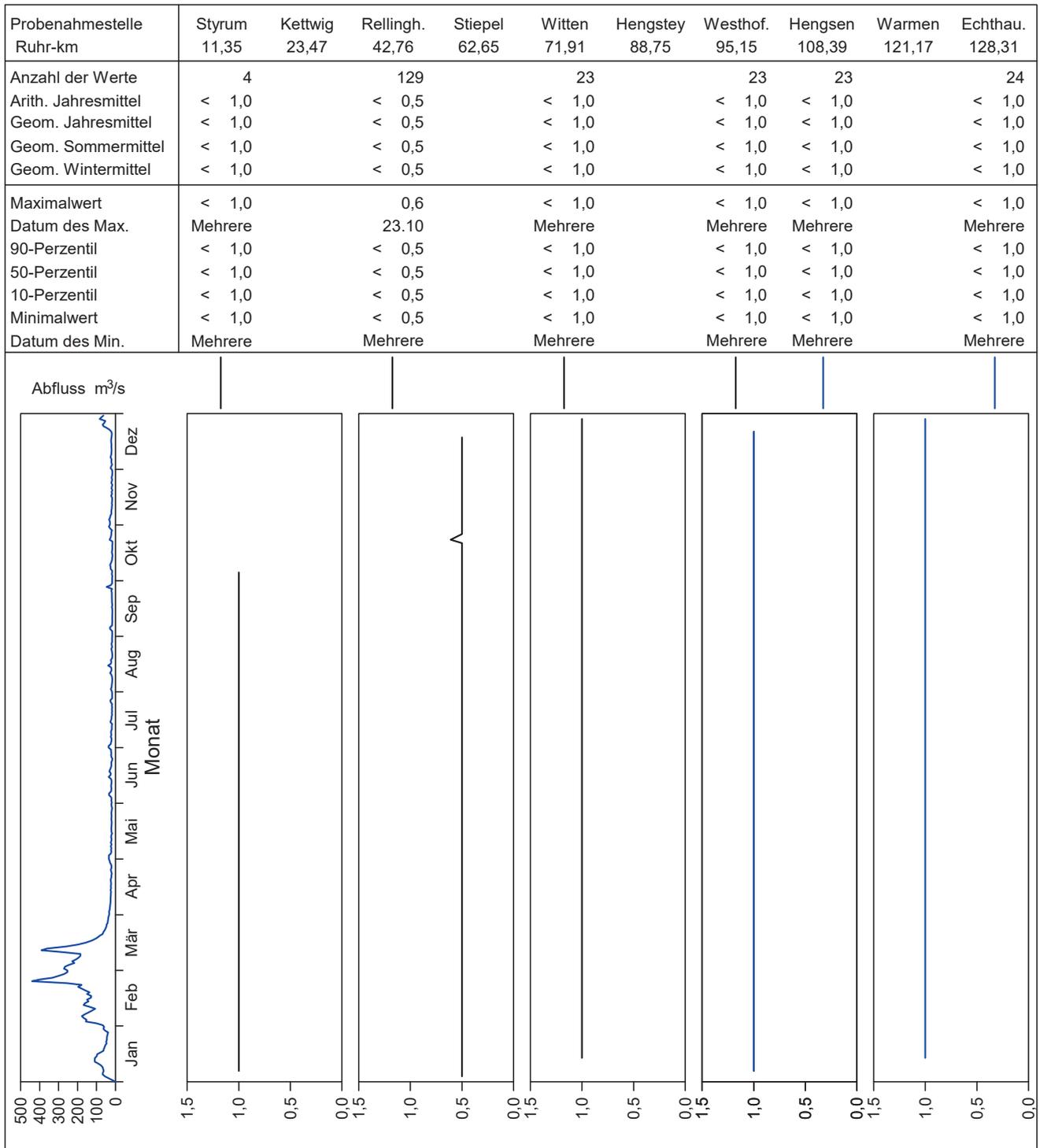


Bild 24.31: Analysenstatistik verschiedener Kenngrößen im Ruhrwasser  
 Fig. 24.31: Statistics on the analysis of selected parameters in Ruhr water

Kenngröße: Coliforme Bakterien  
Zielwert:

