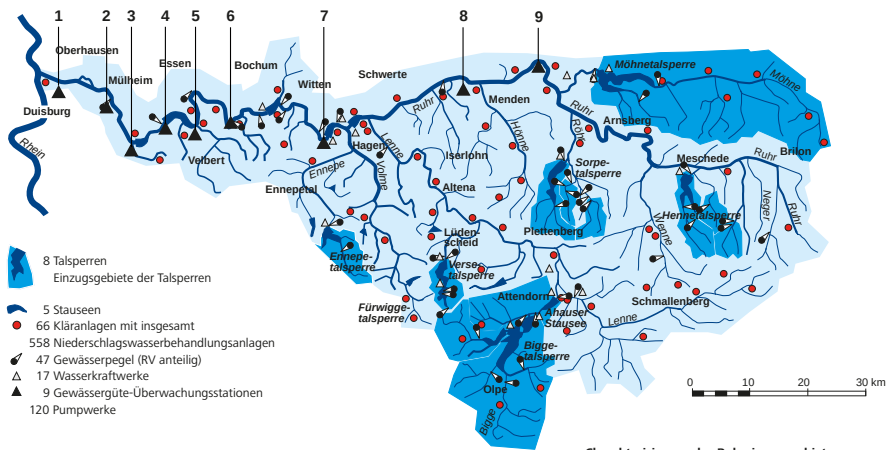




Abflussganglinie und Abkürzungsverzeichnis auf der Innenklappe

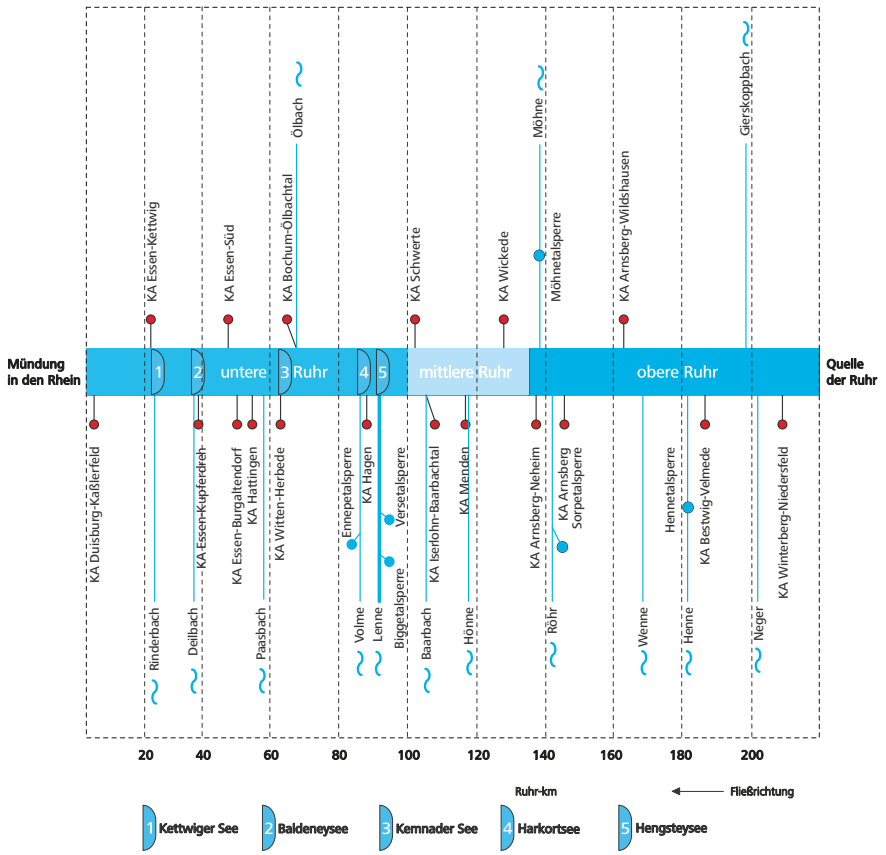


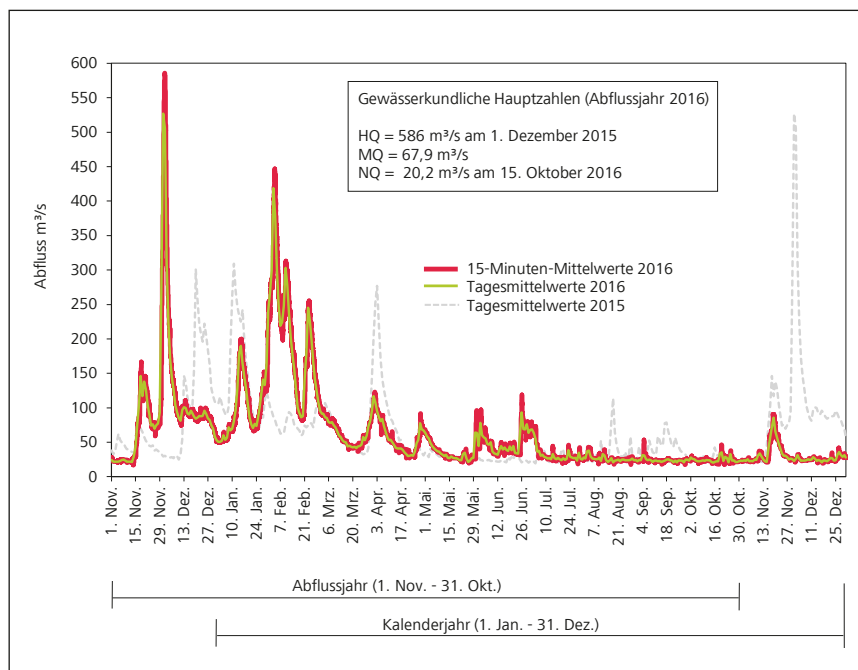
Gewässergüte-Überwachungsstationen (kontinuierlich)

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

Charakterisierung des Ruhreinzugsgebiets nach EG-WRRL

Fläche:	4.478 km ²
Höhenverhältnisse:	20 bis 800 m ü. NN
Anzahl der Planungseinheiten:	9
Gesamtlänge der Fließgewässer:	~7.000 km
Anzahl Gewässer im Einzugsgebiet > 10 km ² :	122
Anzahl Grundwasserkörper:	30
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 2016
 Runoff means during 15 minutes and 24 hours at the gauging station Hattingen/Ruhr in the water year and calendar year 2016

Abkürzungsverzeichnis

Kurzname	Kenngröße	Einheit	Kurzname	Kenngröße	Einheit
AbfSt	Abfiltrierbare Stoffe	mg/l	o-PO ₄ -P	Orthophosphat-Phosphor (o-Phosphat)	mg/l
AOX	Adsorbierbare Organisch Gebundene Halogene	µg/l	PAK	Polycyclische Aromatische Kohlenwasserstoffe	µg/l
BiAS	Bismutaktive Substanzen (nichtionische Tenside)	mg/l	PAKf	Gelöste Polycyclische Aromatische Kohlenwasserstoffe	µg/l
BO ₃ -B	Borat-Bor	mg/l	PBDE	Polybromierte Diphenylether	µg/kg
BSB ₅₍₂₎	Biochemischer Sauerstoffbedarf in 5 (2) Tagen	mg/l	PBSM/PSM	Pflanzenbehandlungs- und Schädlingsbekämpfungsmittel/ Pflanzenschutzmittel	ng/l
BTXE	Aromatische Kohlenwasserstoffe	µg/l	PCB	Polychlorierte Biphenyle	mg/kg
CHLA	Chlorophyll-a	µg/l	PCDD	Polychlorierte Dibenzodioxine	ng/kg
CSB	Chemischer Sauerstoffbedarf (der Gesamtprobe)	mg/l	PCDF	Polychlorierte Dibenzofurane	ng/kg
DEHP	Diethylhexylphthalat	µg/l	PFT	Perfluorierte Tenside	ng/l
DOC	Gelöster Organisch Gebundener Kohlenstoff	mg/l	pH	pH-Wert	
DTPA	Diethylentriaminoethylpentaessigsäure	µg/l	Q	Abfluss	m³/s
EDTA	Ethylendinitrilotetraessigsäure	µg/l	S	Saprobienindex	
EG-WRRL	EG-Wasserrahmenrichtlinie		SAK 254	Spektraler Absorptionskoeffizient bei 254 nm	m ⁻¹
HMWB	Erheblich veränderter Wasserkörper (Heavily Modified Water Body)		SAK 436	Spektraler Absorptionskoeffizient bei 436 nm	m ⁻¹
ISS	Sauerstoffsättigungsindex (relative Sauerstoffsättigung)	%	ST	Sichttiefe	dm
IVF	In vivo Fluoreszenz	mV	TBP	Tributylphosphat	µg/l
K _{S 4,3}	Säurekapazität	mmol/l	TCEP	Tris-(2-chlorethyl)phosphat	µg/l
LAS	Lineare Alkylbenzolsulfonate	mg/kg	TCEP	Tris-(2-chlorisopropyl)phosphat	µg/l
LF	Elektrische Leitfähigkeit	µS/cm	TEP	Triethylphosphat	µg/l
LHKW	Leichtflüchtige Halogenkohlenwasserstoffe	µg/l	TIC	Gesamter Anorganisch Gebundener Kohlenstoff	mg/l
MBAS	Methylenblauaktive Substanzen (anionische Tenside)	mg/l	TIN	Gesamter Anorganisch Gebundener Stickstoff	mg/l
MCPA	2-Methyl-4-Chlorphenoxyessigsäure	mg/l	TN	Gesamtstickstoff	mg/l
m _T	Trockenmasse	g	TOC	Gesamter Organisch Gebundener Kohlenstoff	mg/l
MTBE	Methyl-tertiär-Butylether	µg/l	TON	Gesamter Organisch Gebundener Stickstoff	mg/l
NH ₄ -N	Ammonium-Stickstoff	mg/l	TP	Gesamtphosphor	mg/l
NO ₂ -N	Nitrit-Stickstoff	mg/l	TPf	Gesamtphosphor im Filtrat (mit Aufschluss)	µg/l
NO ₃ -N	Nitrat-Stickstoff	mg/l	T _W	Wassertemperatur	°C
NPE	Nonylphenoethoxylate	µg/l	w _T	Trockenrückstand	%
NTA	Nitrilotriessigsäure	µg/l			
NWB	Natürlicher Wasserkörper (Natural Water Body)				
O ₂	Gelöster Sauerstoff	mg/l			

Titelbild:

An der Hennetalsperre (rechtes Bild) hat Hochsauerlandwasser ein neues Trinkwasserwerk errichtet, das bis zu 6.800 Kubikmeter Trinkwasser täglich aus dem direkt entnommenen Talsperrenwasser produzieren kann (linkes Bild, Foto: HSW).

Wir danken

Georg zur Strassen, Dr. Christoph Härtel, Dr. Theresia Döppner, Uwe Frost, Dr. Petra Podraza, Dr. Christine Erger, Jens Kaulfuss, Tobias Gehrke, Christian Högel und Axel Sommerfeld als Autorinnen und Autoren der Kapitel 1 bis 12 sowie allen Beschäftigten des Ruhrverbands, die am vorliegenden Ruhrgütebericht mitgewirkt haben.

Ruhrgütebericht **2016**

Bericht des Ruhrverbands	4	Die Arbeitsgemeinschaft der Wasserwerke an der Ruhr e. V. (AWWR) im Jahr 2016	126
Vorwort	6	Bericht des Vorsitzenden der AWWR	128
In Kürze	8	14 AWWR-Ausschusstätigkeit	130
1 Wasserführung der Ruhr	16	– Ausschuss Wassergüte	130
2 Grundlagen der Bewertung von Gewässeranalysedaten im Ruhrgütebericht	17	– Ausschuss Wassergewinnung und -aufbereitung	133
3 Physikalisch-chemische Überwachungen der Ruhr	23	– Ausschuss Öffentlichkeitsarbeit	133
– Ergebnisse an der Messstelle Ruhr bei Essen-Rellinghausen und Gewässerüberwachungsstationen	24	Beiträge aus Wasserwerken und Institutionen	135
– Ergebnisse der wöchentlichen Untersuchungen	30	15 Organische Spurenstoffe in der Ruhr	135
– Ruhrlängsuntersuchungen	30	– Fortsetzung des Monitorings der AWWR	135
4 Monitoring gemäß EG-WRRL der Ruhr und ihrer Nebengewässer	39	16 Weitergehende Aufbereitung des Trinkwassers an der Ruhr: Wasserwerk Hennesee – stets gutes Trinkwasser (auch in Krisenzeiten)	148
– Physikalisch-chemische Untersuchungen gemäß EG-WRRL	39	17 Organisation der Arbeitsgemeinschaft der Wasserwerke an der Ruhr e.V. (AWWR)	154
– Hydrobiologische Untersuchungen gemäß EG-WRRL	44	– Mitglieder und ständige Gäste	154
5 Trophische Situation in der Ruhr	58	– Kontakte	154
– Planktonuntersuchungen	58	– Ausschüsse und Arbeitskreise	155
– Makrophytenuntersuchungen	63	18 Die AWWR in Zahlen	157
6 Talsperrenuntersuchungen	75	19 Analysenergebnisse des Ausschusses Wassergüte	158
– Hennetalsperre	75	– Einführung	158
7 Organische Spurenstoffe in der Ruhr und in Biota	83	– Kommentar zu den Untersuchungsergebnissen	163
Sonderthemen	99	Auswahl von Veröffentlichungen	204
8 Vorkommen und Bedeutung der neozooischen Körbchenmuschel <i>Corbicula</i> in der Ruhr	99		
9 Stoffflussanalyse/-modellierung von Ruhr und Lenne	105		
10 Zehn Jahre PFT im Ruhreinzugsgebiet	109		
11 Registrierte Gewässerverunreinigungen des Jahres 2016	118		
12 Leistungen der Kläranlagen des Ruhrverbands	119		
12 Der Ruhrverband in Zahlen	124		

Report of the Ruhrverband	4	Association of Ruhr Waterworks (AWWR) in 2015	126
Preface	7	Report of the AWWR Chairman	128
In brief	12	14 Activities of AWWR committees	130
1 Flow of the River Ruhr	16	– Water quality committee	130
2 Basic parameters for the evaluation of analysis data for waters	17	– Water catchment committee	133
3 Physico-chemical Ruhr water monitoring	23	– Public relations committee	133
– Measuring point Ruhr at Essen-Rellinghausen and water monitoring stations	24	Reports from waterworks and institutions	135
– Results of the weekly Ruhr examinations	30	15 Organic trace substances in the Ruhr	135
– Examinations along the Ruhr	30	– continuation of the AWWR monitoring	135
4 Examinations of the Ruhr and its tributaries in line with the European Water Framework Directive	39	16 Extended treatment of drinking water along the Ruhr: Waterworks Lake Henne – good drinking water at all times (even in times of crisis)	148
– Physico-chemical examinations	39	17 Structure of the AWWR	154
– Hydrobiological examinations	44	– Members and permanent guests	154
5 Trophic situation in the Ruhr	58	– Contacts	154
– Plankton examination	58	– Committees and working groups	155
– Macrozoobenthos examination	63	18 The AWWR – facts and figures	157
6 Reservoir examinations	75	19 Analytical findings of the water quality committee	158
– The Henne Reservoir	75	– Introduction	158
7 Organic trace substances in the Ruhr and Biota	83	– Explanation and annotation	163
Special topics	99	Selection of publications	204
8 Occurrence and importance of the invasive Asian clam <i>corbicula</i> in the Ruhr	99		
9 Substance flow analysis/modelling for the Ruhr and Lenne	105		
10 Ten years of PFT in the Ruhr catchment area	109		
11 Registered cases of water pollution in 2016	118		
12 Performance of the Ruhrverband's sewage treatment plants	119		
13 The Ruhrverband – facts and figures	124		



*Die Reinigungsleistung der 66 Kläranlagen des Ruhrverbands
(im Bild: Duisburg-Kaßlerfeld) befindet sich seit Jahren
auf einem gleichbleibend hohen Niveau.*



Im Jahr 1973, als der erste Ruhrgütebericht erschien, befand sich die Belastung der Fließgewässer im Ruhreinzugsgebiet auf ihrem Höhepunkt. Heute, im Jahr der mittlerweile 44. Ausgabe, darf in der Ruhr sogar wieder gebadet werden. Möglich macht dies die hervorragende Wasserqualität der Ruhr, die sich insbesondere in den seit vielen Jahren zurückgehenden Konzentrationen der organischen Substanzen sowie der Nährstoffe Stickstoff und Phosphor zeigt. Dies konnte durch mehrfache Erweiterungen der Klär- und Niederschlagswasserbehandlungsanlagen des Ruhrverbands sowie durch die Optimierung der kommunalen Kanalisation durch die Städte und Gemeinden erzielt werden. Heute sind 99 % der Menschen im Ruhreinzugsgebiet an öffentliche Kanalisationen und damit an eine der 66 Kläranlagen angeschlossen, die das Abwasser so gut reinigen, dass die in den behördlichen Bescheiden geforderten Konzentrationen teilweise deutlich unterschritten werden.

Die Erfolge der jahrzehntelangen Bemühungen des Ruhrverbands um eine immer bessere Abwasserreinigung zeigen sich auch in der Gütebewertung unserer Fließgewässer (Kapitel 3). An allen Probenahmestellen der Ruhr entsprachen die Kenngrößen BSB₅, TOC, Chlorid, Sulfat, ortho-Phosphat-Phosphor, Nitrit-Stickstoff, Nitrat-Stickstoff und Ammonium-Stickstoff im Berichtsjahr 2016 den Anforderungen der europäischen Wasserrahmenrichtlinie an einen guten ökologischen Zustand der Gewässer.

Erheblich verbessert hat sich auch, wie in Kapitel 5 nachzulesen ist, die trophische Situation in der Ruhr. Im mittlerweile dritten Jahr in Folge erlebte die untere Ruhr eine sehr geringe Algenkonzentration und stellte sich zudem erneut als planktonarmes Gewässer dar. Allerdings wurden die vier Stauseen Hengstey, Harkort, Kemnade und Baldeney auch im Jahr 2016 wieder durch Makrophyten dominiert, deren Vorkommen zwar aus gewässerökologischer Sicht positiv zu bewerten ist, aber die Wassersportnutzung erschwert. Parallel zur erprobten, aber kosten- und zeitaufwändigen sowie wenig nachhaltigen Methode des Mähens will der Ruhrverband daher in einem Forschungsvorhaben weitere Erkenntnisse zum nachhaltigen Makrophytenmanagement gewinnen. In dem auf drei Jahre angelegten Untersuchungsprogramm sollen verschiedene Maßnahmen wie etwa die Konkurrenzbepflanzung mit Armleuchteralgen erprobt werden. Im Ergebnis lässt sich so gegebenenfalls eine Maßnahme identifizieren, die geeignet ist, den Bestand an für den Wassersport störenden Wasserpflanzen nachhaltig zu verringern.

Im Bewirtschaftungsplan zur Umsetzung der Europäischen Wasserrahmenrichtlinie werden für insgesamt zwölf Kläranlagen des Ruhrverbands Untersuchungen zur Reduzierung sonstiger Stoffeinträge gefordert. Die Entscheidung über den Ausbau der Kläranlagen sollte allerdings auf Basis belastbarer Erkenntnisse zu den Ursache-Wirkung-Beziehungen erfolgen. Hierzu stellt die in Kapi-

tel 9 vorgestellte Stoffflussmodellierung von Ruhr und Lenne eine erste Grundlage dar. Mit ihr können die Konzentrationsverläufe von Spurenstoffen entlang der Fließgewässerstrecken simuliert und die potenzielle Wirkung von Maßnahmen auf die Stoffkonzentrationen im Gewässer abgeschätzt werden.

Im Ruhrgütebericht für das Jahr 2006 hatte der Ruhrverband erstmals – und in den Folgeberichten immer wieder – über die Auswirkungen des so genannten PFT-Skandals berichtet, einer Gewässerverschmutzung durch perfluorierte organische Tenside, die durch die illegale Ausbringung belasteter Industrieschlämme auf landwirtschaftlich genutzte Flächen hervorgerufen worden war. Zehn Jahre danach können wir in Kapitel 10 des diesjährigen Berichts erfreulicherweise berichten, dass sowohl die Immission in der Ruhr vor der Mündung in den Rhein als auch die Kläranlagenemission von PFT stark gesunken sind und für die Summe aus PFOA und PFOS jeweils nur noch etwas mehr als 10 % der Werte des Jahres 2007 betragen. Für die Trinkwassergewinnung ist diese Belastung für die Einzelkomponenten PFOA und PFOS heute ohne Bedeutung.

Ebenfalls positiv zu vermerken ist die geringe Anzahl von lediglich zwei als relevant einzustufenden Gewässerverunreinigungen im aktuellen Berichtsjahr. Bei keinem der beiden war die Trinkwassergewinnung beeinträchtigt. Im Vergleich zur vorangegangenen Dekade ist die Anzahl relevanter Gewässerverunreinigungen damit um 80 % zurückgegangen und lag zudem, wie es auch bereits im Berichtsjahr 2014 einmal vorgekommen war, erneut unter dem in der jüngsten Vergangenheit üblichen Niveau von jährlich fünf bis sieben Vorfällen.

Allen Akteuren der Wasserwirtschaft an der Ruhr danken wir für ihre stetigen Bemühungen zur Verbesserung der Ruhrwasserqualität. Den Leserinnen und Lesern des 44. Ruhrgüteberichts wünschen wir eine anregende Lektüre.

Essen, im Juli 2017



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



*Prof. Dr.-Ing.
Norbert Jardin*

When the first Ruhr Water Quality Report was published in 1973, the contamination of flowing waters in the Ruhr catchment area was at an all-time high. Today, in the year of the 44th edition of the report, even bathing in the Ruhr is once again possible. This is due to the excellent water quality of the Ruhr, reflected particularly in the declining concentrations of organic substances as well as the nutrients nitrogen and phosphorus during the past years. This development was possible because of several extensions of the Ruhrverband's treatment facilities for wastewater and stormwater and because cities and communities made an effort to optimize the municipal canalisation. Today, 99 % of households in the Ruhr catchment area are connected to the public canalisation and thus to one of the 66 sewage treatment plants that clean the water to an extent that the loads of the substances lie – in part significantly – below the concentrations set as maximum values by the authorities.

The quality assessment of our flowing waters (chapter 3) is proof to the fact how successfully the Ruhrverband has been working continuously towards better wastewater treatment. In the reporting year 2016, the parameters BOD₅, TOC, chloride, sulphate, orthophosphate-phosphorus as well as nitrite nitrogen, nitrate nitrogen and ammonium nitrogen all met the requirements for a good ecological status laid down in the European Water Framework Directive at all sampling points in the Ruhr.

The trophic situation in the Ruhr has also improved significantly, as reported in chapter 5. 2016 was the third year in a row with very low algae development in the lower Ruhr, which was once again classified as a water with low plankton levels. The four impounding lakes Hengstey, Harkort, Kernade and Baldeney, however, were once again dominated by macrophytes. While their occurrence is a positive phenomenon from a hydro-ecological point of view, it interferes with water sport activities on the lakes. Mowing has proven to be very costly and time-consuming and at the same time rather unsustainable. That is why the Ruhrverband is collecting new insights into sustainable macrophyte manage-

ment through a research project. Over three years, this research programme shall deliver information on different measures such as planting charophyceae as competing vegetation. The result may possibly be the identification of a method that serves to sustainably reduce the occurrence of water plants interfering with water sports.

The management plan for the implementation of the European Water Framework Directive asks for investigations on the reduction of "other types of input of substances" at 12 of the Ruhrverband's sewage treatment plants. Any decision on expanding the sewage treatment plants should, however, be taken on the basis of a reliable analysis of the relationship between cause and effect. The substance flow modelling for the Ruhr and the Lenne presented in chapter 9 can provide an initial foundation for such an analysis. It serves to simulate the development of concentrations of trace substances along the course of flowing waters, providing an idea about the potential effect of certain measures on the substance concentrations in the water.

In 2006, the Ruhr Water Quality Report covered the impact of the so-called PFC scandal in the Ruhr for the first time and had to do so in many subsequent reports. This incident referred to a contamination of the waters with perfluorinated organic compounds due to a washout from industrial sludge illegally loaded with PFC from an agricultural area. Ten years later, we are happy to report in chapter 10 that both the immission in the Ruhr before its mouth into the Rhine as well as the sewage treatment plants' emissions of PFC have declined significantly and that the loads of PFOA and PFOS combined account for only slightly more than 10 % of the values from 2007. Today, this load of the individual components PFOA and PFOS has no relevance for drinking water production.

Another positive signal is the fact that there were only two relevant cases of water pollution during the reporting year. The production of drinking water was not affected by any of these cases. Compared to the previous decade, the number of relevant cases of water pollution has thus declined by 80 % and came in below the recent average of five to seven cases per year – just like it did already in the reporting year 2014.

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 44th 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 extremer hoher oder niedriger Abflüsse und zum Ausgleich von Entnahme und Entziehung betreibt der Ruhrverband ein Talsperrenverbundsystem. Im Gegensatz zum Vorjahr kam es in den Zeiten mit erhöhter Wasserführung Ende November und im Februar zu zwei Hochwasserereignissen, bei denen die Hochwassermeldegrenze an der unteren Ruhr überschritten wurde. Der höchste Abfluss im Abflussjahr 2016 wurde am Pegel Hattingen am 1. Dezember 2015 mit $HQ_{2016} = 586 \text{ m}^3/\text{s}$ gemessen. Eine fast unterbrechungsfreie Niedrigwasserphase war von Anfang Juli bis Ende Oktober zu verzeichnen. Das Abflussjahr 2016 war zwar abflussreicher als das Vorjahr, jedoch bei einem $MQ_{2016} = 67,9 \text{ m}^3/\text{s}$ am Pegel Hattingen das achte zu trockene Abflussjahr in Folge. Zur Stützung der Wasserführung war in Villigst mit 87 die zweitgrößte und an der Mündung mit 69 die drittgrößte Anzahl an Zuschusstagen seit Einführung des RuhrVG im Jahr 1990 erforderlich.

Grundlagen der Bewertung von Gewässeranalysedaten im Ruhrgütebericht

Die Untersuchungsergebnisse im Gewässer werden hinsichtlich der chemischen Qualitätskomponenten im Ruhrgütebericht in erster Linie anhand der Umweltqualitätsnormen (UQN) der Anlagen 6 (flussgebietspezifische 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, Anlagen D4 und D5, Anwendung. In der Regel erfolgt die Bewertung anhand von Mittel- bzw. Jahresdurchschnittswerten (JD). Ausnahmen bilden z.B. Quecksilber und bestimmte PAK (Bewertungsgrundlage: Jahresmaxima/zulässige Höchstkonzentrationen (ZHK)), Sauerstoff (Bewertungsgrundlage: Jahresminima) oder Chrom, Kupfer und Zink (Bewertungsgrundlage: 50-Perzentil). Die UQN von Cadmium und Quecksilber beziehen sich auf die gelöste Phase einer Wasserprobe und die für Blei und Nickel auf die bioverfügbaren Konzentrationen, deren Ermittlung aber noch nicht abschließend geregelt ist. Daher werden im Ruhrgütebericht hilfsweise die Messwerte in der filtrierten Probe 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 die Toxizität gegenüber fischfressenden Tieren sowie die für den Menschen tolerierbare Belastung durch Fischverzehr.

Der ökologische Zustand eines Wasserkörpers oder an einer Probenahmestelle 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“ (Wirbellosenfauna der Gewässersohle) dargestellt, welche Aussagen zur saprobiologischen Wasserqualität (Saprobie), zum strukturellen Zustand (Allgemeine Degradation) und zur Versauerung eines Fließgewässers ermöglicht. Das Verfahren PERLODES liefert mit der aktuellen Version der Auswertesoftware ASTERICS neben der Bewertung des ökologischen Zustands für die „natürlichen Wasserkörper“ (NWB) nun auch die Bewertung des ökologischen Potenzials für „erheblich veränderte Wasserkörper“ (Heavily Modified Water Body (HMWB)). Die ab dem Jahr 2015 untersuchten Probenahmestellen in HMWB werden daher mit ihrem ökologischen Potenzial bewertet. Für vorangegangene Untersuchungen bleibt in HMWB die Darstellung für den ökologischen Zustand zunächst erhalten, wird aber zukünftig durch das ökologische Potenzial ersetzt. Probenahmestellen in – hydromorphologisch als HMWB charakterisierten – kleineren Gewässern werden nach dem Worst-Case-Prinzip als NWB nach dem ökologischen Zustand bewertet.

Physikalisch-chemische Überwachungen der Ruhr

Zur Überprüfung der Qualität der Oberflächengewässer werden zahlreiche physikalisch-chemische Untersuchungen durchgeführt. Seit inzwischen über 90 Jahren wird die Ruhr an der Probenahmestelle Essen-Rellinghausen dreimal wöchentlich auf eine Vielzahl von Parametern untersucht. Darüber hinaus werden die Nährstoffkonzentrationen und die organische Belastung an sechs Probenahmestellen der Ruhr seit dem Jahr 1965 wöchentlich bestimmt. Zukünftig wird dieses Programm in das der Ruhr längsuntersuchungen integriert werden. Diese vierwöchentlichen Untersuchungen an zwölf Messstellen von der Ruhrquelle bis zur Mündung in den Rhein geben die Möglichkeit, repräsentative Aussagen über räumliche und zeitliche Aspekte der Wasserbeschaffenheit zu treffen. Zusätzliche Erkenntnisse ergeben sich durch kontinuierlich anfallende Messergebnisse der Gewässerüberwachungsstationen.

Die Anforderung der OGewV für die Wassertemperatur wurde in Essen-Rellinghausen und an allen weiteren Probenahmestellen der Ruhr eingehalten. Mit Ausnahme der Gütestation Duisburg entsprechen die Sauerstoffgehalte dem guten Zustand. Abgesehen von einem Messwert liegen die pH-Werte innerhalb des in der OGewV vorgeschriebenen Bereichs. Die Summenparameter BSB₅ und TOC halten ebenso wie die Kenngrößen Chlorid, Sulfat, ortho-Phosphat-Phosphor sowie Nitrit-Stickstoff, Nitrat-Stickstoff und Ammonium-Stickstoff die Anforderung an den guten ökologischen Zustand ein. Für Gesamtposphor erfolgt die Bewertung an drei Stellen mit „mäßig“. Die prioritären bzw. prioritär gefährlichen Schwermetalle Blei, Nickel, Quecksilber und – mit Ausnahme des Bereichs unterhalb Valme und Elpe – Cadmium erfüllen die Umweltquali-

tätsnormen für den guten chemischen Zustand. Die gesetzlich nicht verbindlichen Stoffe Chrom und Kupfer sowie der flussgebietsspezifische Schadstoff Silber halten den sehr guten bzw. guten Zustand ein. Zink erreicht ab dem Pegel Wetter den guten Zustand.

Monitoring gemäß EG-WRRL der Ruhr und ihrer Nebengewässer

Im Rahmen des operativen Monitorings nach EG-WRRL werden in Abstimmung mit dem Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz NRW (LANUV) in fünf Planungseinheiten insgesamt 50 Gewässer auf physikalisch-chemische Kenngrößen untersucht.

An 23 Probenahmestellen lagen für die Wassertemperatur erhöhte und an zwölf Messstellen für den pH-Wert erhöhte bzw. niedrigere Werte als die Anforderungen der OGewV vor, was zu einer mäßigen Bewertung führt. Die organische Belastung (TOC) wird lediglich an einer Messstelle mit „mäßig“ eingestuft. Die Pflanzennährstoffe Phosphor und Ammonium-Stickstoff überschreiten die Qualitätskomponenten der OGewV sechzehn- bzw. neunmal. Der Chloridgehalt erhält lediglich im Ölbach eine mäßige Bewertung. Die Kenngrößen Nitrat-Stickstoff sowie die Metalle Blei, Quecksilber, Silber und Thallium in der gelösten Phase befinden sich alle an den jeweils untersuchten Probenahmestellen im sehr guten bzw. guten Zustand. Im Baarbach unterhalb der Kläranlage Baarbachtal kann Nickel die UQN sowie Kupfer den Orientierungswert von jeweils 4 µg/l nicht einhalten. In der Planungseinheit Obere Ruhr 2 verfehlt Cadmium fünfmal den guten Zustand. PFOS überschreitet an allen sechs untersuchten Messstellen die niedrige UQN der OGewV. Des Weiteren erfolgt für 24 % der Probenahmestellen bei Zink eine mäßige Einstufung.

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 im Jahr 2016 können 78 von 88 Stellen im Hinblick auf den saprobiellen Zustand mit „gut“ oder „sehr gut“ bewertet werden. Die Bewertung im Modul Allgemeine Degradation zeigt ein heterogenes Bild. Der Oberlauf der Ruhr, der durchgängig als NWB ausgewiesen ist, stellt sich zumeist mit einer guten Bewertung dar. Im weiteren Fließverlauf der Ruhr treten zunehmend strukturelle Defizite auf. Insgesamt weisen 302 Probenahmestellen, entsprechend 48 % der im Zeitraum 2011 bis 2016 im Einzugsgebiet der Ruhr untersuchten Probenahmestellen, einen guten bzw. sehr guten Zustand bzw. ein gutes oder besseres ökologisches Potenzial auf. Ursache für den defizitären Zustand an mehr als der Hälfte der Probenahmestellen sind vielfach die nutzungsbedingt veränderten Gewässerstrukturen, die zukünftig bei der Bewertung durch die Einstufung in HMWB-Fallgruppen berücksichtigt werden.

Trophische Situation in der Ruhr

Das Jahr 2016 zeichnete sich als drittes Jahr in Folge durch sehr geringe Algenkonzentrationen in der unteren Ruhr aus. Demzufolge konnte sich kaum algivores Zooplankton entwickeln. Insgesamt stellt sich die untere Ruhr mit ihren Stauseen seit nunmehr drei Jahren als ein planktonarmes Gewässer dar. Als Ursachen werden das in den oberen Ruhrstauseen verstärkte Auftreten von Makrophyten mit ihrem konkurrierenden Nährstoff- und Lichtbedarf bzw. der zunehmende Einfluss von algenfressenden Körbchenmuscheln der Gattung *Corbicula* angesehen. Der durch diese Entwicklung zu verzeichnende ausgeglichene Sauerstoffhaushalt kann als positiv für die gesamte Fauna angesehen werden. Trotz des deutlichen Rückgangs des als Fischnahrung dienenden Zooplanktons konnten bis jetzt keine negativen Auswirkungen auf den Fischbestand festgestellt werden.

Wie in den letzten sechs Jahren wurden die oberen drei Ruhrstauseen auch im Jahr 2016 wieder durch Makrophyten dominiert, die die Wassersportnutzung beeinträchtigten und bei der Entsorgung von Mähgut sowie als Treibgut vor den Rechenanlagen hohe Kosten verursachten. Im Baldeneysee breiteten sich die im Jahr 2015 plötzlich aufgetauchten Makrophyteninseln im Folgejahr weiter aus und bedeckten in Summe rund 40 % der Seefläche. Dabei erreichten die wintergrünen Wasserpflanzenarten der letztjährigen Makrophyteninseln bereits Anfang Juni im Bereich des Hafens Schuppen die Wasseroberfläche. Die *Elodea nuttallii*-dominierten Bestände folgten im weiteren Verlauf des Sommers nach. Da sich die Bestandsflächen bis in die Regattabahnen ausdehnten, wurde das verbandseigene Mähboot zur Reduzierung der Bestände im Baldeneysee eingesetzt und für den ebenfalls stark verkrauteten Kemnader See ein weiteres Mähboot angemietet. Als eine mögliche nachhaltig wirksame Maßnahme zur Reduzierung der Makrophytenbestände wurde im Baldeneysee ein Hydroventuriboot getestet, das mittels Wasserstrahl in der Lage ist, ohne negative Auswirkungen auf die Wasserqualität und das Makrozoobenthos die Makrophytenbestände kurzfristig zu reduzieren. Jedoch erfolgte aus Restbeständen eine rasche Wiederbesiedlung.

Talsperrenuntersuchungen – Hennetalsperre

Die acht Ruhrverbandstalsperren dienen vor allem der Niedrigwasseraufhöhung, um stets genügend Rohwasser für die Trinkwassergewinnung zur Verfügung zu stellen. Daneben gewährleisten sie den Hochwasserschutz in abflussreichen Zeiten. Zur Beurteilung ihres 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. Seit mehr als zehn Jahren haben die Henne-, Möhne- und Biggetalsperre ein stabiles Niveau im mittleren und die Ennepetalsperre im unteren mesotrophen Bereich erreicht. Die Listertalsperre bewegt sich wie die Sorpetalsperre im Grenzbereich zwischen Meso-

und Oligotrophie. Die Verse- und Fürwiggetalsperre weisen oligotrophe Verhältnisse auf. Zu erkennende Trophieschwankungen und besondere limnische Verhältnisse können auch als Reaktion auf klimatische Veränderungen gedeutet werden, da sich in den letzten Jahren durch die früher beginnende und später endende Vegetationsperiode die Bedingungen für eine planktische Primärproduktion verbessert haben.

Die im Jahr 1955 in Betrieb genommene Hennetalsperre dient mit einem Gesamtstauraum von 38,4 Mio. m³ der Niedrigwasseraufhöhung der oberen Ruhr, der Energieerzeugung aus Wasserkraft sowie dem Hochwasserschutz und bietet vielfältige Freizeitaktivitäten. Seit Inbetriebnahme des Wasserwerks im Mai 2016 mit einer Aufbereitung von in der jetzigen Ausbaustufe täglich 6.800 m³ Trinkwasser wird aus der Hennetalsperre Rohwasser zur Trinkwassergewinnung entnommen. Die planktische Primärproduktion in der Hennetalsperre bewegt sich seit mehreren Jahren auf niedrigem Niveau. Die dominanten Species sind dabei Kieselalgen mit den Gattungen *Aulacoseira*, *Melosira* und *Fragilaria*. Der Zooplanktonbestand ist für alle Gruppen ebenfalls rückläufig. Die geringe Biomasseproduktion in der Stagnationsphase führte auch zu einer abnehmenden Belastung des hypolimnischen Sauerstoffhaushalts, so dass keine Sauerstoffbegasung erforderlich war. Mit einem diesjährigen Gesamtrophieindex von 1,9 sind inzwischen seit zehn Jahren stabile trophische Verhältnisse im mittleren mesotrophen Bereich vorhanden.

Organische Spurenstoffe in der Ruhr und in Biota

Im Jahr 2016 wurden in der Ruhr mehr als 410 zu den organischen Spurenstoffe zählende Substanzen wie Flammschutzmittel, Komplexbildner, Weichmacher, Industriechemikalien, Pestizide, Diagnostika und Medikamente sowie teilweise deren Abbauprodukte routinemäßig untersucht. Soweit nicht anders erwähnt beziehen sich die Ergebnisse auf die Probenahmestelle in Essen-Rellinghausen. Zusätzlich wurden Proben von Fischen und Muscheln (Biota) untersucht. Zu den 70 untersuchten Arzneimitteln gehört das Iomeprol, welches unter den Röntgenkontrastmitteln die höchste Fracht in der Ruhr aufwies. Die Metaboliten des Metamizol, FAA und AAA, wurden ebenso wie die Antiepileptika Pregabalin und Gabapentin in der Ruhr nachgewiesen. Gleiches gilt für das am häufigsten eingesetzte Hypertonikum Metoprolol und das ebenfalls als Blutdrucksenker verwendete Valsartan. Der Metabolit Guanylharnstoff des Antidiabetikums Metformin wurde mit der höchsten Fracht aller organischen Spurenstoffe nachgewiesen. Sofern für die genannten Substanzen Gesundheitliche Orientierungswerte (GOW) existieren, wurden diese mit Ausnahme des aktiven Metaboliten des Gichtmittels Allopurinol, Oxipurinol, eingehalten. In nahezu allen Proben konnten die künstlichen Süßstoffe Cyclamat, Saccharin, Sucralose und Acesulfam nachgewiesen werden, deren Konzentrationen mit dem Abwasseranteil in der Ruhr korrelieren. Die Komplexbildner DTPA und NTA konnten nur selten in der Ruhr detektiert werden. MGDA, welches neben NTA als Ersatz für EDTA, dem Komplexbildner mit der höchsten Fracht in der Ruhr, verwendet wird,

wurde in mehr als 80 % der untersuchten Proben nachgewiesen. Für die etwa 140 untersuchten Pestizide und ihre Metabolite wurden die jahresdurchschnittlichen Umweltqualitätsnormen (JD-UQN) der OGewV und der GOW in allen Ruhrwasserproben sicher eingehalten. Von den insgesamt 64 analysierten VOC sind neun mit einer JD-UQN in der OGewV versehen, die ebenfalls sicher eingehalten wird. Die 16 untersuchten PAK konnten in der gesamten Ruhr nachgewiesen werden. Die JD-UQN für Fluoranthen wird nur an der Messstation Hattingen knapp überschritten. Sicher können die UQN für die als Flammschutzmittel und Weichmacher eingesetzten PBDE, SCCP, DEHP sowie der GOW für das Organophosphat TCCP eingehalten werden. Bisphenol A wurde in der Ruhr ebenso detektiert wie die drei untersuchten Korrosionsschutzmittel. 1H-Benzotriazol, dessen GOW sicher eingehalten wird, gehört dabei genauso wie das in Tinten, Farben und Klebstoffen verwendete TMDD zu den Substanzen mit den höchsten Frachten in der Ruhr. Bei den durchgeführten Untersuchungen von Biota konnten mit Ausnahme von Fluoranthen, Quecksilber, Dioxinen, PBDE und PFOS die UQN der OGewV eingehalten werden.

Vorkommen und Bedeutung der neozoischen Körbchenmuschel *Corbicula* in der Ruhr

Bei der Entwicklung der aquatischen Artenzusammensetzung in der Ruhr ist die Einwanderung nicht-heimischer Tier- und Pflanzenarten, der Neozoen und Neophyten, von besonderem Interesse. In den letzten Jahren häuften sich die Anzeichen, dass die Invasion der sich vom Rhein her in die Ruhr ausbreitenden Asiatischen Körbchenmuschel *Corbicula* das Nahrungsnetzgefüge in der unteren Ruhr beeinflusst. Zur Klärung der Sachlage führte der Ruhrverband in Zusammenarbeit mit der Bezirksregierung Düsseldorf in den Jahren 2015 und 2016 spezielle Probenahmen zur quantitativen Erfassung der Verbreitung und Bestandsdichten der Körbchenmuscheln durch. Hohe Dichten lebender Muscheln wurden z. B. im Bühnenfeld an der Ruhrtalbrücke in Mülheim und im Bühnenfeld am Hafen Holtey bei Essen-Überruhr gefunden. Die Muscheln besiedeln bevorzugt kiesige Substrate, wobei in der Ruhr sowohl die Sauerstoffverhältnisse als auch mit dem Phytoplankton die Futterdichte ausreichen, um in Tiefen bis zu fünf Metern größere *Corbicula*-Bestände zu bilden. Untersuchungen zur Filtrationsleistung von *Corbicula* an der Universität Duisburg-Essen ergaben Filtrationsraten pro Muschel von rund 300 ml/(Ind • h). Bei einer mittleren Dichte von 417 Ind./m² zeigt sich, dass die *Corbicula*-Bestände der unteren Ruhr bis zu Abflüssen höher als MQ in der Lage sind, den gesamten Abfluss im Verlauf der betrachteten Fließstrecke zu filtrieren. Damit ist der Rückgang der Phytoplanktondichte in den letzten Jahren rechnerisch mit der Filtrationsleistung der eingewanderten Körbchenmuscheln zu erklären. Während negative Auswirkungen des Rückgangs des Phyto- und in der Folge des Zooplanktons auf die Fischdichte und deren Reproduktion bisher nicht erkennbar sind, werden hierdurch Bedingungen geschaffen, die ein verstärktes Wachstum von Makrophyten, wie im Baldeneysee zu beobachten, begünstigen. Ohne wirksame

Gegenmaßnahmen wird das Ausmaß des Pflanzenbewuchses in den Ruhrstauseen daher wahrscheinlich zunehmen.