Einheit: 1/100 ml

Probenahmestelle Ruhr-km	Styrum 11,35	Kettwig 23,47	Rellingh. 42,76	Stiepel 62,65	Witten 71,91	Hengstey 88,75	Westhof. 95,15	Hengsen 108,39	Warmen 121,17	Echthau. 128,31
Anzahl der Werte	11	12	50		50	48	42	42	49	50
Arith. Jahresmittel	3867	3592	4300		5476	5492	5986	3624	2913	5183
Geom. Jahresmittel	2412	1170	1855		2066	2287	2373	2213	1407	2951
Geom. Sommermittel	2060	1070	1663		1695	1390	2057	1959	790	2577
Geom. Wintermittel	2915	1278	2053		2560	3617	2702	2473	2451	3380
Maximalwert	10500	19900	34480		73000	41060	69000	34000	17329	39000
Datum des Max.	02.03	05.02	26.02		24.02	03.02	24.02	24.02	20.02	24.02
90-Perzentil	8660	6721	8414		10400	15532	7970	5740	8492	12000
50-Perzentil	2490	1700	1580		1700	2284	2450	2150	1374	2400
10-Perzentil	573	170	510		627	374	584	812	458	1081
Minimalwert	529	31	292		120	192	310	460	97	580
Datum des Min.	02.11	08.04	30.11		05.10	06.04	18.05	20.04	14.05	06.04