Stoffflussanalyse und -modellierung von Ruhr und Lenne

Durch Stoffflussmodellierungen können die Konzentrationsverläufe von Spurenstoffen entlang der Fließgewässerstrecken abgebildet werden. Die Ergebnisse der Simulation ermöglichen einen integralen Ansatz zur Betrachtung der Konzentrationen in der Ruhr, der Lenne sowie weiterer Nebengewässer. Durch die hohe räumliche Auflösung können darüber hinaus auch die Einflüsse einzelner Kläranlagen auf die unterhalb liegenden Gewässerabschnitte untersucht werden. Anhand dieser Modellierungen können Bereiche identifiziert werden, die eine hohe stoffliche Belastung aufweisen. Die Modellierung ergänzt die Informationen des physikalisch-chemischen Monitorings. Das bestehende Modell erlaubt darüber hinaus eine Simulation von potenziellen Szenarien zur Abschätzung ihrer Wirkung auf die Stoffkonzentrationen im Gewässer.

Zehn Jahre PFT im Ruhreinzugsgebiet

Im Jahr 2006 wurden bei Untersuchungen der Universität Bonn an der Ruhrmündung erhöhte Gehalte an den bis dahin in der aquatischen Umwelt weitgehend unbekannten Perfluorierten Tensiden (PFT) festgestellt. Als wesentlicher Eintragspfad wurden Auswaschungen aus einer illegal mit PFT-belasteten Industrieschlamm kontaminierten landwirtschaftlichen Fläche bei Brilon-Scharfenberg ermittelt. Darüber hinaus gelangen PFT über Kläranlageneinleitungen in die Gewässer. Heutzutage gehören Perfluorierte Tenside zu den am intensivsten untersuchten organischen Spurenstoffen in der Ruhr. Es zeigt sich, dass sowohl die Immission in der Ruhr vor Mündung als auch die Kläranlagenemission durch PFT in den vergangenen zehn Jahren stark gesunken sind und für die Summe aus PFOA und PFOS jeweils nur noch etwas mehr als 10 % der Werte des Jahres 2007 betragen. Mittlerweile stellt der Polyfluorierte Ersatzstoff H4PFOS mengenmäßig die dominierende Verbindung dar. Bei den Kläranlagenemissionen sind sieben Anlagen die wesentlichen Emittenten für die Per- und Polyfluorierten Tenside, wobei wiederum nur wenige Indirekteinleiter für die Belastung verantwortlich sind. Bei den Betrieben erfolgen seit etwa dem Jahr 2010 verstärkt Optimierungen der Produktionsprozesse, der Abwasserbehandlung und die Substitution von Perfluorierten Tensiden vor allem durch H4PFOS. Von den zuständigen Behörden wurden in mehreren Fällen Grenzwerte für PFT festgelegt. Aus diesen Maßnahmen ergibt sich eine deutliche Verminderung der PFOS-Fracht, aber keine Nullemission. Die Belastung der Ruhr ist für die Trinkwassergewinnung bei einem Leitwert von 100 ng/l für die Einzelkomponenten PFOA und PFOS heute ohne Bedeutung. Die in der Oberflächengewässerverordnung vorgegebene strenge UQN der novellierten prioritären Stoffliste von 0,65 ng/l für PFOS wird aber aktuell mit einem Jahresmittel von 13 ng/l und vermutlich auch perspektivisch nicht eingehalten.

Registrierte Gewässerverunreinigungen

Im Jahr 2016 sind dem Ruhrverband bzw. den ansässigen Wasserwerken zwei als relevant einzustufende Gewässerverunreinigungen mit unterschiedlichen Auswirkungen auf die betroffenen Gewässer gemeldet worden. In dem einen Fall wurde ein Ölfilm auf der Ruhr bei Kettwig festgestellt, wobei der Verursacher nicht ermittelt werden konnte. Beim anderen Fall gelangte bei Reinigungsarbeiten eines ansässigen Betriebes Natronlauge haltiges Abwasser in die Olpe und führte zu einem Fischsterben. Die Trinkwassergewinnung war bei keiner der genannten Gewässerverunreinigungen beeinträchtigt.

Leistungen der Kläranlagen des Ruhrverbands

Bei einem Anschlussgrad von 99 % der Einwohner im Ruhreinzugsgebiet wurden auf den 66 Verbandskläranlagen im Jahr 2016 rund 352 Mio. m³ Abwasser gereinigt, wovon 71 % auf die Jahresschmutzwassermenge und 29 % auf das mitbehandelte Niederschlagswasser entfielen. Den Kläranlagen wurde eine Gesamtzulaufkraft von rund 100 Mio. kg CSB zugeführt, woraus sich als mittlere Belastung 2,3 Mio. Einwohnerwerte errechnen. Die Ablaufqualität des gereinigten Abwassers ist ausgezeichnet. Die in den behördlichen Bescheiden geforderten Konzentrationen werden teilweise deutlich unterschritten. Insgesamt konnten in den letzten Jahren nur noch geringe Verbesserungen der Reinigungsleistung erzielt werden. Dies verdeutlicht, dass die Möglichkeiten der eingesetzten Reinigungsverfahren weitgehend ausgeschöpft sind.

Durch die Abwasserreinigung entstehen Reststoffe wie Rechengut, Sandfanggut und Klärschlamm. Im Berichtsjahr mussten 37.821 t Schlammrockenmasse in Verbrennungsanlagen entsorgt werden. Die angelieferten Mengen an Fettabscheiderinhalten sowie die Küchen- und Speiseabfälle für die Co-Vergärung betrugen 28.393 m³. Um den Energiebezug zu senken, werden auf 30 Kläranlagen insgesamt 52 Blockheizkraftwerke betrieben, durch die rund 43,9 Mio. kWh/a Strom erzeugt wurden. Der Gasertrag lag bei 24,6 Mio. Nm³/a. Eine weitere Energiequelle wurde durch die Aufstellung von bisher zwölf Photovoltaikanlagen erschlossen, die im Jahr 2016 insgesamt rd. 1,0 Mio. kWh Strom erzeugt haben. Durch die genannten Maßnahmen konnte in den letzten fünf Jahren der Strombezug um 17,5 % gesenkt und der Gesamtstromverbrauch der Kläranlagen um 3,7 % verringert werden.

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. In contrast to the previous year, two incidents of flooding occurred during times of high runoff in late November and February, exceeding the reporting limit for floods at the lower Ruhr. The highest runoff at the Hattingen gauging station in 2016 was recorded on December 1, 2015, at $HQ_{2016} = 586 \text{ m}^3/\text{s}$. An almost uninterrupted phase of low runoff occurred from early July to late October. The runoff year 2016 recorded an overall higher runoff than the year before. It was still, however, the eighth year in a row with too dry conditions in light of an $MQ_{2016} = 67,9 \text{ m}^3/\text{s}$ at the Hattingen gauging station. The reservoirs had to release water to support the Ruhr's flow on 87 days at Villigst – the second highest number of days since the introduction of the RuhrVG (Ruhrverband Act) in 1990 – and on 69 days at the mouth – the third highest number of days since 1990.

Basic parameters for the evaluation of analysis data for waters

In the Ruhr Water Quality Report, the monitoring results of the water are being evaluated regarding the chemical quality components primarily based on the Environmental Quality Standards (UQN) 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 provide 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 and D5, are being applied. Evaluations are usually based on the mean or average annual values (JD). Exceptions are for instance mercury and certain PAH (evaluation basis: annual maximum/acceptable peak concentrations (ZHK)), oxygen (evaluation basis: annual minimum) as well as chrome, copper and zinc (evaluation basis: 50th percentile). The UQN for cadmium and mercury refer to the dissolved phase of a water sample. Those for lead and nickel refer to the bioavailable concentrations. It has not been finally determined, however, how these concentrations shall be measured. This is why the Ruhr Water Quality Report alternatively uses the values measured in the filtrated sample. Apart from the limits for the aqueous phase, the OGewV also stipulated 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" (invertebrate fauna at the water bottom), which provides insight into the saprobiological water quality (saprobic index), the structural condition (general degradation) and the acidification of a flowing water. With the updated version of the evaluation software ASTERICS, the PERLODES procedure now also offers an evaluation of the ecological potential for heavily modified water bodies (HMWB) on top of the evaluation of the ecological condition for natural water bodies (NWB). From 2015 onwards, the monitored sampling points in HMWB have therefore been assessed in terms of their ecological potential. Previous studies still refer to the ecological condition of samples from HMWB, but these values will in future be replaced by the ecological potential. Sampling points in smaller waters, hydromorphologically characterized as HMWB, will be evaluated as NWB in terms of their ecological condition, based on the worst-case principle.

Physico-chemical Ruhr water monitoring

Numerous physico-chemical tests are carried out to monitor the quality of surface waters. 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, the nutrient concentrations and the organic load have been measured weakly at six sampling points in the Ruhr since 1965. In future, this programme will be 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 into the Rhine, 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.

The OGewV requirements for water temperature were met at the Ruhr in Essen-Rellinghausen and all additional sampling points in the Ruhr. The oxygen levels were classified as "good" with the exception of the quality station Duisburg. Apart from one measured value, the pH-values met the parameters laid down in the OGewV. The composite parameters BOD₅ and TOC met the criteria for a "good" ecological status, and so did the parameters chloride, sulphate, orthophosphate-phosphorus as well as nitrite nitrogen, nitrate nitrogen and ammonium nitrogen. Total phosphorus was classified as "moderate" at three sampling points. The priority and priority hazardous heavy metals lead, nickel, mercury and – with the exception of the section downstream of Valme and Elpe – cadmium met the Environmental Quality Standards defining a good chemical condition. Chrome and copper – though no legally binding requirements apply – as well as the river basin-specific conta-

minant silver reached a “high” or “good” status. From the gauging station Wetter onwards, zinc also reaches a “good” status.

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 50 waters in five planning units have been investigated in terms of their physico-chemical parameters.

The values for water temperature came in above the requirements of the Surface Water Regulations at 23 sampling points. The pH-value came in either above or below those requirements at 12 sampling points, leading to a “moderate” classification for both parameters. The organic load (TOC) was “moderate” only at one sampling point. The plant nutrients phosphorus and ammonium nitrogen did not meet the quality components laid down in the Surface Water Regulation in 16 and 9 instances respectively. The chloride concentration was classified as “moderate” only in the Oelbach stream. The parameters nitrate nitrogen as well as the metals lead, mercury, silver and thallium in their dissolved phase all show a “high” or “good” condition at their respective sampling points. In the Baarbach stream downstream of the sewage treatment plant Baarbachtal nickel fails to meet its UQN and copper does not meet the reference value of 4 µg/l each. Within the planning unit Upper Ruhr 2, cadmium missed the “good” mark in five instances. PFOS exceeds the rather low UQN laid down in the Surface Water Regulation at all six measuring points. In addition, zinc only achieved “moderate” results at 24 % of the sampling points.

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, 78 out of 88 sampling points achieved “good” or “high” results in terms of their sabrobic condition in 2016. The results were varied for the module general degradation. The upper reaches of the Ruhr, which are being classified as NWB end-to-end, achieved “good” results. Along the course of the Ruhr, however, structural deficits increasingly appear. In total, 302 of the sampling points – corresponding to 48 % of all sampling points monitored in the Ruhr catchment area between 2011 and 2016 – achieved a “good” or “high” status or a good or even better ecological potential. At more than half of the sampling points, the documented deficits are accounted for by modified water structures due to specific uses, which will be taken into consideration in future evaluations through the classification into HMWB case groups.

Trophic situation in the Ruhr

2016 was the third year in a row characterized by very low algae concentration in the lower Ruhr. As a result, there was hardly any development of algivorous zooplankton. All in all, the lower Ruhr and its impounding lakes have qualified as waters with low plankton levels for three years now. 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 Asian clams of the *Corbicula* species are being considered as possible causes. The balanced oxygen level resulting from this development can be considered beneficial for the entire fauna. Despite the significant reduction in zooplankton, on which fish feed, no negative impact on the fish fauna could be registered so far.

Just like during the past six years, the three upstream impounding lakes of the Ruhr were dominated by macrophytes in 2016, impacting water sports and generating high costs due to the disposal of water plants mowed or floating at the screening systems. The islands of macrophytes that suddenly appeared in Lake Baldeney in 2015 further expanded in 2016, covering around 40 % of the lake’s surface. Wintergreen species of water plants of last year’s islands of macrophytes already reached the water surface in the area of the Scheppen Harbour in early June. Occurrences dominated by *Elodea nuttallii* followed later in the summer. As the affected surfaces expanded into the regatta course, the Ruhrverband’s mowing boat had to be used to reduce the growth of water plants in Lake Baldeney. Another mowing boat was rented for Lake Kemnade, which also showed excessive plant growth. A Hydroventuri boat was tested in Lake Baldeney as a possibly more sustainable and effective way to quickly reduce the macrophyte population. This boat uses an underwater jet stream to reduce the macrophyte population without showing any adverse effects on the water quality and the macrozoobenthos. The remaining plant material, however, quickly multiplied after the application.

Reservoir examinations – the Henne reservoir

The eight Ruhrverband’s reservoirs mainly serve the purpose of helping to raise low water levels to make sure that there is always enough raw water available for the production of drinking water. In addition, they offer flood protection during times of high runoff. Limnological examinations of the bodies of water are designed to determine their 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. For more than ten years now, the trophic classification for the Henne, Möhne and Bigge reservoirs has reached a stable level at the middle of the mesotrophic range. The Ennepe reservoir came in at the lower mesotrophic range. The Sorpe and the Lister reservoirs were on the threshold between mesotrophic and oligotrophic conditions. The Verse and Fürgwigge reservoirs showed oligotrophic conditions. Visible fluctuations of

the trophic state and special limnetic conditions can also be interpreted as a reaction to climatic change, as the conditions for planktonic primary production have improved during the past years due to an extended vegetation period.

The Henne reservoir has gone into operation in 1955 and helps to increase the upper Ruhr's water levels in times of low water with its total storage capacity of 38.4 million m³. It also generates energy via hydropower, offers protection against floods and serves a number of recreational purposes. Ever since the waterworks went into operation in May 2016, raw water has been abstracted from the Henne reservoir for the production of drinking water. In their current state, the waterworks have a treatment capacity of 6,800 m³ of drinking water per day. The planktonic primary production in the Henne reservoir has been at a low level for years. The diatom species *Aulacoseira*, *Melosira* and *Fragilaria* are dominating. The zooplankton population is also declining for all groups. The low biomass production during the stagnation period also led to a decreasing pressure on the hypolimnetic oxygen balance, so that no oxygenation was required. With this year's overall trophic index of 1.9, stable trophic conditions in the middle of the mesotrophic range have been present for ten years.

Organic trace substances in the Ruhr and in biota

In 2016, more than 410 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 compounds. The results refer to the sampling point Essen-Rellinghausen unless otherwise stated. In addition, samples from fish and clams (biota) were analysed. One of the 70 pharmaceuticals monitored is iomeprol, among the radiocontrast agents the one with the highest load in the Ruhr. The metamizol metabolites FAA and AAA were found in the Ruhr, just like the antiepileptic drugs pregabalin and gabapentin. The same applies to the most frequently used drug against hypertension, metoprolol, and the equally antihypertensive valsartan. Guanylurea, a metabolite of the antidiabetic drug metformin, was the organic trace substance with the highest load. The mentioned substances for which health reference values exist did not meet these values, with the exception of oxipurinol, the active metabolite of the gout treatment allopurinol. Almost all samples showed concentrations of the artificial sweeteners cyclamate, saccharin, sucralose and acesulfame, correlating with the share of wastewater in the Ruhr. The complexing agents DTPA and NTA were only detected in the Ruhr in very few cases. MGDA, like NTA a substitute for EDTA – the complexing agent with the highest load in the Ruhr – was detected in more than 80 % of the samples. All of the around 140 pesticides monitored and their metabolites stayed within the limits laid down in the Environmental Quality Standards for annual averages (JD-UQN) of the Surface Water Regulation and the health reference values (GOW) in all Ruhr waters. The Surface Water Regulation comprises JD-UQN for nine out of 64 VOC monitored and all

of them were safely met. All 16 PAH monitored were found in the Ruhr. The JD-UQN for fluoranthene was only slightly exceeded at the measuring station in Hattingen. The UQN for PBDE, SCCP and DEHP used as flame retardants and plasticisers are safely met just like the GOW for the organophosphate TCCP. Bisphenol A was found in the Ruhr just like the three monitored anticorrosives. 1H-benzotriazole, for which the GOW is safely met, belongs to the substances with the highest loads in the Ruhr and so does TMDD, which is used in inks, colours and adhesives. The analysis carried out with biota revealed that all UQN laid down in the Surface Water Regulation are met, with the exception of fluoranthene, mercury, dioxins, PBDE and PFOS.

Occurrence and importance of the invasive Asian clam *corbicula* in the Ruhr

A particularly interesting factor regarding the development of the aquatic composition of species in the Ruhr is the occurrence of invasive animal and plant species. During the past years, there were growing indications that the invasion of the Asian clam *corbicula* from the Rhine River into the Ruhr has an impact on the set-up of the food web in the lower Ruhr. To shed light on this development, the Ruhrverband carried out a special sampling programme in 2015 and 2016 in cooperation with the district government in Düsseldorf to determine the quantitative distribution and population density of the clams. Dense populations of living clams were found for instance in the groyne field at the Ruhrtal bridge in Mülheim and in the groyne field at the Holtey Harbour at Essen-Überruhr. The clams prefer gravelly substrates. Both oxygen levels as well as the phytoplankton available to feed on in the Ruhr are sufficient to enable larger *corbicula* populations to spread up to depths of five meters. Examinations on the filtration performance of *corbicula* at the University Duisburg-Essen revealed filtration rates per clam of around 300 ml/(Ind • h). At medium densities of 417 ind./m², the *corbicula* populations in the lower Ruhr are apparently able to filtrate the complete runoff along the investigated section up to runoffs higher than MQ. Calculations therefore suggest that the filtration performance of the invasive clams is the cause for a decline in phytoplankton density during the past years. While negative effects on fish density and fish reproduction due to the decline of phytoplankton and consequently of zooplankton could not be observed so far, this development creates conditions that promote stronger growth of macrophytes as has been observed in Lake Baldey. Without effective measures to counter this trend, plant growth in the Ruhr's impounding lakes is likely to increase.

Substance flow analysis and modelling for the Ruhr and Lenne

The concentration levels of trace substances along the courses of flowing waters can be simulated with substance flow modelling. The simulation results facilitate an integral approach to the evaluation of concentrations in the Ruhr, the Lenne and

other tributaries. Due to the high-resolution analysis, the impact of individual sewage treatment plants on the downstream water sections can also be evaluated. This kind of modelling helps to identify sections with high substance loads. It complements the information generated through the physico-chemical monitoring. The existing model also allows for a simulation of potential scenarios to gauge their impact on the substance concentrations in the water.

Ten years of PFC in the Ruhr catchment area

In 2006, elevated concentrations of perfluorinated compounds (PFC) were found at the Ruhr's mouth during investigations carried out by the University of Bonn. Hitherto, PFC had been a largely unknown phenomenon in the aquatic environment. The significant entry path turned out to be washout from industrial sludge illegally loaded with PFC from a contaminated agricultural area near Brilon-Scharfenberg. In addition, PFC make it into the waters via the outlets of sewage treatment plants. Today, perfluorinated compounds are part of the most intensely monitored organic trace substances in the Ruhr. During the past ten years, however, the PFC immission in the Ruhr before the mouth as well as PFC emissions from sewage treatment plants declined significantly. The values for PFOA and PFOS combined account for only slightly more than 10 % of the values from 2007. Meanwhile, the polyfluorinated substitute H4PFOS has become the dominating compound in terms of volume. Seven sewage treatment plants count among the main emitters of perfluorinated and polyfluorinated compounds, with only few direct sources of input being responsible for the load. Industrial companies have increasingly optimized their production processes and wastewater treatment and carried out further substitution of perfluorinated compounds, especially by H4PFOS. Relevant authorities have introduced limits for PFC in several cases. These measures led to a significant reduction of the PFOS load but could not achieve zero emission. Today, the load in the Ruhr of the individual components PFOA and PFOS has no relevance for drinking water production with a reference value of 100 ng/l. The strict UQN laid down in the Surface Water Regulation for the revised list of priority substances of 0.65 ng/l for PFOS, however, will currently (with an annual mean of 13 ng/l) and probably in future not be met.

Registered cases of water pollution

In 2016, two relevant cases of water pollution with different impacts on the affected water bodies were reported to the Ruhrverband or to the local waterworks. In one of the cases, an oil film was noticed on the Ruhr's surface at Kettwig, the polluter of which could not be determined. The other incident happened when a local company discharged wastewater containing caustic soda into the Olpe, leading to fish die-offs. The production of drinking water was not affected by any of these cases.