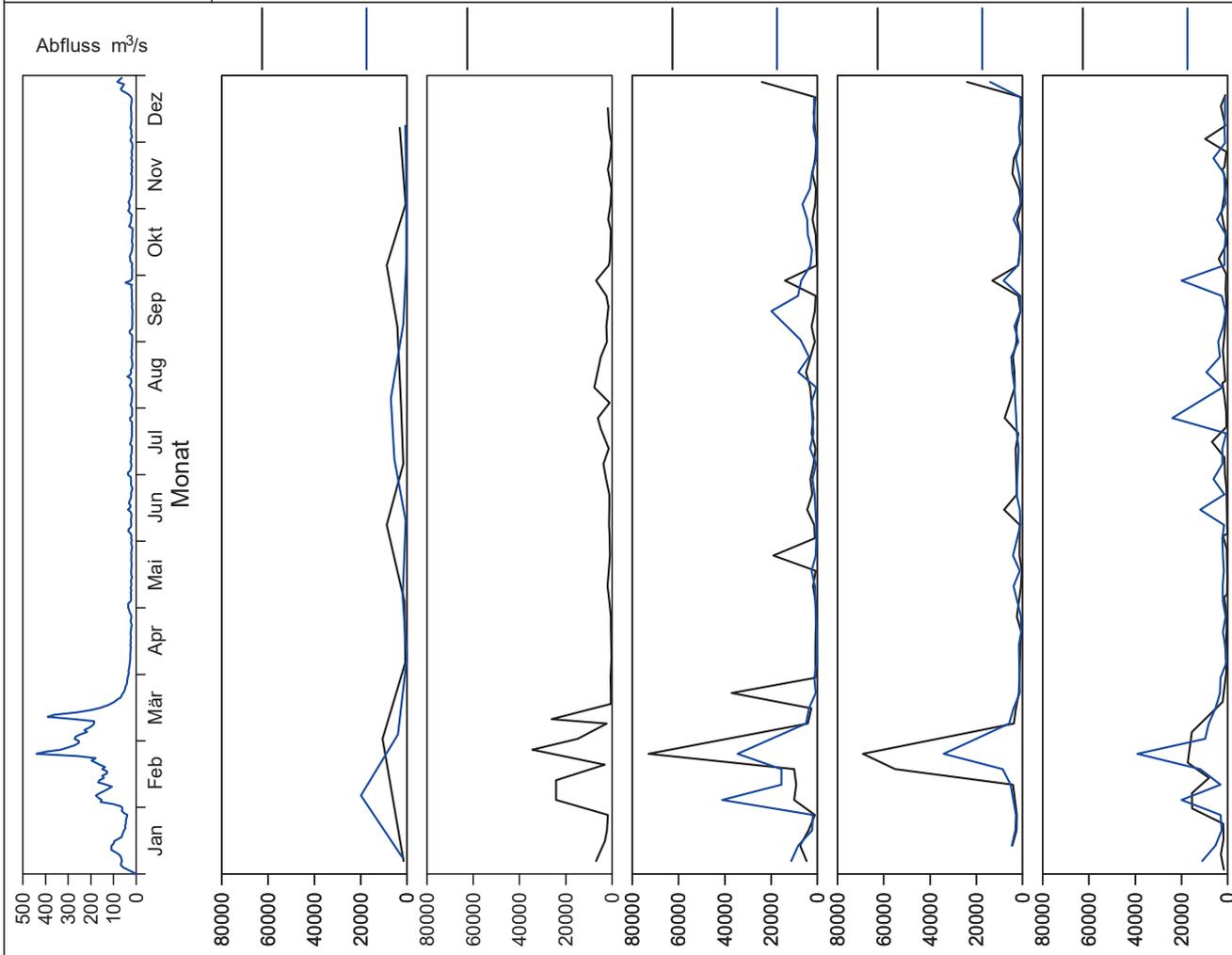


Bild 24.32: Analysenstatistik verschiedener Kenngrößen im Ruhrwasser  
Fig. 24.32: Statistics on the analysis of selected parameters in Ruhr water

Kenngröße: Escherichia coli

Einheit: 1/100 ml

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	50		51	52	42	42	43	52
Arith. Jahresmittel	1972	669	1269		1806	1149	1719	994	1562	1580
Geom. Jahresmittel	418	26	271		117	176	308	257	388	421
Geom. Sommermittel	126	5	100		22	54	123	122	101	178
Geom. Wintermittel	1390	129	682		648	576	711	508	1128	994
Maximalwert	15500	5170	12740		25000	17329	28000	13000	11159	17000
Datum des Max.	03.02	05.02	11.03		24.02	24.02	24.02	24.02	26.02	28.12
90-Perzentil	3421	1447	3130		5000	3164	1870	1880	5774	4580
50-Perzentil	242	36	158		170	122	350	190	272	310
10-Perzentil	98	0	61		0	16	53	50	54	52
Minimalwert	41	0	20		0	6	0	41	20	10
Datum des Min.	03.08	Mehrere	Mehrere		Mehrere	02.06	14.09	Mehrere	28.05	20.07

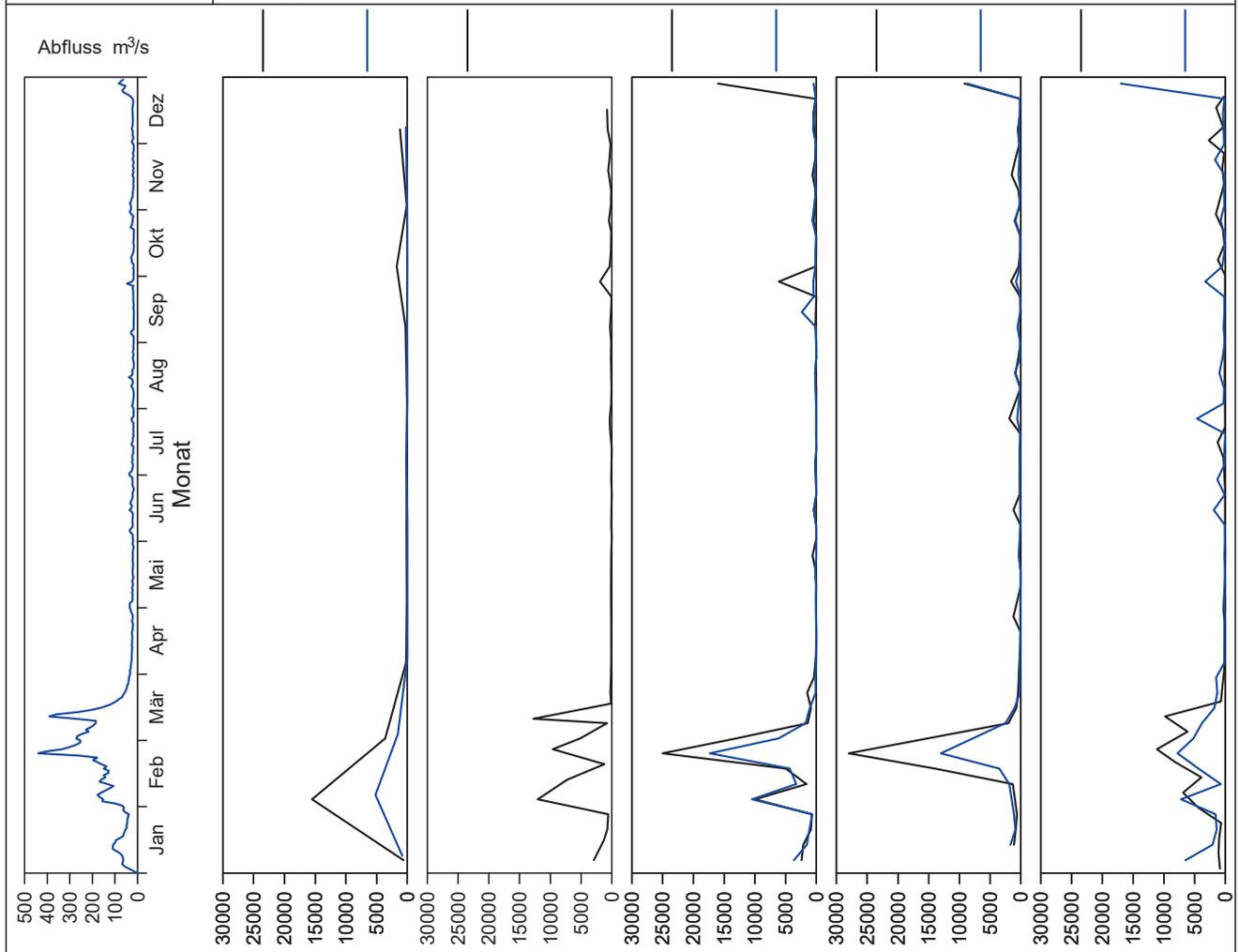


Bild 24.33: Analysenstatistik verschiedener Kenngrößen im Ruhrwasser  
 Fig. 24.33: Statistics on the analysis of selected parameters in Ruhr water

Tabelle 24.5: Im Ruhrwasser bestimmte PSM und Überschreitungen der Trinkwassergrenzwerte von 100 ng/l bzw. der Zielwerte von 50 ng/l  
 Table 24.5: Pesticides measured in the Ruhr water and exceedings of the limit for drinking water of 100 ng/l and the target value of 50 ng/l respectively

Kenngröße	Zahl der ausgewerteten Analysen	Zahl der Proben mit positivem Befund	Anteil der Proben mit positivem Befund %	Zahl der Proben mit Werten >100 ng/l	Anteil der Proben mit Werten >100 ng/l %	Zahl der Proben mit Werten >50 ng/l	Anteil der Proben mit Werten >50 ng/l %	Maximalwert ng/l
Atrazin	98	0	0,0	0	0,0	0	0,0	< 25
Bentazon	185	1	0,5	0	0,0	0	0,0	26
Bifenox	91	0	0,0	0	0,0	0	0,0	< 50
Bromoxynil	185	0	0,0	0	0,0	0	0,0	< 50
Carbetamid	113	0	0,0	0	0,0	0	0,0	< 25
Carfentraton-ethyl	72	0	0,0	0	0,0	0	0,0	< 50
Chloridazon	72	0	0,0	0	0,0	0	0,0	< 50
Chlorthalonil	121	0	0,0	0	0,0	0	0,0	< 50
Chlortoluron	98	0	0,0	0	0,0	0	0,0	< 50
Clodinafop	98	0	0,0	0	0,0	0	0,0	< 50
Clopyralid	181	0	0,0	0	0,0	0	0,0	< 100
2,4-D	185	3	1,6	0	0,0	0	0,0	5
Desethylatrazin	98	0	0,0	0	0,0	0	0,0	< 25
Desethylterbuthylazin	98	1	1,0	0	0,0	0	0,0	38
Desisopropylatrazin	4	0	0,0	0	0,0	0	0,0	< 50
Desmedipham	121	0	0,0	0	0,0	0	0,0	< 50
Dichlorprop	98	0	0,0	0	0,0	0	0,0	< 50
Diflufenikan	98	0	0,0	0	0,0	0	0,0	< 50
Dimefuron	113	0	0,0	0	0,0	0	0,0	< 25
Diuron	98	0	0,0	0	0,0	0	0,0	< 50
Epoxiconazol	75	0	0,0	0	0,0	0	0,0	< 50
Ethofumesat	72	0	0,0	0	0,0	0	0,0	< 50
Fenpropimorph	75	0	0,0	0	0,0	0	0,0	< 50
Flufenacet	211	0	0,0	0	0,0	0	0,0	< 50
Fluroxypyr	185	0	0,0	0	0,0	0	0,0	< 100
Flurtamone	113	0	0,0	0	0,0	0	0,0	< 25
Hexazinon	185	0	0,0	0	0,0	0	0,0	< 25
loxynil	185	0	0,0	0	0,0	0	0,0	< 50
Isoproturon	98	0	0,0	0	0,0	0	0,0	< 50
MCPA	185	41	22,2	1	0,5	1	0,5	110
Mecoprop	98	1	1,0	0	0,0	0	0,0	23
Metamitron	98	0	0,0	0	0,0	0	0,0	< 50
Metazachlor	98	0	0,0	0	0,0	0	0,0	< 25
Methabenzthiazuron	113	0	0,0	0	0,0	0	0,0	< 25
Metolachlor	98	0	0,0	0	0,0	0	0,0	< 50
Metribuzin	72	0	0,0	0	0,0	0	0,0	< 50
Pendimethalin	98	0	0,0	0	0,0	0	0,0	< 50
Phenmedipham	185	0	0,0	0	0,0	0	0,0	< 50
Propiconazol	75	1	1,3	0	0,0	1	1,3	67
Quinmerac	185	0	0,0	0	0,0	0	0,0	< 50
Simazin	98	0	0,0	0	0,0	0	0,0	< 25
Tebuconazol	75	0	0,0	0	0,0	0	0,0	< 50
Terbuthylazin	98	0	0,0	0	0,0	0	0,0	< 25