Performance of the Ruhrverband's sewage treatment plants

With a network for around 99 % of all residents in the Ruhr catchment area, the 66 associated sewage treatment plants treated around 352 million m³ of wastewater in 2016, of which 71 % was accounted for by wastewater and 29 % by stormwater, which is also being treated in the plants' facilities. The Ruhrverband's sewage treatment plants received around 100 million kg of COD, equivalent to a mean load of 2.3 million PTs. The treated wastewater shows excellent outlet quality. The concentrations called for by official notifications were partly undercut significantly. All in all, the treatment performance could only be improved marginally during the past years. This shows that the potential of the treatment procedures applied has been exploited to a large extent.

Sewage treatment generates residues such as screenings, grit chamber trappings and sewage sludge. In 2016, 37,821 t of dry mass of sludge had to be disposed of in incinerators. The delivered volumes of fat trap contents as well as kitchen refuse and food waste for co-treatment in the digestion tanks amounted to 28,393 m³. In order to reduce energy consumption, a total of 52 combined heat and power units are being operated at 30 sewage treatment plants, generating around 43.9 million kWh/a of electricity in 2016. The gas yield came in at 24.6 million Nm³/a. Another energy source could be tapped through the 12 solar systems installed so far, generating a total of ca. 1.0 million kWh of electricity in 2016. Through these measures, the amount of energy that had to be purchased decreased by 17.5 % and the total energy consumption at the sewage treatment plants could be reduced by 3.7 % during the past five years.

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 2016 (1. November 2015 bis 31. Oktober 2016) dargestellt. Ergänzend sind die gewässerkundlichen Hauptzahlen und zum Vergleich die Tagesmittelwerte des vorangegangenen Abflussjahres aufgeführt. Im Gegensatz zu den beiden Vorjahren kam es im Abflussjahr 2016 in den Zeiten mit erhöhter Wasserführung Ende November und im Februar zu zwei Hochwasserereignissen, bei denen die Hochwassermeldegrenze an der unteren Ruhr (Bezugspegel Wetter/Ruhr: Meldegrenze 410 cm, entspricht 300 m³/s) überschritten worden sind. Eine nahezu unterbrechungs-

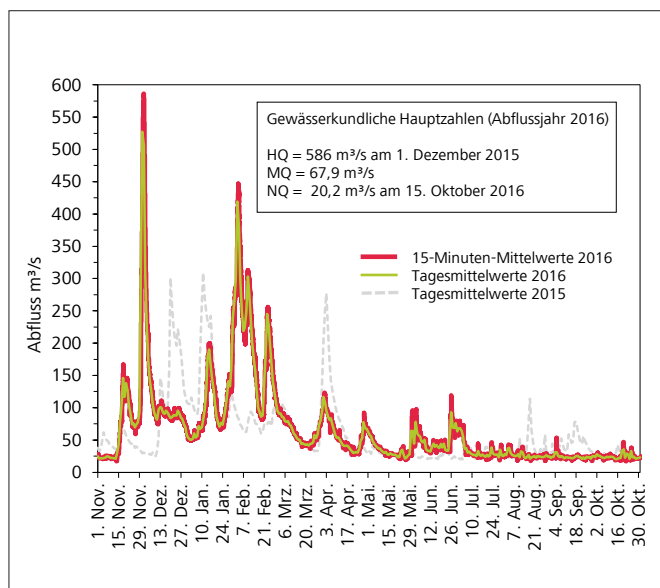


Bild 1.1: 15-Minuten-Mittelwerte und Tagesmittelwerte am Pegel Hattingen/Ruhr im Abflussjahr 2016

Fig. 1.1: Runoff means during 15 minutes and 24 hours at the gauging station Hattingen/Ruhr in the water year 2016

freie Niedrigwasserphase war von Anfang Juli bis Ende Oktober zu verzeichnen. Insgesamt gesehen waren sowohl das Winterhalbjahr als auch das Sommerhalbjahr abflussreicher als im Vorjahr.

Ende November 2015 führten ergiebige mehrtägige Niederschläge, die örtlich über 100 Liter pro Quadratmeter betrugen, im Ruhreinzugsgebiet zu einem für diese Jahreszeit typischen Hochwasserereignis. Der höchste Abfluss im Abflussjahr 2016 wurde dabei am Pegel Hattingen am 1. Dezember 2015 mit $HQ_{2016} = 586 \text{ m}^3/\text{s}$ (Tagesmittelwert $527 \text{ m}^3/\text{s}$) registriert. Im Sommer 2016 kam es in Folge von auftretenden Gewitterlagen wiederholt zu einer Vielzahl von Starkregenereignissen. Diese führten an den großen Gewässern im Ruhreinzugsgebiet wie Ruhr, Lenne und Volme zwar nicht zu einer Überschreitung der Hochwassermeldegrenzen. Gleichwohl kam es an kleineren Gewässern zu teils erheblichen, mit Schäden verbundenen Ausuferungen und in Städten zu Überflutungen durch Überlastung der Kanalisation und hohen Oberflächenabfluss.

Das Abflussjahr 2016 war im Vergleich zum langjährigen Mittel das achte zu trockene Abflussjahr in Folge. Insbesondere der Zeitabschnitt von Juli bis Oktober war sehr niederschlagsarm. Seit 1927 wurden für diese vier Monate in Summe erst drei Mal geringere Niederschlagsmengen erfasst. Abgesehen von wenigen Tagen im November war eine Stützung der Ruhrwasserführung durch erhöhte Abgaben aus den Talsperren in Villigst erst ab Mai, an der Mündung sogar erst ab Juli erforderlich. Aufgrund der Trockenheit wurde im Zeitraum August bis Oktober in Villigst mit 87 die zweitgrößte, an der Mündung mit 69 die drittgrößte Anzahl an Zuschusstagen seit Einführung des RuhrVG im Jahr 1990 registriert. Am Ende des Abflussjahres lag am Kontrollquerschnitt Villigst die Anzahl von zuschusspflichtigen Tagen um 32 Prozent und an der Mündung um 45 Prozent über dem Durchschnitt der Jahre 1991/2015. Der niedrigste Tagesmittelwert des Abflusses im Abflussjahr 2016 wurde am Pegel Hattingen am 15. Oktober 2016 mit $NQ_{2016} = 20,2 \text{ m}^3/\text{s}$ registriert.

Der mittlere Abfluss am Pegel Hattingen im Abflussjahr 2016 berechnet sich zu $MQ_{2016} = 67,9 \text{ m}^3/\text{s}$. Er liegt damit nur um knapp 3 % unter dem langjährigen mittleren Abfluss von $MQ_{1968-2015} = 69,8 \text{ m}^3/\text{s}$ und um etwa $9 \text{ m}^3/\text{s}$ über dem Vorjahreswert. Der Abfluss ist im Durchschnitt der langjährigen Betrachtung zu 70 Prozent auf das Winterhalbjahr und 30 Prozent auf das Sommerhalbjahr verteilt. Im Abflussjahr 2016 ergab sich aufgrund des zu nassen Winterhalbjahres und zu trockenen Sommerhalbjahres eine Verschiebung zum Winterhalbjahr hin (76 Prozent zu 24 Prozent).

Eine ausführliche Beschreibung der wassermengenwirtschaftlichen Gegebenheiten des Abflussjahres 2016 findet sich im Bericht Ruhrwassermenge 2016 (<http://www.ruhrverband.de/presse/publikationen/wissen/>).

2 Grundlagen der Bewertung von Gewässeranalysedaten im Ruhrgütebericht

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

2013/39/EG (sog. Richtlinie prioritäre Stoffe) [2.2] festgelegten chemischen Parametern zu bewerten. Ergänzend dazu fließen aber auch allgemeine physikalisch-chemische Parameter und eine Vielzahl so genannter flussgebietspezifischer Schadstoffe

2.1] 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

[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, Amtsblatt der Europäischen Gemeinschaften L226/17, ausgegeben am 24.08.2013

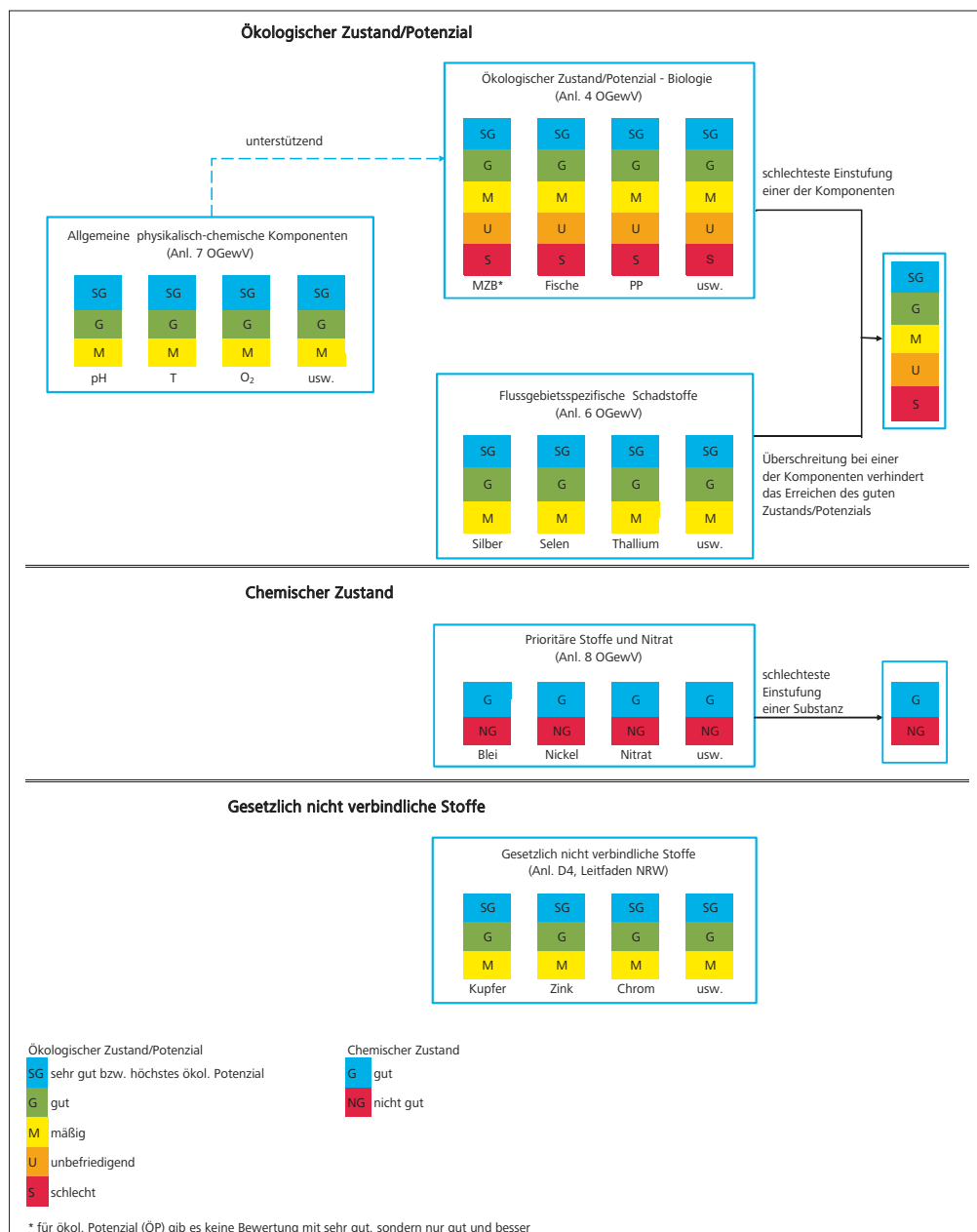


Bild 2.1: Gesamtbeurteilung des ökologischen und chemischen Zustands/Potenzials überarbeitet nach [2.8]

Fig. 2.1: Overall evaluation of the ecological and chemical condition/potential, revised according to [2.8]

in diesen Bewertungsprozess mit ein. Zur Überführung 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 für die Beurteilung der biologischen und chemischen Komponenten mit Blick auf deren Anwendung im vorliegenden Ruhrgütebericht 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 „prioritäre Stoffe“ sowie der Werte der Anlage 7 „allgemeine physikalisch-chemische Qualitätskomponenten“ der OGewV und ergänzend dazu nach den gesetzlich nicht verbindlichen Orientierungswerten des Leitfadens „Monitoring Oberflächengewässer“ des Landes NRW, Anlagen D4 und D5 [2.4], bewertet. Berücksichtigt sind in der Anlage D4 Parameter aus der Trinkwasserverordnung –TrinkwV [2.5] bzw. die gesundheitlichen Orientierungswerte (GOW) des Umweltbundesamts (UBA) [2.6].

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 polyzyklischen aromatischen Kohlenwasserstoffe (PAK) Anthracen, Benzo(a)pyren, Benzo(b)fluoranthren, Benzo(ghi)perylene und Benzo(k)fluoranthren. Bei diesen Werten der Anlagen 7 und 8 der OGewV werden für Wassertemperatur, Quecksilber und die o.g. PAK die Jahresmaxima/zulässige Höchstkonzentrationen (ZHK) bzw. für Sauerstoff die Jahresminima und für pH-Wert die Jahresminima und -maxima betrachtet (Tabelle 2.1). Für die Bewertung von Chrom, Kupfer und Zink wird entsprechend des Leitfadens NRW, Anlage D4, das jeweilige 50-Perzentil herangezogen. Für die Adsorbierbaren Organisch Gebundenen Halogene (AOX) sind Bewertungsgrundlagen gemäß den o.g. Vorgaben nicht vorhanden.

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 [2.7].

Bild 2.1 zeigt eine Übersicht über die Gesamtbeurteilung des ökologischen und chemischen Zustands bzw. Potenzials [2.8].

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), UQN 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 ³	0,27 ³	5 ⁵
Benzo[b]fluoranthren	–	0,017 ³	6 ⁵
Benzo[ghi]perylene	–	0,0082 ³	6 ⁵
Benzo[k]fluoranthren	–	0,017 ³	6 ⁵
Benzol	10	50	–
Bis(2-ethylhexyl)phthalat	1,3	–	–
Blei	1,2 ^{1,3}	14 ³	–
Bromierte Diphenylether	–	0,14 ³	0,0085 ⁵
C10-13 Chloralkane	0,4	1,4	–
Cadmium ² 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)	–
Chlorfenvinphos	0,1	0,3	–
Dioxine und dioxinähn. Verbindungen	–	nicht anwendbar	0,0065 ⁵ TEQ ⁷
Fluoranthren	0,0063 ³	0,12 ³	30 ⁵
Naphthalin	2 ³	130 ³	–
Nickel	4 ^{1,3}	34 ³	–
Nitrat	50000	–	–
Nonylphenol	0,3	2	–
PFOS	0,00065 ⁴	36 ⁴	9,1 ⁵
Quecksilber	–	0,07	20 ⁶
Tributylzinn-Kation	0,0002	0,0015	–
Trichlorethen	10	–	–
Trichlormethan	2,5	–	–

gut nicht gut

¹ die UQN bezieht sich auf bioverfügbare Konzentrationen
² abhängig von der Wasserhärteklasse
³ der gute chemische Zustand ist bis zum 22. Dezember 2021 zu erreichen
⁴ der gute chemische Zustand ist bis zum 22. Dezember 2027 zu erreichen
⁵ primäres Schutzziel: menschliche Gesundheit
⁶ primäres Schutzziel: fischfressende Tiere
⁷ Toxizitätsäquivalente nach den Toxizitätsäquivalenzfaktoren der WHO von 2005

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 Umweltqualitätsnormen (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, wenn nicht anders beschrieben, 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 (Filter mit Porengröße 0,45 µm). Die UQN für Blei und Nickel beziehen sich auf die bioverfügbaren Konzentrationen. Bei den durchgeführten Auswertungen werden hilfsweise die Messwerte in der filtrierten Probe denen des bioverfügbaren Anteils, dessen Ermittlung noch nicht abschließend geregelt ist, gleichgestellt. 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 repräsentativ für die anderen in der Oberflächengewässerverordnung aufgeführten PAK-Kenngrößen betrachtet werden.

Flussgebietsspezifische Schadstoffe zur Beurteilung des ökologischen Zustands

In Tabelle 2.2 sind die Umweltqualitätsnormen für die im Ruhreinzugsgebiet relevanten flussgebietsspezifischen Schadstoffe zusammengefasst. Liegen die Konzentrationen dieser

Schadstoffe unterhalb der UQN, erfolgt die Bewertung in „sehr gut“ mit einer blauen Kennzeichnung. Konzentrationen, die nicht höher als die UQN der Anlage 6 der OGewV sind, führen vorbehaltlich der Ergebnisse der biologischen Qualitätskomponenten zum guten Zustand und einer Farbgebung in grün. Bei einer Überschreitung der UQN liegt der mäßige ökologische Zustand vor, der mit gelb gekennzeichnet wird. Die UQN für Selen, Silber und Thallium beziehen sich auf die gelösten Konzentrationen, die nach Filtration über einen Filter (Porengröße 0,45 µm) gemessen werden.

Gesetzlich nicht verbindliche Stoffe

Der Leitfaden „Monitoring Oberflächengewässer“ des Landes NRW enthält Orientierungswerte für gesetzlich nicht verbindliche Stoffe und dient derzeit in NRW als Bewertungsgrundlage für die vom LANUV NRW untersuchten Parameter, für die keine UQN nach OGewV existieren. 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 werden gelb gekennzeichnet. Tabelle 2.3 stellt eine Auswahl der im Ruhreinzugsgebiet relevanten gesetzlich nicht geregelten Parameter der Anlage D4 dar. Die aufgeführten Parameter werden anhand der Jahresmittelwerte beurteilt. Zur Einstufung der Metalle Chrom, Kupfer und Zink werden die jeweiligen 50-Perzentile herangezogen. Zusätzlich wird im Ruhrgütebericht der gesetzlich nicht verbindliche Parameter Abfiltrierbare Stoffe (AFS) mit einem Orientierungswert von 25 mg/l, entsprechend dem gesetzlich nicht verbindlichen Orientierungswert der Anlage D5, Leitfaden NRW, bewertet.

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

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

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

sehr gut	gut	mäßig
----------	-----	-------

¹ die UQN bezieht sich auf die gelöste Phase einer Wasserprobe

² nur soweit die Erhebung von Schwebstoff- oder Sedimentdaten nicht möglich ist.

- [2.3] Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit (Hrsg.): Verordnung zum Schutz der Oberflächengewässer (OGewV), Bundesgesetzblatt G 5702, Bonn 23. Juni 2016
- [2.4] Ministerium für Klimaschutz, Umwelt, Landwirtschaft, Natur- und Verbraucherschutz des Landes NRW (Hrsg.): Leitfaden Monitoring Oberflächengewässer, <http://www.flussgebiete.nrw.de/index.php/Monitoringleitfaden>, Stand: August 2009 (Zugriff 5. April 2017), Anhang D4: http://www.flussgebiete.nrw.de/index.php/Leitfaden_Monitoring_Oberflachengewasser_Teil_D, Stand April 2014 (Zugriff 5. April 2017), Anhang D5: http://www.flussgebiete.nrw.de/index.php/Leitfaden_Monitoring_Oberflachengewasser_Teil_D/_/Anlage_5 Oktober 2011 (Zugriff 5. April 2017)
- [2.5] Erste Verordnung zur Änderung der Trinkwasserverordnung (Trinkwasserverordnung – TrinkwV 2011), Bundesgesetzblatt Jahrgang 2011 Teil I Nr. 21 vom 11. Mai 2011
- [2.6] <https://www.umweltbundesamt.de/themen/wasser/trinkwasser/trinkwasserqualitaet/toxikologie-des-trinkwassers>, Liste der nach GOW bewerteten Stoffe von 2015, Zugriff März 2016
- [2.7] Common implementation strategy for the water framework directive (2000/60/EC), Guidance Document No.32 on Biota monitoring (the implementation of EQS Biota) under the water framework directive. Technical Report-2014-083. Office for Official Publications in the European Communities, Luxembourg.
- [2.8] 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, http://www.flussgebiete.nrw.de/img_auth.php/6/60/PE-Stb_2016-2021_Ruhr_final.pdf (Zugriff: 02. März 2017)

Tabelle 2.3: Ausgewählte Stoffe der Anlage D4, Leitfaden „Monitoring Oberflächengewässer“ des Landes NRW [2.4]
 Table 2.3: Selected substances from the appendix D4, „Guidelines on monitoring surface waters“ of the State of North Rhine-Westphalia [2.4]

Gesetzlich nicht verbindliche Orientierungswerte				
Bewertung		sehr gut	gut	mäßig
Barium	µg/l	30	60	> 60
Beryllium	µg/l	0,05	0,1	> 0,1
Bor	µg/l	50	100	> 100
Chrom*	µg/l	5	10	> 10
Kobalt	µg/l	0,45	0,9	> 0,9
Kupfer*	µg/l	2	4	> 4
Molybdän	µg/l	3,5	7	> 7
Uran	µg/l	0,075	0,15	> 0,15
Vanadium	µg/l	1,2	2,4	> 2,4
Zink*	µg/l	7	14	> 14
PAK in Summe	µg/l	0,05	0,1	> 0,1
Pyren	µg/l	0,00115	0,0023	> 0,0023
Bezafibrat	µg/l	0,01	0,02	> 0,02
Ibuprofen	µg/l	0,005	0,01	> 0,01
Diclofenac	µg/l	0,05	0,1	> 0,1
Erythromycin	µg/l	0,01	0,02	> 0,02
Clarithromycin	µg/l	0,01	0,02	> 0,02
Sotalol	µg/l	0,05	0,1	> 0,1
Iopamidol	µg/l	0,05	0,1	> 0,1
Iopromid	µg/l	0,05	0,1	> 0,1
Amidotrizesäure	µg/l	0,05	0,1	> 0,1
Bisphenol A	µg/l	0,05	0,1	> 0,1
Glyphosat	µg/l	0,05	0,1	> 0,1
Methylparaben	µg/l	0,05	0,1	> 0,1
Monobutylzinn-Kation	µg/l	0,0003	0,0006	> 0,0006
Diocetylzinn-Kation	µg/l	0,002	0,004	> 0,004

*zur Bewertung wird das 50 Perzentil herangezogen

Allgemeine physikalisch-chemische Qualitätskomponenten

Die allgemeinen physikalisch-chemischen Parameter (ACP) sind in der OGWV, Anlage 7, für den sehr guten und guten ökologischen Zustand festgelegt. Sie dienen zur Unterstützung der Bewertung der biologischen Qualitätskomponenten und sind gewässertypspezifisch festgelegt, weshalb sie in Tabelle 2.5 gemeinsam mit den biologischen Qualitätsklassen und nur für den guten Zustand dargestellt sind.