## Auswahl von Veröffentlichungen

### **Banhold, K.; Teschlade, D.; Weyand, M.:**

„Auswirkungen einer geänderten Wasserabgabe aus dem Ruhr-Talsperrensystem auf die Gewässergüte“  
„Effects of a changed water discharge from the reservoir system in the Ruhr River catchment on the water quality“  
Vortrag auf dem 20. IFWW Fachkolloquium am 27.05.2021 als Online-Veranstaltung

### **Bettzieche, V.:**

Bauwerksüberwachung an Staustufen – Erfahrungen des Ruhrverbands  
Structural monitoring at weirs - experiences of the Ruhrverband  
DIN-Tagung "Staustufen in der Wasserbau-Normung", 11.02.2020, Hannover

### **Bettzieche, V.:**

Zahlen lügen nicht ... – Kommentar  
Numbers don't lie ... - Comment  
WasserWirtschaft, Ausgabe 9/20; Wiesbaden: Springer Vieweg; 2020

### **Bettzieche, V.:**

Satellitenüberwachung der Verformungen von Staumauern und Staudämmen  
Satellite monitoring of the deformations of dams  
WasserWirtschaft, Ausgabe 9/20; Wiesbaden: Springer Vieweg; 2020

### **Bettzieche, V.:**

Stability assessment of small dams  
Zuverlässigkeitsnachweise für kleine Staudämme  
DWA-Seminar Kleine Stauanlagen, 05.11.2020, WebSeminar

### **Bettzieche, V.:**

Das neue DWA-Themenheft T 1/2019 „Dokumente für kleine Talsperren und Hochwasserrückhaltebecken“  
The new DWA-Booklet T 1/2019 „Documents for small reservoirs and flood retention basins“  
DWA-Seminar Kleine Stauanlagen, 05.11.2020, WebSeminar

### **Demisch, G., Schönfeld A. et al.:**

Bauwerksüberwachung 4.0 an der Ennepetalsperre mittels Big-Data-Analysen  
Big data analysis based structural monitoring approach for the Ennepetal reservoir  
WasserWirtschaft, Ausgabe 9/20; Wiesbaden: Springer Vieweg; 2020

### **Gerner, N.V.; Podschun, S.A.; Sommerhäuser, M.; Weyand, M.:**

„Ökosystemleistungen zur Erfolgsbewertung und -darstellung von Gewässerumgestaltungs- und -unterhaltungsmaßnahmen“  
„Ecosystem services for evaluating and presenting the success of renaturation and maintenance measures in rivers“  
KW Korrespondenz Wasserwirtschaft, 14. Jahrgang, Heft 5/2021, Seite 265 bis 271, ISSN 1865-9926

### **Jardin, N.:**

Water Framework Directive in Europe: Ambition and Reality.  
Wasserrahmenrichtlinie in Europa: Anspruch und Realität.  
OZWater 2021 - Reimagining our Water Future. Australian Water Association. Adelaide (Virtual Conference), 04.05.2021.

### **Kühlmann, M.:**

„Qualitätssicherung bei Sonderbauwerken zum Fischauf- und -abstieg“  
„Quality assurance at special structures for up- und downstream fish migration“  
Vortrag auf der BEW-Tagung „Fischdurchgängigkeit an Querbauwerken“ am 03.09.2020 in Essen

### **Kühlmann, M.:**

„Der Fischlift Baldeney – Umsetzung und erste Erfahrungen“  
„The fish lift Baldeney - implementation and first experiences“  
Vortrag auf der Fachtagung Wasserkraft der EnergieAgentur. NRW am 28.01.2021 als Online-Veranstaltung

### **Last, K., et al.:**

Manuelle Lotdrahtpositionsbestimmung mittels LED-Pointer  
Manual pendulum wire positioning using an LED-Pointer  
WasserWirtschaft, Ausgabe 9/20; Wiesbaden: Springer Vieweg; 2020

### **Mälzer, H.-J.; Schönfeld, A.; Schneider, Y.; Bachmann-Machnik, A.:**

Baden im Baldeneysee: Entwicklung eines Frühwarnsystems und Erfahrungen aus drei Jahren Badebetrieb  
Korrespondenz Wasserwirtschaft, 13. Jahrgang, Heft 6, S. 317ff

### **Roesler, F.; Rudzinski, U.; Schiffmann, A.; Schneeberger, M.:**

Sanierung der Wehrwalzen an Hengstey- und Baldeneysee  
Rehabilitation of the roller drum gates at Lake Hengstey and Lake Baldeney  
Stahlbau, <https://doi.org/10.1002/stab.201900008>

**Schneider, Y.:**

AMPHORE – Regionales Klärschlamm- und Aschen-Management zum Phosphorrecycling für einen Ballungsraum  
AMPHORE – Regionale Sewage Sludge and Ash Management Enabling Phosphorus Recycling in a Congested Area.  
6. Kongress Phosphor – ein kritischer Rohstoff mit Zukunft (DWA) am 25./26.11.2020 (Stuttgart/Webkonferenz)

**Schneider, Y.:**

Evaluierung und Auswahlprozess für P-Rückgewinnungsverfahren – Vorgehen beim Ruhrverband und im Konzept „AMPHORE“  
Process for Evaluation and Selection of Technologies for Phosphorus Recovery – Approach at Ruhrverband and within the Concept “AMPHORE”  
2. Betreiberforum P-Rückgewinnung (DWA) am 17.06.2020 (Webkonferenz)

**Schneider, Y.:**

AMPHORE – Regionales Klärschlamm- und Aschen-Management zum Phosphorrecycling für einen Ballungsraum  
AMPHORE – Regionale Sewage Sludge and Ash Management enabling Phosphorus Recycling in a Congested Area  
RePhoR-Auftaktveranstaltung am 03.11.2020 (Webkonferenz)

**Schönfeld A., Demisch, G.:**

Agiler Ansatz zur Entwicklung des Datenmanagements beim Ruhrverband  
Agile approach to data management development at the Ruhrverband  
WasserWirtschaft, Ausgabe 9/20; Wiesbaden: Springer Vieweg; 2020

**Schwätzer, L.:**

„Schwarzmarkt des Wissens – die etwas andere Form, Wissen zu vermehren!“ Das Programm NEPTUN: Digitalisierung über eine Matrixorganisation neben der Linie  
„Black market of knowledge – the somewhat different way of increasing knowledge!“ The program NEPTUN: Digitization via a matrix organization next to the line  
Vortrag auf dem 2. Forum „Agile Verwaltung für die Stadt von morgen“ am 27.02.2020