Gesundheitliche Orientierungswerte (GOW) des Umweltbundesamtes

Stoffe ohne vollständige humantoxikologische Bewertung werden auf Basis vorhandener Daten unter der Ableitung eines gesundheitlichen Orientierungswerts 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 bereits 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. einer Probenahmestelle in einem Fließgewässer wird gemäß den Vorgaben der EG-WRRL und der OGWV maßgeblich anhand der biologischen Qualitätskomponenten „Makrozoobenthos“ (Wirbellosenfauna der Gewässersohle), „Makrophyten und 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

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 (GOW) [2.6]

Nach GOW bewertete Stoffe	
Stoffname	GOW µg/l
10,11-Dihydro-10,11-dihydroxycarbamazepin	0,3
Amidotrizesäure	1,0
Benzotriazol	3,0
Chloridazon	3,0
Diclofenac	0,3
Gabapentin	1,0
Iopamidol	1,0
Metazachlor ESA	3,0
Metformin	1,0
Metolachlor ESA	3,0
Oxipurinol	0,3
Tris(2-chlorisopropyl)phosphat (TCPP)	1,0

Tabelle 2.5: Qualitätsklassen des Moduls Saprobie nach PERLODES für die im Ruhreinzugsgebiet vorkommenden Gewässertypen mit den zugehörigen allgemeinen physikalisch-chemischen Qualitätskomponenten der ÖGwV, 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 Surface Water Regulation (ÖGwV), appendix 7, requirements on the good ecological condition 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	unbe- friedi- gend	schlecht	Sommer- Temp* (°C)	Winter- Temp** (°C)	O ₂ (mg/l) MIN/a	Cl ⁻ (mg/l) Mittel- wert	SO ₄ ²⁻ (mg/l) Mittel- wert	pH- Wert MIN/a - MAX/a	Fe (mg/l) Mittel- wert	P _{ges} (mg/l) Mittel- wert	o-PO ₄ -P (mg/l) Mittel- wert	NH ₄ -N (mg/l) Mittel- wert	NH ₃ -N (µg/l) Mittel- wert	NO ₂ -N (µg/l) Mittel- wert	TOC (mg/l) Mittel- wert	BSB ₅ *** (mg/l) Mittel- wert
Typ 5 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
Typ 5.1 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
Typ 6 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
Typ 7 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
Typ 9 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
Typ 9.1 Karbonatische, fein- bis grobmaterial- reiche Mittelgebirgs- flüsse	≤ 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
Typ 9.2 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
Typ 19 Kleine Niederungs- fließgewässer in Fluss- und Strom- tälern im Mittel- gebirge	≤ 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_{max} Sommer (April bis November)

** = Temperatur abhängig von der Ausprägung der Fischgemeinschaft, T_{max} Winter (Dezember bis März)

*** = ohne Nitrifikationshemmung

EG-WRRL eine Gewässertypologie mit Verbreitungskarte erstellt, in der z.B. die Unterschiede zwischen Gewässern im Mittelgebirge und im Tiefland berücksichtigt wurden. Ebenso wurden für die biologischen Qualitätskomponenten spezielle Bewertungsverfahren entwickelt. Im Ruhrgütebericht wird abschließend 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 werden können.

Qualitätskomponente Makrozoobenthos

Das Makrozoobenthos (wirbellose Kleintiere), 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.

Für die Qualitätskomponente Makrozoobenthos wurde das multimetrische Verfahren PERLODES mit der Auswertungssoftware ASTERICS entwickelt [2.9]. Die aktuelle Version 4 bzw. 4.0.4 ermöglicht erstmals neben der Bewertung des ökologischen Zustands für die „natürlichen Wasserkörper“ auch die

[2.9] <http://www.fliessgewaesserbewertung.de> (Zugriff: 02. März 2017)

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 der 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. [2.10]). Ab dem Jahr 2015 (4. Monitoringzyklus) werden die Makrozoobenthos-Ergebnisse mit der derzeit gültigen ASTERICS-Version 4.0.4 berechnet.

Neben der Fortschreibung der Bewertungssoftware ASTERICS hatte das Land NRW im Jahr 2014 auch eine Überarbeitung der Karte der Gewässertypen umgesetzt [2.11]. 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 [2.12]. 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) zur 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 Beurtei-

lung 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.

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-

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

Tabelle 2.7: Liste der im Ruhreinzugsgebiet relevanten HMWB-Fallgruppen, verändert aus [2.8]
Table 2.7: List of HMWB categories relevant in the Ruhr catchment area, revised form [2.8]

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

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. Die Festlegung der Bewertungsgrundlagen für einige HMWB-Wasserkörper mit Einzelfallbetrachtung ist von Seiten des Landes noch nicht abschließend erfolgt, so dass Probenahmestellen in diesen Wasserkörpern – dies betrifft insbesondere die untere Ruhr - wie in natürlichen Wasserkörpern nach ihrem ökologischen Zustand bewertet werden. Ansonsten werden in diesem Bericht die im Jahr 2015 und 2016 untersuchten Probenahmestellen in HMWB nach ihrem ökologischen Potenzial bewertet und kartographisch dargestellt. 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 Ruhrverband spezifischen Programms „Integrale Entwässerungsplanung“ liegen Probenahmestellen auch in kleinen Gewässern (Einzugsgebiet < 10 km², 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.

[2.10] Ruhrverband: *Hydrobiologische Untersuchungen der Ruhr und ihrer Nebengewässer – Untersuchungen des Makrozoobenthos. Ruhrgütebericht 2014*, S. 44 – 57.

[2.11] LANUV NRW (Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz Nordrhein-Westfalen): *Fließgewässertypenkarten Nordrhein-Westfalens - LANUV-Arbeitsblatt Nr. 25, Recklinghausen*, 2015: S. 1-102 + 2 Karten

[2.12] DIN 38410: 2004: *Bestimmung des Saprobienindex in Fließgewässern*, Berlin: Beuth-Verlag GmbH

3 Physikalisch-chemische Überwachungen der Ruhr

Zur Überprüfung der Qualität der Oberflächengewässer werden zahlreiche physikalisch-chemische und biologische Untersuchungen durchgeführt. Die Untersuchungsprogramme werden auf der Grundlage von geltenden internationalen Vorgaben, wie z. B. der EG-Richtlinie [3.1], nationalen Gesetzen und Verordnungen sowie speziellen Güteanforderungen, z. B. der Arbeitsgemeinschaft der Wasserwerke an der Ruhr (AWWR), konzipiert. Zur Beantwortung aktueller Fragestellungen, wie z.B. der Relevanz von Mikroverunreinigungen (siehe Kapitel 7), werden die Messprogramme entsprechend angepasst.

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

Die Erkenntnisse dieser routinemäßigen Probenahmeprogramme werden durch die in den Gewässerüberwachungsstationen kontinuierlich gemessenen Parameter ergänzt. Diese online verfügbaren Daten werden auch zur Beurteilung kurzfristiger Veränderungen bei den physikalisch-chemischen Verhältnissen, wie z.B. der Sauerstoffkonzentrationen, herangezogen. In der Vegetationsperiode unterliegen diese vor allem in und unterhalb von Stauhaltungen zum Teil erheblichen Schwankungen, wenn Sauerstoff produzierende Vorgänge (Photosynthese) und verbrauchende Vorgänge (Atmung, Biomasseabbau) die O₂-Konzentrationen beeinflussen.

[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 Wasserpolitik, ausgegeben am 24.08.2013

Die gemäß den Vereinbarungen mit der AWWR und in Zusammenarbeit mit dem Hygieneinstitut des Ruhrgebiets zusätzlichen quartalsweise durchgeführten Ruhrlängsuntersuchungen berücksichtigen in erster Linie die Entnahmestellen von Rohwasser zur Trinkwassergewinnung. Die Ergebnisse werden im Berichtsteil der AWWR vorgestellt.

Die Bewertungen der einzelnen Parameter nach der aktuellen Oberflächengewässerverordnung (OGewV) [3.2] erfolgt zusammenfassend am Ende dieses Kapitels.

Ergebnisse der Messstelle Ruhr bei Essen-Rellinghausen und Gewässerüberwachungsstationen

Die relevanten statistischen Kenngrößen an der intensiv untersuchten Probenahmestelle Essen-Rellinghausen sind für das Abflussjahr 2016 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 des Abflussjahres für die entsprechenden Kenngrößen.

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

Tabelle 3.1: Monats- und Halbjahresmittelwerte verschiedener Kenngrößen der Ruhr bei Essen-Rellinghausen, Probenahmestelle „Zornige Ameise“, Abflussjahr 2016

Table 3.1: Monthly and biannual means of several parameters for the Ruhr at Essen-Rellinghausen, sampling point "Zornige Ameise", water year 2016

	Abfluss am Pegel Hattingen	Wasser- tempe- ratur	pH- Wert (Me- dian)	Elektr. Leit- fähig- keit	Abfiltr. Stoffe	Abfiltr. Stoffe Glüh- rück- stand	Sauerstoff		BSB ₅ ohne ATH	Chemischer Sauerstoffbedarf		Absorp- tions- koeffi- zient 254 nm	TOC	Ammo- nium- Stick- stoff	Nitrat- Stick- stoff	Gesamt- Phos- phor	o-Phos- phat- Phos- phor
	m³/s	°C		µS/cm	mg/l	mg/l	Gehalt	Sätti- gungs- index	gesamt mg/l	gesamt	gelöst	m ⁻¹	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l
November 2015	68,7	10,3	7,9	494	10,7	8,0	10,9	97	1,5	10,3	7,8	6,7	4,2	0,04	2,8	0,15	0,07
Dezember 2015	140	8,6	7,9	315	26,8	21,6	11,6	100	1,6	10,9	6,8	5,4	4,3	0,06	3,3	0,13	0,05
Januar 2016	102	5,6	8,0	372	7,3	5,0	12,3	98	1,8	7,3	5,3	4,7	2,7	0,05	3,2	0,09	0,05
Februar 2016	210	6,0	7,9	304	27,5	21,2	12,3	99	2,7	10,7	5,4	5,2	4,1	0,06	3,0	0,13	0,04
März 2016	62,9	6,2	8,0	423	2,5	1,8	12,5	101	2,1	6,2	5,1	4,4	2,5	0,04	3,2	0,11	0,04
April 2016	56,8	11,0	8,0	417	3,8	2,6	11,1	101	1,8	8,5	7,4	4,8	3,2	0,02	2,6	0,08	0,03
Mai 2016	35,9	15,7	8,0	488	4,3	2,9	9,4	95	1,6	9,2	8,2	5,5	3,6	0,04	2,4	0,09	0,05
Juni 2016	49,2	18,9	7,9	422	5,6	4,1	8,7	94	1,1	9,3	7,8	6,7	5,0	0,06	2,4	0,13	0,09
Juli 2016	34,3	20,6	7,9	471	2,4	1,2	8,6	96	0,8	8,9	7,8	6,2	3,4	0,04	2,1	0,13	0,07
August 2016	26,1	19,3	7,9	530	2,1	1,2	8,7	94	0,9	9,2	8,4	6,7	3,4	0,04	2,0	0,09	0,07
September 2016	23,8	19,7	7,8	539	1,9	1,3	8,2	90	0,7	9,6	8,8	6,8	3,6	0,04	1,8	0,09	0,07
Oktober 2016	24,4	12,1	7,9	538	1,4	0,5	10,2	95	1,0	8,3	8,0	6,1	3,7	0,03	2,2	0,08	0,06
Winterhalbjahr	106	7,9	8,0	390	12,5	9,5	11,8	99	1,9	8,9	6,3	5,2	3,4	0,04	3,0	0,11	0,05
Sommerhalbjahr	32,2	17,9	7,9	497	3,0	1,9	8,9	94	1,0	9,1	8,2	6,3	3,8	0,04	2,1	0,10	0,07
Abflussjahr 2016	67,9	13,1	7,9	446	7,5	5,5	10,3	96	1,4	9,0	7,3	5,8	3,6	0,04	2,5	0,11	0,06
Abflussjahr 2015	59,3	12,3	7,9	463	4,8	3,4	10,3	95	1,6	9,0	7,8	6,1	3,3	0,05	2,6	0,11	0,07

Tabelle 3.2: Monats- und Halbjahresmittelwerte verschiedener Kenngrößen der Ruhr bei Essen-Rellinghausen, Probenahmestelle „Zornige Ameise“, Abflussjahr 2016

Table 3.2: Monthly and biannual means of several parameters for the Ruhr at Essen-Rellinghausen, sampling point "Zornige Ameise", water year 2016

	Chlorid	Sulfat	Fluorid	Bromid	Blei gesamt	Cadmium gesamt	Nickel gesamt	Chrom gesamt	Kupfer gesamt	Zink gesamt	Eisen gesamt	Mangan gesamt	AOX	EDTA	NTA	DTPA	Borat- Bor	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	µg/l	µg/l	mg/l	µg/l
November 2015	54	38	0,09	0,08	2,3	0,09	3,7	1,8	4,7	24	0,62	68	8	4,0	< 1,0	< 1,0	0,08	
Dezember 2015	24	29	0,08	0,03	4,9	0,13	4,5	2,5	5,6	36	1,1	93	7	1,4	< 1,0	< 1,0	0,04	
Januar 2016	37	30	0,07	0,05	1,2	0,05	2,3	0,7	2,8	26	0,34	40	6	1,9	< 0,50	< 1,0	0,04	
Februar 2016	25	27	0,08	0,03	4,7	0,14	4,6	2,6	6,3	47	1,3	82	< 5	1,3	< 0,50	< 1,0	0,03	2
März 2016	40	37	0,08	0,06	0,58	0,04	2,8	0,5	2,2	18	0,19	35	< 5	2,6	< 0,50	< 1,0	0,05	6
April 2016	41	36	0,08	0,06	0,84	0,06	2,7	1,0	3,1	13	0,21	31	< 5	2,4	< 0,50	< 1,0	0,05	8
Mai 2016	53	41	0,09	0,09	0,71	0,05	2,5	0,7	3,2	13	0,22	47	9	2,9	< 0,50	< 1,0	0,07	4
Juni 2016	43	34	0,08	0,08	1,1	0,06	2,4	0,9	3,8	12	0,28	50	7	3,0	< 0,50	< 1,0	0,07	< 1
Juli 2016	52	39	0,09	0,09	0,88	0,05	2,2	0,8	3,3	10	0,24	45	6	1,8	< 0,50	< 1,0	0,07	< 1
August 2016	63	41	0,10	0,09	0,48	0,05	2,1	< 0,5	2,9	7,9	0,12	26	10	3,6	< 0,50	< 1,0	0,08	< 1
September 2016	66	40	0,10	0,09	0,51	0,05	2,2	0,6	3,0	8,0	0,13	29	7	4,1	< 0,50	< 1,0	0,09	< 1
Oktober 2016	67	39	0,10	0,08	0,34	0,04	2,2	< 0,5	2,6	7,8	0,09	19	9	4,0	< 0,50	< 1,0	0,09	< 1
Winterhalbjahr	37	33	0,08	0,05	2,3	0,08	3,4	1,5	4,0	27	0,61	58	6	2,3	< 0,50	< 1,0	0,05	5
Sommerhalbjahr	57	39	0,09	0,09	0,67	0,05	2,3	0,6	3,1	9,7	0,18	36	8	3,2	< 0,50	< 1,0	0,08	1
Abflussjahr 2016	48	36	0,09	0,07	1,5	0,07	2,8	1,0	3,6	18	0,38	46	7	2,8	< 0,50	< 1,0	0,06	2
Abflussjahr 2015	51	37	0,09	0,09	1,1	0,05	2,5	0,8	3,3	16	0,29	46	7	4,1	< 1,0	< 1,0	0,07	3

Allgemeine physikalisch-chemische Kenngrößen in der Ruhr bei Essen-Rellinghausen

Im Berichtszeitraum lag der mittlere **Abfluss** am Pegel Hattingen mit 67,9 m³/s knapp 15 % über dem Vorjahreswert von 59,3 m³/s (vgl. Kapitel 1). Ausschlaggebend dafür waren einzig die höheren Winterabflüsse. Im Sommerhalbjahr wurde mit 32,2 m³/s der gleiche niedrige Abfluss wie für das Jahr 2015 erreicht. Noch niedrigere Abflussverhältnisse wurden in den letzten 15 Jahren lediglich für die Sommerhalbjahre in 2000 und 2003 ermittelt. Es gab in diesem Abflussjahr zwei Zeiträume mit nennenswerten Abflussanstiegen. Hier ist zunächst das Abflussmaximum des Betrachtungszeitraums am 1./2. Dezember 2015 mit 586 m³/s zu nennen. Des Weiteren waren zwischen dem 27. Januar und 27. Februar 2016 mehrere Anstiege bis zu 419 m³/s zu verzeichnen. Diese beiden Zeiträume spielen bei abflussabhängigen Parametern eine entscheidende Rolle.

Im Abflussjahr 2016 lagen die mittleren **Wassertemperaturen** mit 13,1 °C um etwa 0,5 °C über dem langjährigen Mittel der letzten 15 Jahre und 0,8 °C über der des Vorjahres. Die Zunahme der Temperaturen betraf gleichermaßen das Winter- und Sommerhalbjahr. Das Tagesmaximum von 23,4 °C wurde im Juli 2016 gemessen.

Im April 2016 stiegen die **pH-Werte** bei abflussarmen und strahlungsreichen Bedingungen bis auf pH 8,3. In dieser Zeit waren Spitzenwerte für das **Chlorophyll-a** von 15 µg/l (2015: 42 µg/l) vorhanden. Das diesjährige Maximum wurde im August mit pH 8,4 erreicht. Somit kam es zu keinen erheblichen pH-Wert-Verschiebungen in den alkalischen Bereich, wie sie durch massive Algenentwicklungen aufgrund erhöhter photosynthetischer Aktivitäten verursacht werden können. Das Minimum lag bei einem pH-Wert von 7,5. 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** werden stark durch den Abfluss beeinflusst. Aufgrund der abflussarmen Verhältnisse lagen im Sommerhalbjahr die diesjährigen Werte für die Trübung (3,3 FNU) und für die Abfiltrierbaren Stoffe (3,0 mg/l) auf dem

[3.2] Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit (Hrsg.): Verordnung zum Schutz der Oberflächengewässer (OGewV) Berlin, Juni 2016

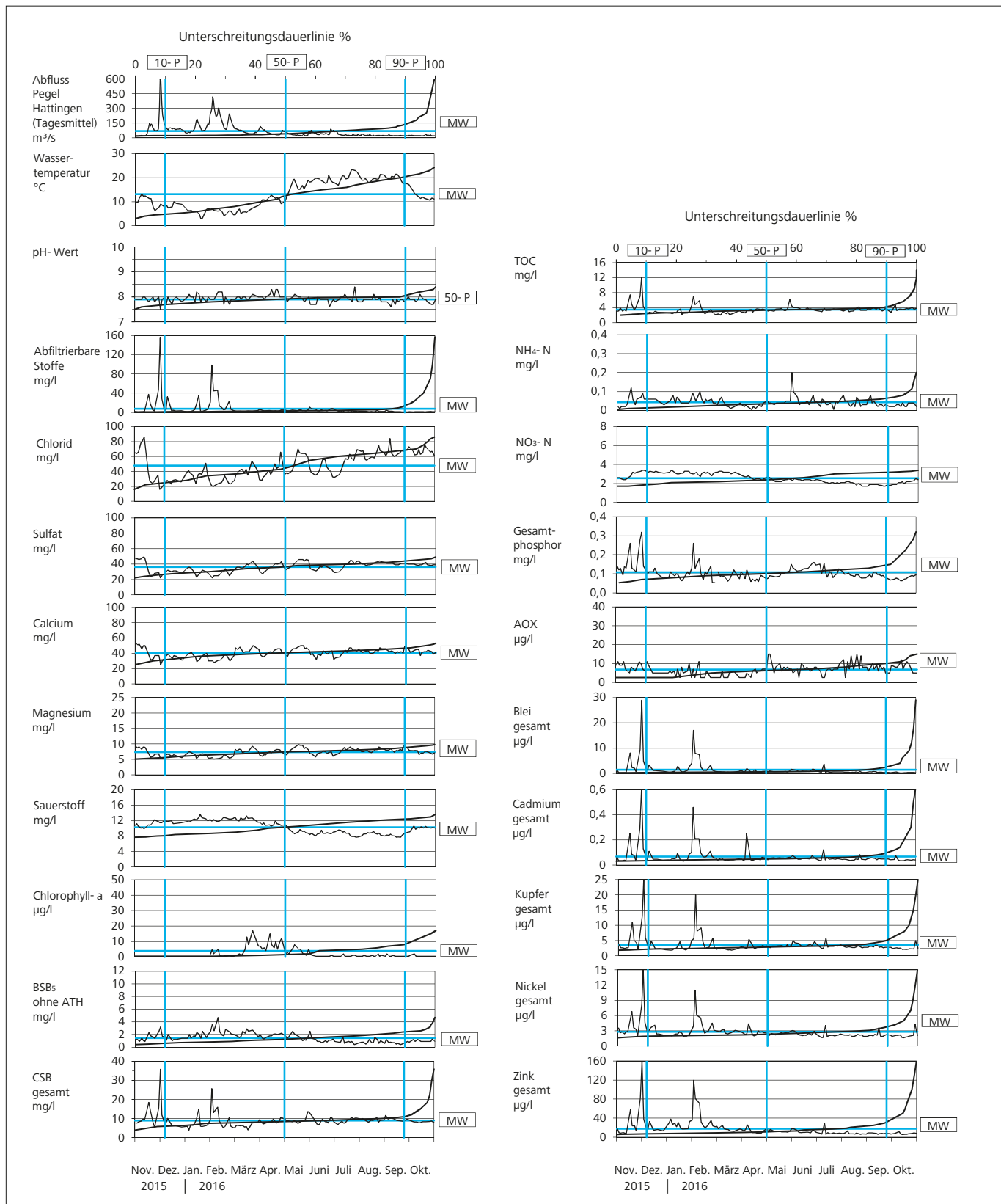


Bild 3.1: Ganglinien und Unterschreitungsdauerlinien verschiedener Kenngrößen, Ruhr bei Essen-Rellinghausen im Abflussjahr 2016
 Fig. 3.1: Time-variation curves and curves showing the durations below limit for selected parameters, Ruhr at Essen-Rellinghausen in the water year 2016

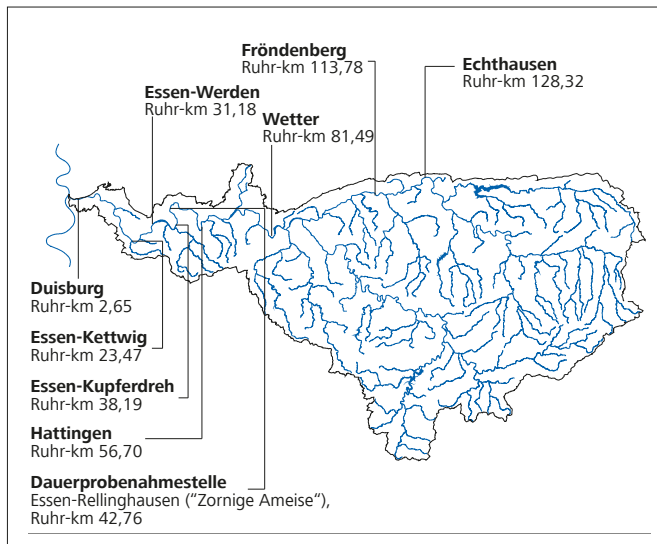


Bild 3.2: Lage der Gewässerüberwachungsstationen an der Ruhr
Fig. 3.2: Location of water quality monitoring stations along the Ruhr

Niveau der langjährigen Minima. Während des Hochwassers Anfang Dezember 2015 wurden mit 150 FNU und 157 mg/l die diesjährigen Maxima dieser beiden Parameter gemessen.