**Weltmann S.:**

Datenübertragung von entfernten Messstellen mit LoRaWAN  
Data transmission from remote measuring points with LoRaWAN  
WasserWirtschaft, Ausgabe 9/20; Wiesbaden: Springer Vieweg; 2020

**Weyand, M.:**

„Flussgebietsmanagement im Zeichen aktueller Megatrends“  
„River Basin management under the sign of actual mega trends“  
KW Korrespondenz Wasserwirtschaft, 13. Jahrgang, Heft 9/2020, Seite 458 bis 465, ISSN 1865-9926

**Weyand, M.:**

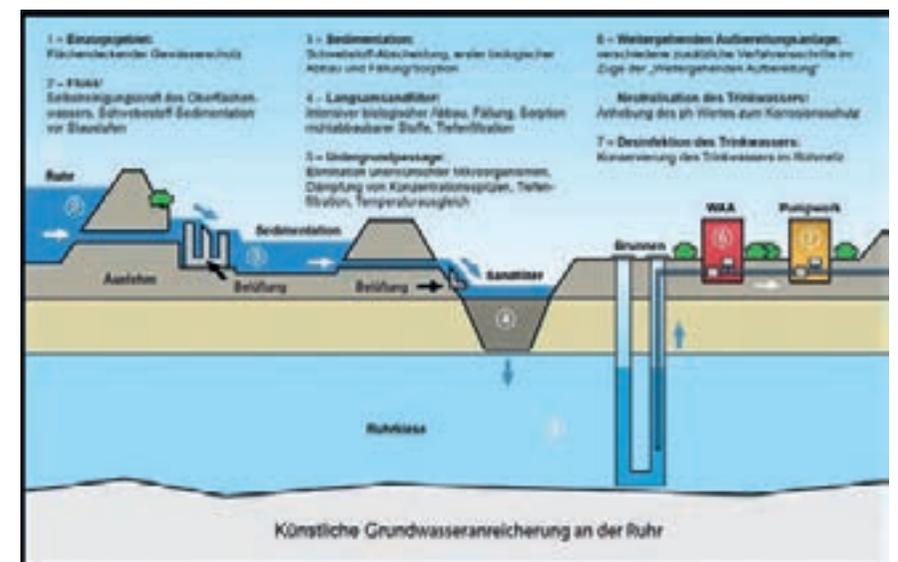
„Erfordernisse für eine erfolgreiche Umsetzung der Wasserrahmenrichtlinie in Deutschland“  
„Requirements for a successful implementation of the Water Framework Directive in Germany“  
Vortrag auf dem DWA-Seminar „Wasserwirtschaftliche und naturschutzfachliche Anforderungen bei Fließgewässerrenaturierungen“ am 22.09.2020 Erfurt







### Beispielhafte Darstellung des Prozesses der Trinkwassererzeugung



### Kooperation zwischen Landwirtschaft und Wasserwirtschaft im Einzugsgebiet der Ruhr

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

Die AWWR-Mitglieder finanzieren diese Kooperation. Mit Einführung des Wasserentnahmeentgeltes 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 über vier 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.

## AWWR-Mitglieder



Die Arbeitsgemeinschaft der Wasserwerke an der Ruhr e.V. (AWWR) ist ein freiwilliger Zusammenschluss von Wasserversorgungsunternehmen, die Wasser aus dem Ruhrtal 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. Die Unternehmen zwischen Winterberg und Mülheim bündeln so ihre Interessenvertretung. Die AWWR ist Ansprechpartnerin zu Themen der Trinkwasserversorgung an der Ruhr.

Im Fokus steht eine gesicherte Trinkwasserversorgung im Ruhreinzugsgebiet und den aus dem Ruhrtal 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 4,5 Millionen Menschen im Ruhrgebiet sowie im Münsterland und Sauerland dient, nachhaltig zu schützen.

# AWWR

Aktiv für Ihr Wasser aus dem Ruhrtal

c/o

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

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

[www.awwr.de](http://www.awwr.de)

 **Ruhrverband**  
WISSEN, WERTE, WASSER

Kronprinzenstraße 37, 45128 Essen  
Postfach 10 32 42, 45032 Essen  
Telefon (02 01) 1 78 - 0  
Fax (02 01) 1 78 - 14 25  
[www.ruhrverband.de](http://www.ruhrverband.de)

ISSN 1613-4729