Wie auf die Trübung wirkt sich das Abflussgeschehen auch entscheidend auf die **Elektrische Leitfähigkeit** (nicht grafisch dargestellt) aus. Nach der langen Niedrigwasserphase im Herbst 2015 wurde am 13. November 2015 der Spitzenwert der Elektrischen Leitfähigkeit mit 665 $\mu\text{S}/\text{cm}$ gemessen. Schon drei Wochen später sank diese bei einem Hochwasser auf das diesjährige Minimum von 224 $\mu\text{S}/\text{cm}$.

Mineralische Inhaltsstoffe

Im Winterhalbjahr sind die Gehalte an **Chlorid** und **Sulfat** im Vergleich zu den Vorjahren noch weiter bis auf 37 mg/l bzw. 33 mg/l gesunken. Durch den andauernden Niedrigwasserabfluss wurden dagegen im Sommerhalbjahr mit 57 mg/l Chlorid und 39 mg/l Sulfat höhere Gehalte als im Winter gemessen. Es handelt sich jedoch im langjährigen Vergleich durchaus um übliche Werte. Die mittleren Jahreskonzentrationen von 48 mg/l für Chlorid und 36 mg/l für Sulfat befinden sich am unteren Rand der Bandbreite für die mittleren Konzentrationen der langjährigen Betrachtung (2000 bis 2015). Die beiden Anionen Fluorid und Bromid (nicht grafisch dargestellt) zeigten ähnliche Verläufe wie die des oben beschriebenen Chlorids und Sulfats auf. Die Maximalkonzentrationen traten mit 0,11 mg/l **Fluorid** und 0,14 mg/l **Bromid** im Anschluss an den trockenen Herbst 2015 sowie im abflussarmen Sommer 2016 auf. Die Durchschnittskonzentrationen lagen mit 0,09 mg/l Fluorid und 0,07 mg/l Bromid für beide Anionen auf dem niedrigen Niveau des Vorjahres. Die Erdalkalimetallkationen **Calcium** und **Magnesium** (nicht grafisch dargestellt) unterliegen ebenfalls der typischen Abhängigkeit vom Abflussgeschehen. Die mittleren Konzentrationen

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 RV / LANUV	Hattingen RV / LANUV	Essen-Kupferdreh, Baldeneysee Einlauf, RV	Essen-Werden, Baldeneysee Auslauf, RV	Essen-Kettwig, Kettwiger See Auslauf, RV	Duisburg RV
Physikalisch- chemische Kenngrößen								
Wassertemperatur	x	x	x	x	x	x	x	x
pH-Wert	x	x	x	x	x	x	x	x
Redox-Potenzial			x					
Sauerstoffgehalt	x	x	x	x	x	x	x	x
Elektrische Leitfähigkeit	x	x	x	x	x	x	x	x
Trübung	x	x	x	x		x	x	
Ammonium-Stickstoff			x	x		x		
Sonstige								
Chlorophyll-a (in vivo Fluoreszenz)			x	x		x		
Lufttemperatur			x				x	
Solarstrahlung			x			x		
Biomonitore								
Daphnientest		x						
Probenahme-einrichtungen								
Sammelprobenahme-Einrichtungen		x	x	x		x	x	x
Selbstentleerende Probenahme-Einrichtungen			x	x		x		
Schwebstoffgewinnung			x	x				
Datenerfassung/- übertragung								
Messwertspeicher		x	x	x	x	x	x	x
Datenfernübertragung		x	x	x	x	x	x	x

onen von 40 mg/l Ca und 7,3 mg/l Mg lagen zwar niedriger als im Vorjahr, aber zumindest für Calcium immer noch etwas höher als die mittlere Konzentration von 38 mg/l der langjährigen Betrachtung (2000 bis 2015). Für das Ruhrwasser lag der mittlere Härtegrad mit 1,3 mmol/l im Bereich der letzten Jahre. Somit ist das Wasser auch im Jahr 2016 als „weich“ einzustufen.

Organische Summenparameter

Zur Beurteilung des Wassers in der Ruhr hinsichtlich der organischen Belastung werden mehrere Summenparameter herangezogen. Dazu gehören der Biochemische Sauerstoffbedarf (BSB₅), 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). Im Folgenden wird die Ruhrwasserbeschaffenheit anhand einiger dieser Kenngrößen charakterisiert.

In Folge nur selten aufgetretener höherer Abflüsse und kaum

vorhandener Algenentwicklungen blieb der BSB₅ ohne ATH im Winterhalbjahr mit im Mittel 1,9 mg/l etwa 10 % unter dem Vorjahreswert. Das Gleiche galt für den niedrigen Jahresdurchschnitt des BSB₅ von 1,4 mg/l.

Die diesjährigen Maxima für den **Chemischen Sauerstoffbedarf** (CSB) und **Gesamten Organisch Gebundenen Kohlenstoff** (TOC) wurden mit 35,8 mg/l bzw. 12,0 mg/l bei dem Hochwasserereignis am 2. Dezember 2015 gemessen. Während im Februar 2016 noch ein leichter Anstieg für beide Parameter festzustellen war, blieben im weiteren Jahresverlauf aufgrund der kaum vorhandenen Planktonentwicklung die Konzentrationen für CSB und TOC im Bereich des langjährigen Mittelwerts bzw. häufig auch darunter. Die mittleren Konzentrationen betrugen im Abflussjahr 2016 für den CSB 9,0 mg/l und für den TOC 3,6 mg/l.

Die verschiedenen organischen Halogenverbindungen, die durch die Einleitung gereinigter kommunaler Abwässer und über diffuse Quellen in die Fließgewässer gelangen, werden durch den Summenparameter **Adsorbierbare Organisch Gebundene Halogene** (AOX) erfasst. Die Messwerte in der Ruhr bei Essen-Rellinghausen für AOX lagen im Jahr 2016 zwischen < 5 bis 15 µg/l. Wie in den Vorjahren betrug der mittlere Gehalt 7 µg/l AOX. Die höchsten Werte wurden während abflussarmer Perioden im Mai und August 2016 gemessen.

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 Ausbau der Kläranlagen mit einer Phosphor- und Stickstoffelimination erreicht.

Wie im Jahr zuvor betrug der mittlere Gehalt für **Gesamtphosphor** 0,11 mg/l. Die höchste Konzentration trat in Zeiten erhöhter Abflüsse mit einem Gehalt von 0,32 mg/l Anfang Dezember 2015 auf. Aufgrund geringer Algenentwicklungen blieb die Abnahme des **o-Phosphat-Phosphors** für die Photosynthese nahezu aus. Lediglich während der Frühjahrsentwicklung des Phytoplanktons im April 2016 sank die Konzentration für zwei Wochen unter 0,03 mg/l o-Phosphat-Phosphor. Im Durchschnitt betrugen der Anteil an direkt pflanzenverfügbarem (gelöstem) o-Phosphat-Phosphor 64 % und die Konzentration 0,06 mg/l.

Der mittlere **Nitrat-Stickstoffgehalt** von 2,5 mg/l entsprach dem Minimum der langjährigen Betrachtung von 2000 bis 2015. Die Maximalgehalte bis zu 3,4 mg/l traten in den Wintermonaten Dezember 2015 bis März 2016 bei kühlen Wassertemperaturen unter 8 °C auf, welche die Geschwindigkeit von Denitrifikationsprozessen im Gewässersediment verminderten. In den Sommermonaten nahm die Denitrifikation wieder zu. Ende August bis Anfang Oktober blieben bei Wasser-

temperaturen über 20 °C die Nitrat-Stickstoffkonzentrationen weitestgehend unter 2,0 mg/l.

Das niedrige Konzentrationsniveau für **Ammonium-Stickstoff** der letzten Jahre wurde auch im Abflussjahr 2016 mit einem mittleren Gehalt von 0,04 mg/l bestätigt. In den kälteren Wintermonaten traten erhöhte Konzentrationen bis zu 0,12 mg/l NH₄-N auf. Das Maximum von 0,20 mg/l NH₄-N wurden jedoch am 1. Juni 2016 nach starken Niederschlägen gemessen.

Schwermetalle

Die Schwermetallbelastungen der Gewässer haben unterschiedliche Ursachen, wie Auswaschungen oder Abtrag natürlich vorkommender Gesteine und Böden sowie Einleitungen industrieller und kommunaler Abwässer. Inzwischen liegen die Schwermetallkonzentrationen auf einem sehr niedrigen Niveau. Im Folgenden wird über die prioritären Stoffe Blei und Nickel sowie das prioritär gefährliche Cadmium berichtet. Diese werden nach den Vorgaben der Oberflächengewässerverordnung im gelösten Zustand gemessen. Weiterhin wurden die unfiltrierten Proben auf Chrom, Kupfer und Zink sowie auf den prioritär gefährlichen Stoff Quecksilber (nicht grafisch dargestellt) analysiert. Die Bewertung dieser Stoffe erfolgt entsprechend der Anforderungen der OGewV, ggf. der Trinkwasserverordnung (TrinkwV) [3.3] und den Vorgaben der Anlage D4 (Leitfaden NRW) [3.4].

Die Bleikonzentrationen sind stark vom Abflussgeschehen abhängig. So traten die höchsten Konzentrationen bis zu 29 µg/l in der unfiltrierten und 1,2 µg/l in der filtrierten Probe während der beiden Abflussmaxima Anfang Dezember 2015 und Anfang Februar 2016 auf. Während der Durchschnittswert von 1,5 µg/l Pb_{ges.} über dem Niveau der Vorjahre lag, ging der gelöste Anteil auf durchschnittlich 0,14 µg/l Pb_{filtr.} zurück.

Im diesjährigen Abflussjahr betrugen die Maximalkonzentrationen für **Cadmium**_{ges.} 0,61 µg/l (Hochwasser Anfang Dezember 2015) und für den gelösten Anteil 0,07 µg/l. Im Vergleich mit dem vorjährigen Winterhalbjahr stieg das arithmetische Mittel von sehr niedrigen 0,05 µg/l auf 0,07 µg/l Cd_{ges.} an, eine allerdings immer noch geringe Konzentration.

Die Belastung der Ruhr mit **Nickel** wird wesentlich durch Emissionen aus metallbe- und -verarbeitenden Betrieben verursacht. Wie bei den übrigen Schwermetallen trat das Maximum für Nickel_{ges.} mit 15 µg/l ebenfalls beim Hochwasser im Dezember 2015 auf. Der Höchstgehalt für die filtrierte Probe von 2,8 µg/l Ni_{filtr.} wurde gegen Ende der lang anhaltenden Niedrigwasserperiode des Vorjahres Mitte November 2015 gemessen. Die Durchschnittswerte lagen mit 2,8 µg/l Ni_{ges.} und 2,0 µg/l Ni_{filtr.} auf sehr niedrigem Niveau.

Der **Chromgehalt** (nicht grafisch dargestellt) spielt in der Ruhr seit vielen Jahren keine große Rolle mehr. Die höchste Konzentration von 13 µg/l Cr_{ges.} wurde ebenfalls Anfang Dezember 2015 bei hohen Abflüssen nach einer länger andauernden

Niedrigwasserperiode registriert. Der Durchschnittswert war mit 1,0 µg/l Cr_{ges.} geringfügig höher als im Vorjahr.

Kupfer kann auf sehr unterschiedliche Art in die Gewässer gelangen. Für die Kupferbelastung der Ruhr sind gewerblich-industrielle Emissionen ebenso zu betrachten wie Einträge z. B. aus Kupferrohrleitungen über häusliche Abwässer. Auch der Kupfergehalt erreichte mit einem Durchschnittswert von 3,6 µg/l im diesjährigen Abflussjahr beinahe das außerordentlich niedrige Niveau des letzten Jahres, blieb aber deutlich unter den Werten von vor zehn Jahren. Das Maximum von 25 µg/l wurde am 2. Dezember 2015 gemessen.

Quecksilber (nicht grafisch dargestellt) ist im Einzugsgebiet der Ruhr in der Wasserphase ohne Bedeutung (die Biota-Ergebnisse sind in Kapitel 7 dargestellt). Die Maximalkonzentration von 0,012 µg/l wurde am 5. Februar 2016 während einer dreiwöchigen Phase mit Abflüssen zwischen 100 und 419 m³/s gemessen. Auch mit der niedrigen Bestimmungsgrenze von < 0,005 µg/l konnte Quecksilber in 87 % der Wasserproben nicht nachgewiesen werden.

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 Zink 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. Auch für Zink wurden mit 18 µg/l bzw. 160 µg/l sowohl eine höhere mittlere als auch eine höhere maximale Konzentration im Vergleich zum Vorjahr gemessen.

Sauerstoffhaushalt (Gewässerüberwachungsstationen)

In Bild 3.3 sind für die fünf Messstationen zwischen Hattingen und Duisburg die monatlichen Mittelwerte und die Bandbreiten der Tagesmittelwerte der **Sauerstoffkonzentrationen** abgebildet. Aufgrund niedriger Temperaturen und damit verbunden besserer Wasserlöslichkeit sind die Sauerstoffgehalte im Winter höher als im Sommer. Besonders anschaulich wird dies an den beiden Messstationen Hattingen und Essen-Kupferdreh oberhalb des Baldeneysees, an denen die Konzentrationen mit nur geringen Schwankungen die entsprechende temperaturabhängige Löslichkeit des Sauerstoffs verdeutlichen. Auch an den Stationen zwischen Baldeneysee und der Mündung in den Rhein blieb die Spannweite der O₂-Gehalte, mit Ausnahme im September in Duisburg sowie im Mai und Juli in Essen-Werden, in einem engen Rahmen. Diese Ausnahmen waren auf allerdings nur geringe Algenentwicklungen in dieser Zeit zurückzuführen. Ansonsten waren konstante Sauerstoffverhältnisse aufgrund der niedrigen Algenbildung festzustellen. Im September trat im Rückstaubereich der Wehrs Duisburg während einer außerordentlichen Niedrigwasserphase mit 13 mg/l die höchste Bandbreite der Sauerstoffgehalte des Abflussjahres 2016 auf.

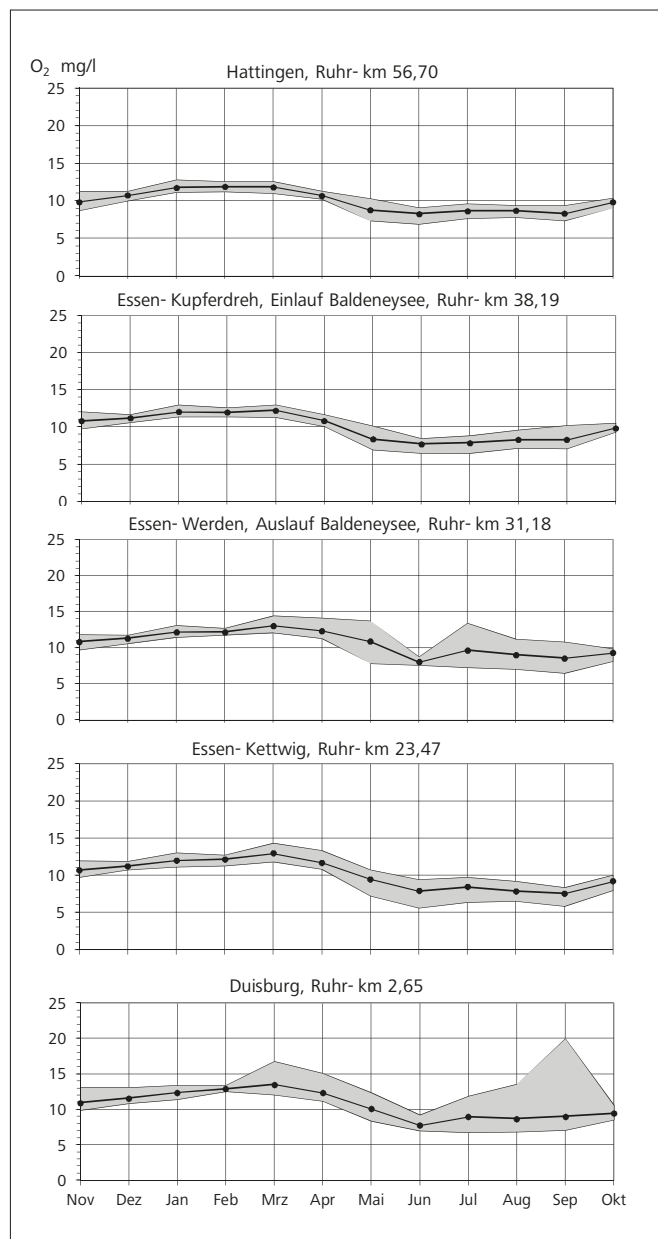


Bild 3.3: Sauerstoffgehalte in der Ruhr, monatliche Durchschnittswerte und Bandbreite der Tagesdurchschnittswerte, Abflussjahr 2016
Fig. 3.3: Oxygen in the Ruhr, monthly means and spread of daily means, water year 2016

Bild 3.4 zeigt an der Gewässerüberwachungsstation Essen-Werden die **Sauerstoffsättigung** im Sommerhalbjahr 2016 (Tagesmittelwerte) als Dauerlinie im Vergleich zu den Jahren 1971 bis 2015. Der Median für die Sauerstoffsättigung lag 2016 bei 97,0 %. Lediglich an 47 Tagen wurde eine Sauer-

[3.3] Verordnung zur Änderung der Trinkwasserverordnung (Trinkwasserverordnung – TrinkwV 2011), Bundesgesetzblatt Jahrgang 2016 Teil I S. 1666 vom 18. Juli 2016

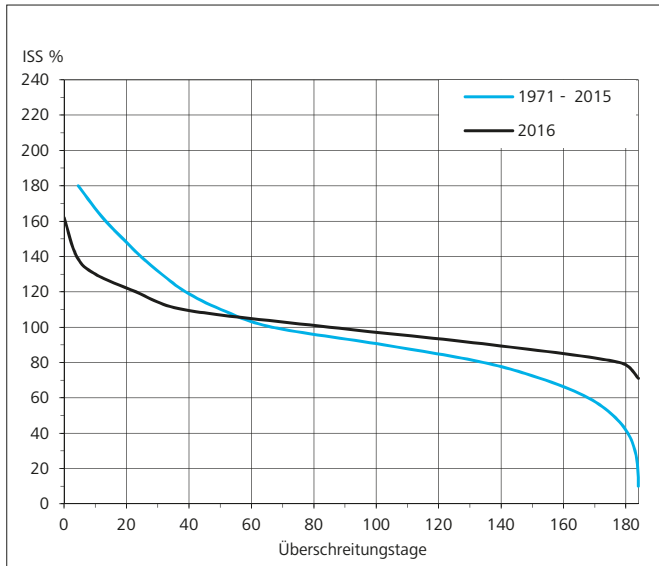


Bild 3.4: Sauerstoffdauerlinie der Tagesmittelwerte im Sommerhalbjahr 2016 und Vergleich mit den langjährigen Werten an der Gewässer-Überwachungsstation Essen-Werden (Baldeneysee Auslauf)

Fig. 3.4: Oxygen duration curve of daily means during the six summer months in 2016 and comparison with the long-term results of the water quality monitoring station Essen-Werden (outflow Lake Baldeney)

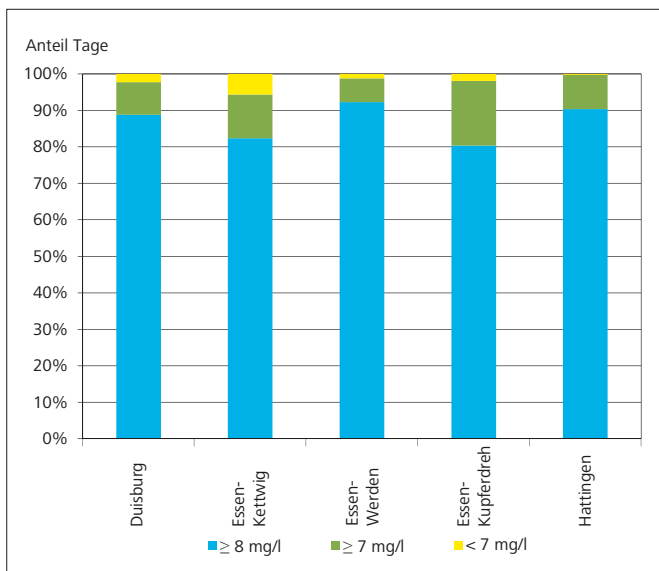


Bild 3.5: Zeitliche Verteilung der Sauerstoffgehalte in der unteren Ruhr, Abflussjahr 2016

Fig. 3.5: Temporal distribution of oxygen levels in the lower Ruhr, water year 2016

Die prozentuale Verteilung der Sauerstofftagesmittelwerte in der unteren Ruhr zwischen den Gütemessstationen in Hattingen und Duisburg zeigt Bild 3.5. An allen fünf Messstationen lagen zusammen betrachtet nur 2 % der Konzentrationen unterhalb von 7 mg/l, 11 % zwischen 7 und 8 mg/l und knapp 87 % oberhalb von 8 mg/l. Diese guten bis sehr guten Sauerstoffverhältnisse spiegeln sowohl die inzwischen seit Jahren geringe organische Belastung des Ruhrwassers als auch die kaum noch vorhandene planktische Primärproduktion wider.

Ergebnisse der wöchentlichen Ruhruntersuchungen

Das Bild 3.6 zeigt die Summenhäufigkeitskurven der Untersuchungsergebnisse relevanter Parameter für die organische Belastung (CSB) und die Nährstoffbelastung ($\text{NH}_4\text{-N}$, TP) an den sechs Probenahmestellen an der Ruhr von Wildhausen bis Duisburg-Aakerfähre für die vier Dekaden von 1970 bis 2010 und das aktuelle Abflussjahr. Es wird deutlich, dass sich die in den 1970er Jahren merkliche Belastung der Ruhr im Betrachtungszeitraum deutlich vermindert hat. Auch wenn 2016 aufgrund lang andauernder Niedrigwasserverhältnisse vor allem im Oberlauf (Wildhausen) zeitweise höhere CSB-Konzentrationen, allerdings auf immer noch niedrigem Niveau, vorhanden waren, hat sich die durchschnittliche CSB-Konzentration im gesamten Verlauf der Ruhr innerhalb der letzten 40 Jahre vermindert. An der Mündung in den Rhein betrug die Reduzierung etwa 45 %. Dies zeigt vor allem den Erfolg abwassertechnischer Maßnahmen (Ausbau und Optimierung von Kläranlagen, Bau von Nierschlagswasserbehandlungsanlagen). Aber auch hinsichtlich der Ammonium-Stickstoff- und Phosphor-Konzentrationen hat im Laufe der letzten vier Jahrzehnte an allen Probenahmestellen eine deutliche Verbesserung stattgefunden.

Ergebnisse der physikalisch-chemischen Ruhrlängsuntersuchungen

Die geographische Lage der zwölf Probenahmestellen ist in Bild 3.7 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. Die Flusskilometerangaben basieren auf der 3. Auflage der Gewässerstationierung des Landesamts für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz (LANUV) [3.5].

[3.4] Ministerium für Klimaschutz, Umwelt, Landwirtschaft, Natur- und Verbraucherschutz des Landes NRW (Hrsg.): Leitfaden Monitoring Oberflächengewässer, <http://www.flussgebiete.nrw.de/index.php/WRRL/Monitoring>, Stand: August 2009 (Zugriff 4. April 2017). Anhang D4: http://www.flussgebiete.nrw.de/index.php/Leitfaden_Monitoring_Oberflächengewässer_Teil_D, Stand April 2014 (Zugriff 4. April 2017). Anhang D5: http://www.flussgebiete.nrw.de/index.php/Leitfaden_Monitoring_Oberflächengewässer_Teil_D/_Anlage_5 Oktober 2011 (Zugriff 4. April 2017)

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

stoffsättigung von 90 % unterschritten. Das Minimum von 71 % trat einmalig am 20. September 2016 auf. Somit war auch im Jahr 2016 keine Belüftung im Unterlauf der Ruhr erforderlich.

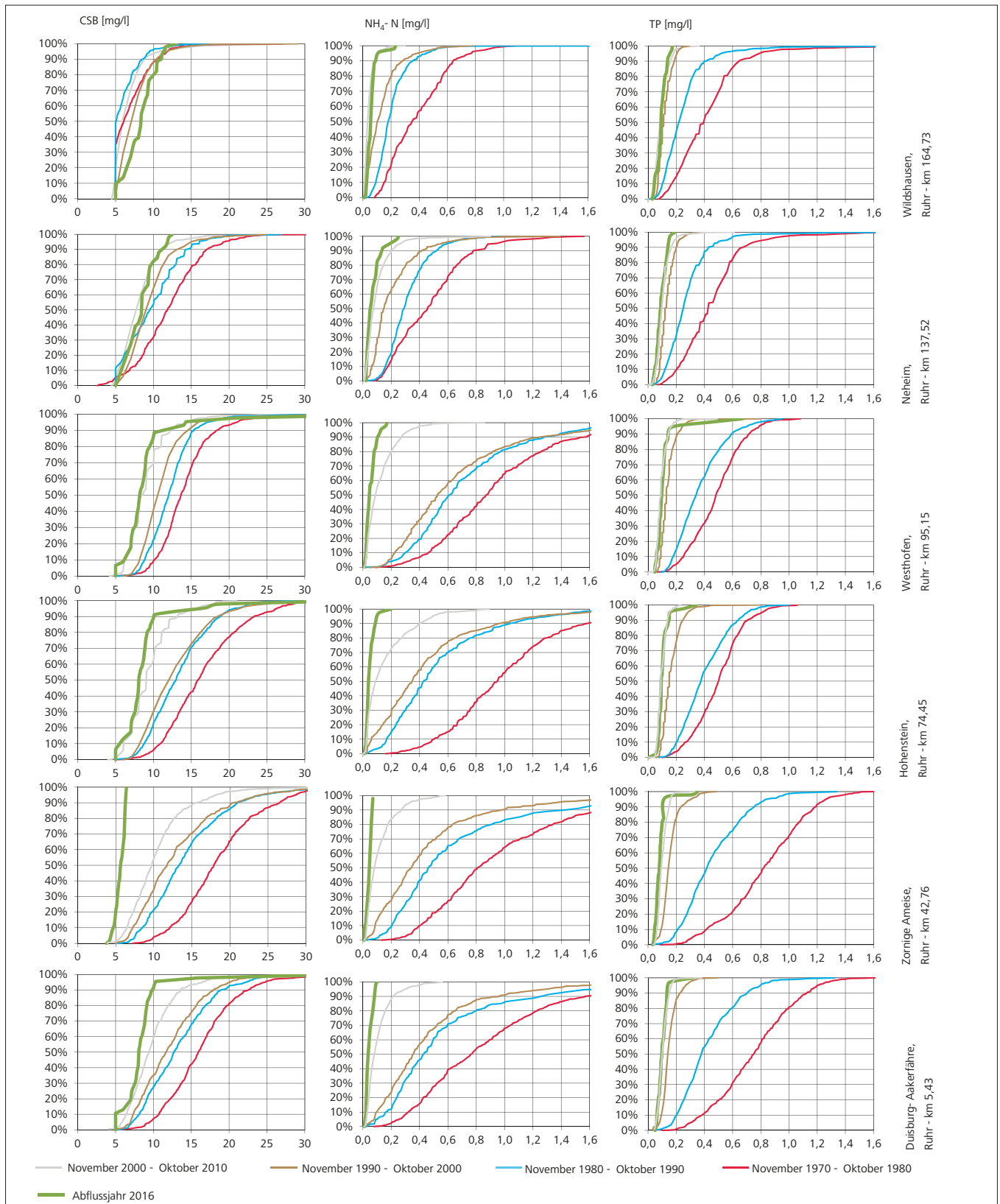


Bild 3.6: Ruhrwasserbeschaffenheit nach den Ergebnissen der wöchentlichen Ruhruntersuchung, dargestellt als Summenhäufigkeiten
 Fig. 3.6: Ruhr water condition according to the results of weekly examinations, shown as cumulative frequencies

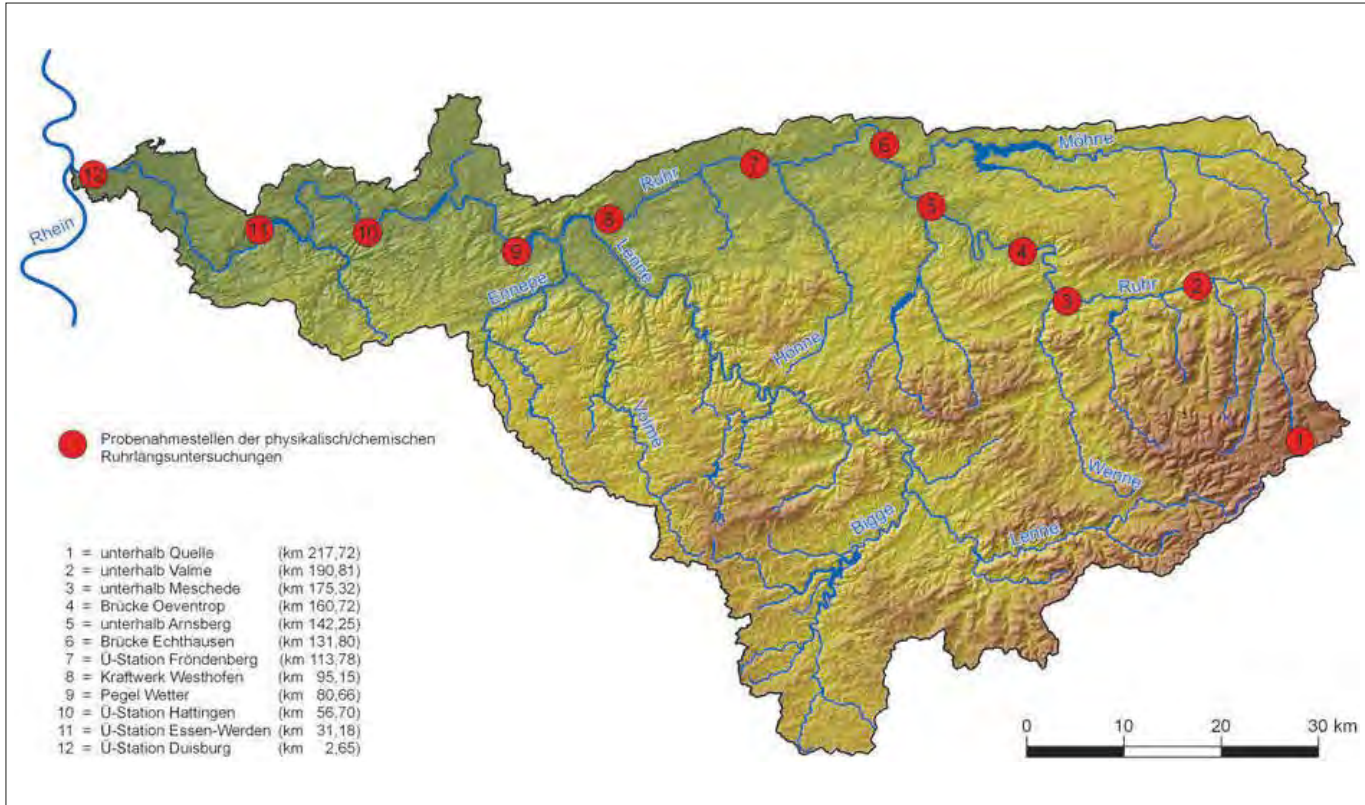


Bild 3.7: Geografische Lage der zwölf Probenahmestellen der Ruhrlängsuntersuchungen. Quelle: Geobasisdaten der Kommunen und des Landes NRW © Geobasis NRW 2008

Fig. 3.7: Location of the 12 sampling points for quality monitoring along the Ruhr. Source: Geobasisdaten der Kommunen und des Landes NRW © Geobasis NRW 2008

In Bild 3.8 sind die **Abflusstagesmittelwerte** der Ruhrpegel Meschede 1, Bachum und Hattingen an den 13 Untersuchungsterminen sowie die Monatsmittelwerte am Pegel Hattingen im Abflussjahr 2016 abgebildet. Die Abflussverhältnisse am Pegel Hattingen lagen an den Untersuchungstagen im Mittel nur um 12 % unter dem Jahresdurchschnitt. Die größte Abweichung vom durchschnittlichen Monatsmittel war bei der Probenahme im Februar mit 27 % zu verzeichnen. In den Sommermonaten waren aufgrund der nahezu gleichbleibenden Abflüsse kaum Unterschiede zwischen mittlerem Abfluss und Tagesabfluss am Probenahmetag vorhanden.

In Bild 3.9 sind die statistischen Daten der untersuchten Kenngrößen für das Abflussjahr 2016 und die Jahre 2002 bis 2015 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 2016 entsprechen den Eckpunkten der Linien. Die grauen Balken repräsentieren den Bereich zwischen den 10- und 90-Perzentilen des Jahres 2016. Das arithmetische Mittel (2016) wird durch den schwarzen Punkt abgebildet.

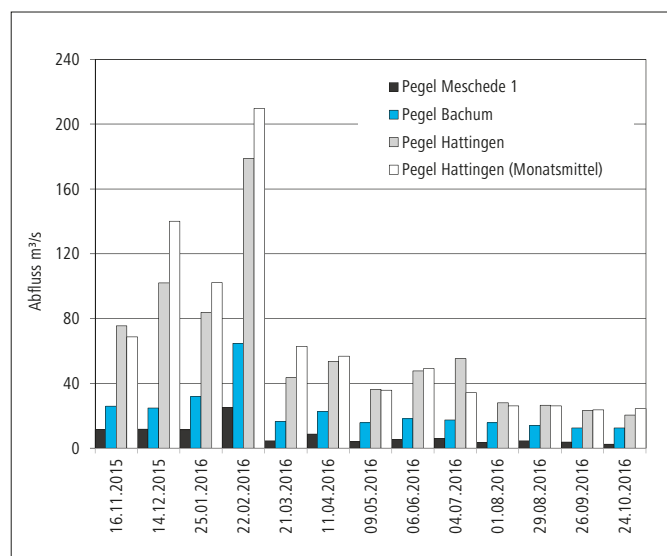


Bild 3.8: Abflüsse an den Pegeln Meschede 1, Bachum und Hattingen an den Probenahmestellen des Abflussjahres 2016 (Tagesmittelwerte)

Fig. 3.8: Ruhr runoff at the gauging stations Meschede, Bachum and Hattingen at the sampling points of 2016 (daily means)

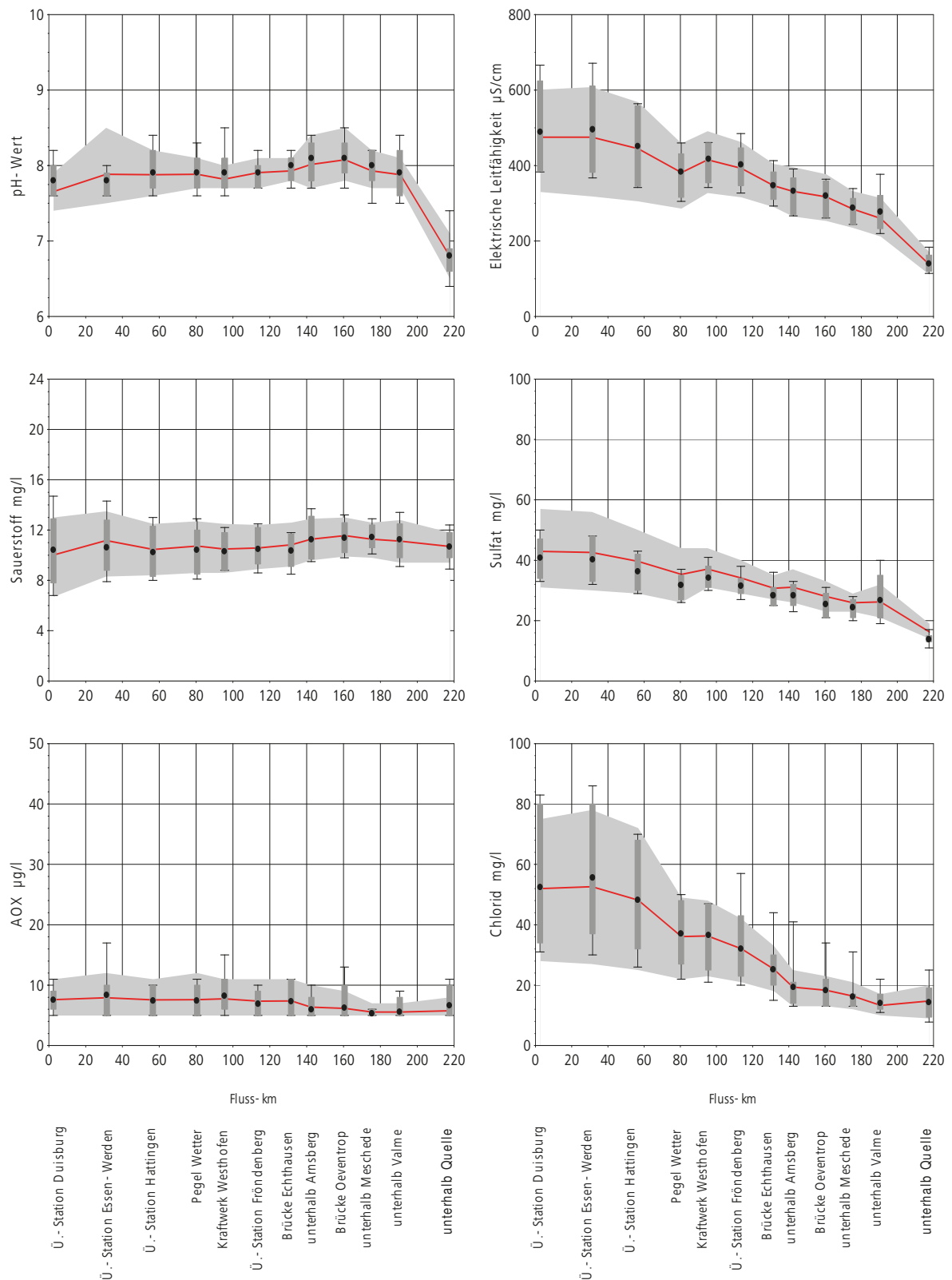


Bild 3.9: Ruhrlängsuntersuchungen im Abflussjahr 2016, statistische Daten ausgewählter Kenngrößen
 Fig. 3.9: Examinations along the Ruhr during the runoff year 2016, statistical data of selected parameters

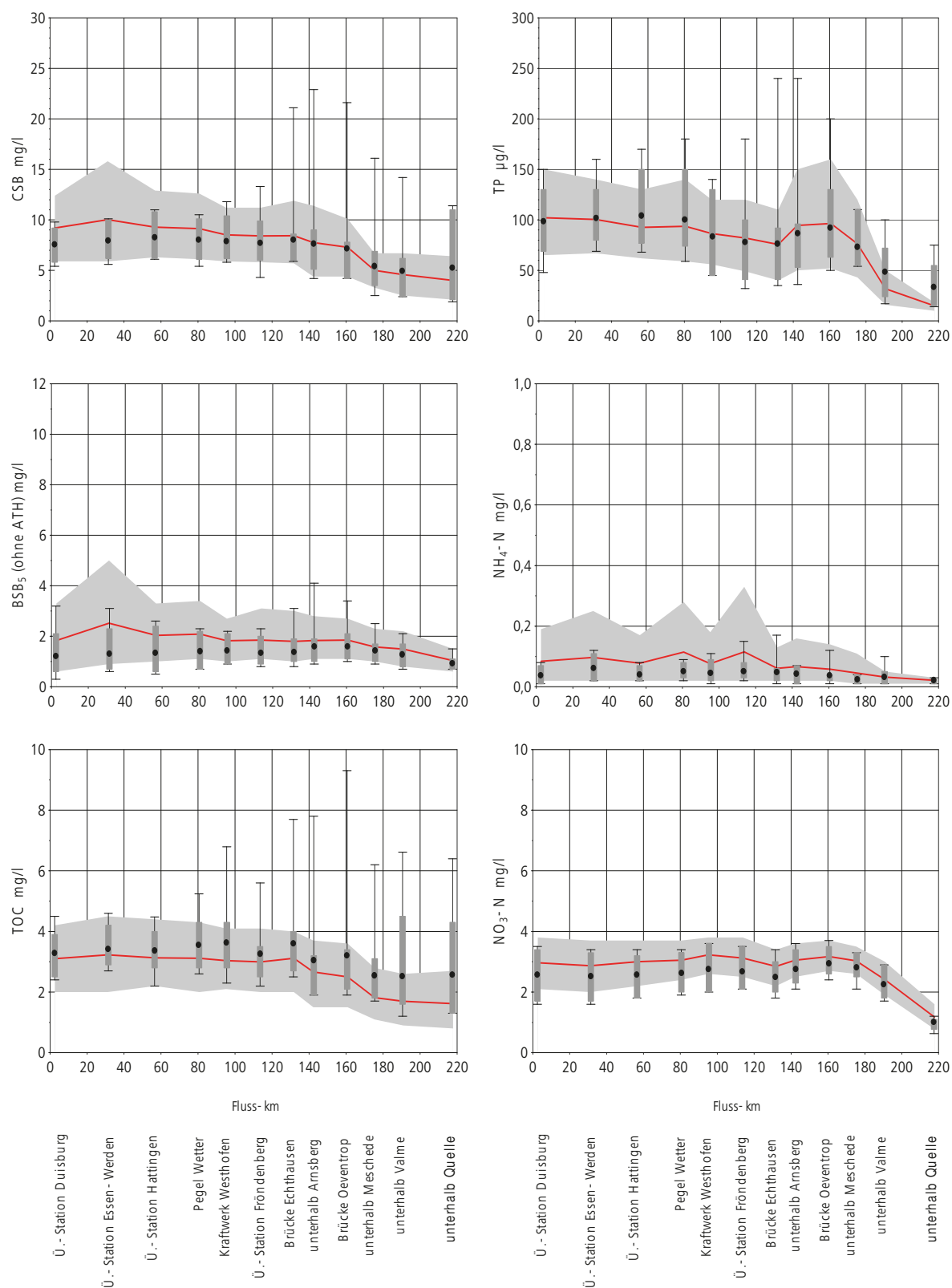


Bild 3.9: Ruhrlängsuntersuchungen im Abflussjahr 2016, statistische Daten ausgewählter Kenngrößen
 Fig. 3.9: Examinations along the Ruhr during the runoff year 2016, statistical data of selected parameters

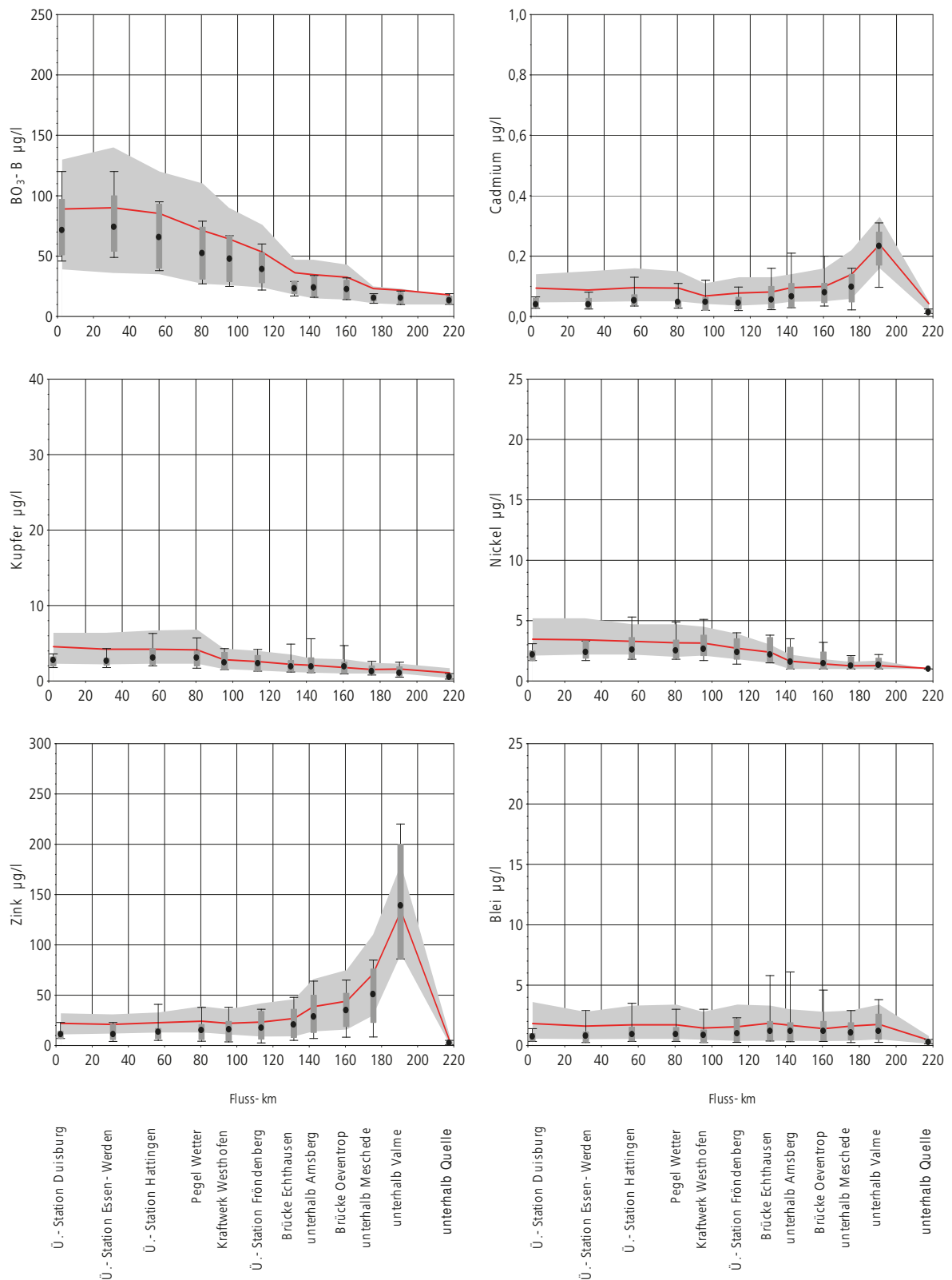


Bild 3.9: Ruhrlängsuntersuchungen im Abflussjahr 2016, statistische Daten ausgewählter Kenngrößen
 Fig. 3.9: Examinations along the Ruhr during the runoff year 2016, statistical data of selected parameters

Die Mediane der **pH-Werte** entsprachen weitestgehend den in den Vorjahren ermittelten Verhältnissen, mit einer leichten Tendenz zu höheren Werten zwischen Meschede und Wetter. Ein pH-Wert von 8,5 wurde im Berichtszeitraum an keiner Stelle überschritten. Dies war vor allem auf die kaum vorhandene planktische Primärproduktion und die damit einhergehende geringe Photosynthese, die den pH-Wert üblicherweise erhöht, zurückzuführen. Das Minimum wurde einmalig an der Probenahmestelle unterhalb der Quelle mit pH 6,4 gemessen.

Die vom Abfluss abhängige **Elektrische Leitfähigkeit** nimmt in der Ruhr auf Grund anthropogener und geogener Einflüsse von der Quelle (Mittelwert: 140 $\mu\text{S}/\text{cm}$) bis zum Kraftwerk Westhofen (Mittelwert: 417 $\mu\text{S}/\text{cm}$) kontinuierlich zu. Durch die Zuflüsse der ionenärmeren Lenne und Volme nahm die Elektrische Leitfähigkeit lokal um etwa 10 % ab. Im Unterlauf (ab Ruhr-km 60) stieg diese unter anderem durch die Aufnahme der Grubenwässer des ehemaligen Bergwerks „Robert Muser“ wieder an. Die höchsten Werte von 671 und 666 $\mu\text{S}/\text{cm}$ wurden in Essen-Werden und vor der Mündung in den Rhein registriert.

Mineralische Inhaltsstoffe

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

Bei einem Anstieg des Abflusses nach einer langen Niedrigwasserphase wurde Mitte November 2015 für **Sulfat** an der Überwachungsstation Duisburg der Maximalwert von 50 mg/l gemessen. Insgesamt lagen die Sulfat-Mittelwerte, bis auf die an der Messstelle unterhalb der Valmemündung, zum Teil deutlich unter den Durchschnittswerten der langjährigen Betrachtung (2002 bis 2015). Die **Chloridgehalte** bewegten sich auf dem gleichen Niveau wie in den Vorjahren. Das Maximum von 86 mg/l Chlorid wurde an der Überwachungsstation Essen-Werden ebenfalls im November 2015 gemessen. Die mittleren Konzentrationen an den einzelnen Messstellen lagen in einem Bereich zwischen 14 und 41 mg/l Sulfat bzw. 15 und 56 mg/l Chlorid. Die Maximalkonzentrationen der Anionen **Fluorid** und **Bromid** betragen wie in den letzten Jahren 0,11 mg/l Fluorid bzw. 0,14 mg/l Bromid (diese und folgende Stoffe grafisch nicht dargestellt). Die Gehalte der Kationen **Calcium, Magnesium, Natrium** und **Kalium** bewegten sich auf dem Niveau der Vorjahre.

Organische Summenparameter

Die organische Belastung der Ruhr wird hier durch die Parameter BSB₅ (ohne ATH), CSB und TOC sowie 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.

Aufgrund ansteigender Abflüsse im Anschluss an eine mehrere Monate andauernde Trockenwetterphase kam es Mitte November 2015 bei den Parametern **BSB₅ (ohne ATH)**, **CSB** und **TOC** zu bemerkenswert hohen Maxima (das Hochwasser Anfang Dezember wurde wegen des zeitlich eng begrenzten Auftretens bei der vierwöchentlichen Probenahme nicht erfasst). Insbesondere in der oberen Ruhr wurden in Folge von Sedimentremobilisierung und Abschwemmungen aus der Landschaft erhöhte Belastungen nachgewiesen. Dabei wurden Maximalgehalte für den BSB₅ (ohne ATH) von 4,1 mg/l, den CSB von 22,9 mg/l und den TOC von 9,3 mg/l gemessen. Ab der Brücke Echthausen lagen die Durchschnittswerte in der mittleren und unteren Ruhr für den CSB und den BSB₅ weit unter denen der langjährigen Betrachtung. Der TOC wies im Vergleich zu den letzten 15 Jahren im Oberlauf leicht überdurchschnittliche und im Unterlauf durchschnittliche Verhältnisse auf. Die mittleren **AOX-Gehalte** bewegten sich im Fließverlauf der Ruhr in einem Bereich zwischen 5,0 und 8,1 $\mu\text{g}/\text{l}$. Es ist positiv zu bewerten, dass sich die Gehalte für AOX seit vielen Jahren auf einem niedrigen Niveau bewegen.

Nährstoffe

Neben den Komponenten Licht, Kohlenstoff, Aufenthaltszeit 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 den limitierenden Faktor dar. Im Folgenden wird auf die langjährige Entwicklung der Kenngrößen Gesamtposphor, Nitrat- und Ammonium-Stickstoff eingegangen. Im Kapitel 5 werden die Auswirkungen von biotischen und abiotischen Komponenten auf die trophische Situation ausführlich dargestellt.

Nahezu über die gesamte Fließstrecke der Ruhr befanden sich die durchschnittlichen **Phosphorkonzentrationen** im Berichtszeitraum auf dem Niveau der letzten 14 Jahre. Bei der Probenahme Mitte November 2015 trat aufgrund der schon genannten besonderen Abflusssituation an allen Probenahmestellen ein Anstieg auf das lokale Maximum der Konzentration des Gesamtposphors auf. Der Spitzenwert von 240 $\mu\text{g}/\text{l}$ wurde unterhalb von Arnsberg gemessen.

Im Vergleich zum Vorjahr wurden an den Überwachungsstationen Hattingen und Essen-Werden – und damit nur noch an zwei der zwölf Untersuchungsstellen (2015: fünf von zwölf) – Durchschnittsgehalte über 100 $\mu\text{g}/\text{l}$ TP gemessen. Der für die Primärproduktion wichtige Anteil an gelöstem Phosphor schwankt je nach Abflussgeschehen und Biomasseauf- und -abbau. Die Schwankungsbreite für o-Phosphat-Phosphor beträgt bezogen auf alle Messstellen 23 bis 92 % des Gesamtphosphorgehalts, wobei in den Bereichen der gestauten Ruhr aufgrund der vorhandenen Primärproduktion tendenziell grö-

ßere Schwankungen als im Oberlauf auftreten.

Auch im diesjährigen Abflussjahr bestätigten sich in der gesamten Ruhr die niedrigen Konzentrationen für **Ammonium-Stickstoff**. Der Maximalwert von 0,17 mg/l wurde lediglich einmal an der Brücke Echthausen gemessen. Die mittleren Gehalte an den zwölf Probenahmestellen liegen zwischen 0,02 und 0,06 mg/l und unterschreiten trotz etwas höherer Werte als im Vorjahr weit die Durchschnittskonzentrationen der letzten 14 Jahre. Weiterhin blieb die Bandbreite zwischen den 10- und 90-Perzentilen schmal, so dass an fast allen Stellen das 90-Perzentil unter dem Mittelwert der Vorjahre liegt. Die mittleren Konzentrationen für **Nitrat-Stickstoff** blieben diesjährig an allen Messstellen unterhalb von 3,0 mg/l und bestätigen das erreichte niedrige Niveau der letzten Jahre.

Schwermetalle

Die Konzentrationen der human- und ökotoxikologisch bedeutsamen Schwermetalle Blei, Cadmium, Nickel, Kupfer und Zink werden ebenfalls in Bild 3.9. dargestellt. Zu dieser Gruppe zählen auch die Metalle Chrom und Quecksilber, die jedoch aufgrund der seit vielen Jahren niedrigen Gehalte in der Ruhr hier nicht mehr grafisch dargestellt werden.

Die Gehalte der Metalle **Cadmium** und **Zink**, die im Oberlauf der Ruhr lokal durch die Einträge aus dem ehemaligen Erzbergbau in den Einzugsgebieten von Valme und Elpe beeinflusst werden, befanden sich auf dem Niveau des Zeitraums 2002 bis 2015. Im weiteren Fließverlauf bis zur Mündung in den Rhein nahmen die Konzentrationen beider Metalle kontinuierlich wieder ab und blieben über weite Strecken mit ihren Mittelwerten unterhalb der langjährigen 10-Perzentile. Die mittleren Konzentrationen von **Kupfer** und **Nickel** blieben in der mittleren und unteren Ruhr weit unter den Durchschnittswerten der Vorjahre. Die höchsten Werte wurden während der beiden Abflussanstiege Mitte November und Ende Februar mit Werten von 4,3 bis 6,3 µg/l für Kupfer und 3,4 bis 5,3 µg/l für Nickel gemessen. Die mittleren **Bleikonzentrationen** lagen im gesamten Ruhrverlauf ebenfalls deutlich unter den Gehalten der langjährigen Betrachtung. Maximalwerte bis zu 6,1 µg/l (unterhalb Arnsberg) traten auch hier während der genannten Abflussanstiege auf.

Zusammenfassende Bewertung

In der Tabelle 3.4 sind relevante Parameter, die entsprechend der OGewV und des Leitfadens NRW bewertet werden (vgl. Kapitel 2), für die insgesamt 13 untersuchten Messstellen im Ruhrverlauf zusammengestellt. Für die Bewertung organischer Spurenstoffe, die in der letzten Spalte als auffällig aufgeführt sind, wird auf das Kapitel 7 verwiesen.

Die Anforderung der OGewV für die Wassertemperatur wurde in Essen-Rellinghausen und an allen weiteren Probenahmestellen der Ruhr für das Abflussjahr 2016 eingehalten. Ein pH-Wert von 8,5 wurde im Berichtszeitraum an keiner Stelle

überschritten. Das Minimum wurde einmalig an der Probenahmestelle unterhalb der Quelle mit pH 6,4 gemessen. Somit konnten 288 von insgesamt 289 Messungen den in der OGewV vorgeschriebenen pH-Bereich einhalten. Die Mindestanforderung für die Sauerstoffkonzentration von 7,0 mg/l wurde im Abflussjahr 2016 einmalig im gesamten Ruhrverlauf mit 6,8 mg/l in Duisburg unterschritten, so dass nur hier eine Bewertung mit mäßig erfolgt.

Die mittleren Konzentrationen für Chlorid und Sulfat an den einzelnen Messstellen lagen in einem Bereich zwischen 14 und 41 mg/l Sulfat bzw. 15 und 56 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. Für Fluorid gibt es keine Vorgaben nach der Oberflächengewässerverordnung. Daher wird für Fluorid als Orientierungswert der Grenzwert von 1,5 mg/l der TrinkwV [3.3] herangezogen, der an allen Messstellen sicher eingehalten wird.

Der Jahresdurchschnitt für den BSB₅ (ohne ATH) blieb an allen Messstellen deutlich unter 2,0 mg/l, womit der für die Beurteilung des ökologischen Zustands nach der OGewV definierte Orientierungswert von < 3 mg/l sicher unterschritten wird. Die mittleren Gehalte für den TOC unterschritten im gesamten Ruhrverlauf stets 4,0 mg/l und damit deutlich die Anforderung der OGewV für TOC von < 7 mg/l.

Wie im Jahr zuvor lag in Essen-Rellinghausen der mittlere Gehalt für Gesamtphosphor mit 0,11 mg/l und somit das zweite Mal seit 2003 knapp über dem Orientierungswert der OGewV von 0,10 mg/l. Entsprechend der OGewV wird diese Messstelle genauso wie die Überwachungsstationen Hattingen und Essen-Werden mit „mäßig“ bewertet. Für die übrigen Probenahmestellen erfolgt dagegen eine Bewertung mit „gut“. Beim o-Phosphat-Phosphor erreichten alle Messstellen den guten Zustand. Die UQN der OGewV, die der Anforderung der Trinkwasserverordnung von 11,3 mg/l Nitrat-Stickstoff (50 mg/l Nitrat) entspricht, wurde mit lokalen Mittelwerten von 1,0 bis 2,8 mg/l Nitrat-Stickstoff erneut im gesamten Ruhrverlauf sicher eingehalten. Der Wert von ≤ 0,04 mg/l NH₄-N der Anlage 7 der OGewV wurde an den meisten Probenahmestellen nicht überschritten, so dass eine Bewertung mit „sehr gut“ erfolgt. Die Messpunkte direkt unterhalb der großen Stauhaltungen erreichten aufgrund biogener Abbauprozesse mittlere Konzentrationen bis zu 0,06 mg/l NH₄-N und so eine Einstufung in den guten Zustand.

Beim Blei entsprechen Durchschnittswerte bis zu 1,5 µg/l Pb_{ges.} (Essen-Rellinghausen) und 0,39 µg/l Pb_{filtr.} (Pegel Hattingen) an den 13 Untersuchungsstellen in der Ruhr in etwa dem Niveau der Vorjahre. Die neue UQN für prioritäre Stoffe von 1,2 µg/l Pb für den bioverfügbaren Anteil wird an allen Messstellen sicher eingehalten. Cadmium und seine Verbindungen haben eine hohe Toxizität gegenüber aquatischen Organismen. Diese wird durch höhere Calciumgehalte verringert. Aus diesem Grund steigt die UQN für dieses Element mit zunehmender

Tabelle 3.4: Bewertung der Ruhruntersuchungen des Abflussjahres 2016 auf der Basis der Oberflächengewässerverordnung (OGewV) bzw. der Anlagen D4 und D5 des „Leitfadens Monitoring Oberflächengewässer“ des Landes NRW

Table 3.4: Evaluation of Ruhr examinations in the water year 2016 based on the Surface Water Regulation (OGewV) and the appendices D4 and D5 of the "Guidelines on monitoring surface waters" issued by the State of North Rhine-Westphalia

Lanuv Messstellen -Nummer-	Gewässer	Probenahmestellen -Bezeichnung-	Ruhr- km	Untersuchungen (n)	ACP										UQN					UQN			Weitere Stoffe aus den Anl. 6 und 8 der OGewV sowie gesetzlich nicht verbindliche Stoffe mit Bewertungen von mäßig	
					OGewV Anl. 7										OGewV Anl. 8					OGewV Anl. 6				
					Wassertemperatur	pH- Wert	Ammonium- Stickstoff	Gesamthosphor	Sauerstoff	Chlorid	Sulfat	TOC	Eisen	Blei gelöst	Cadmium gelöst	Nickel gelöst	Quecksilber	PFOS	Nitrat- Stickstoff	Kupfer*	Zink*	Silber gelöst		
Essen- Rellinghausen																								
505110	Ruhr	Essen-Rellinghausen	42,76	133																				Benzo(a)pyren, Pyren, Amidotrizoesäure, lomeprol, lopamidol, lopromid, Ibuprofen
Ruhr längsuntersuchungen																								
400014	Ruhr	unterhalb Quelle	217,72	13																				Benzo(a)pyren, Pyren
687560	Ruhr	unterhalb Valme	190,81	13																				
401201	Ruhr	unterhalb Meschede	175,32	13																				
687571	Ruhr	Brücke Oeventrop	160,72	13																				Benzo(a)pyren, Ibuprofen
	Ruhr	unterhalb Arnsberg	142,25	13																				Amidotrizoesäure, lopamidol, Ibuprofen
402102	Ruhr	Brücke Echthausen	131,80	13																				lopamidol, Ibuprofen
	Ruhr	Ü-Station Fröndenberg	113,78	13																				Benzo(a)pyren, Pyren, Amidotrizoesäure, lomeprol, lopamidol, Desphenylchloridazon, Ibuprofen
	Ruhr	Kraftwerk Westhofen	95,15	13																				Benzo(a)pyren, Pyren, Amidotrizoesäure, lomeprol, lopamidol, lopromid, Ibuprofen
503253	Ruhr	Pegel Wetter	80,66	13																				Benzo(a)pyren, Pyren, Amidotrizoesäure, lomeprol, lopamidol, lopromid, Ibuprofen
	Ruhr	Ü-Station Hattingen	56,70	13																				Benzo(a)pyren, Fluoranthen, Pyren , Amidotrizoesäure, lomeprol, lopamidol, lopromid, Ibuprofen
	Ruhr	Ü-Station Werden	31,18	13																				Benzo(a)pyren, Pyren, Amidotrizoesäure, lomeprol, lopamidol, lopromid, Diclofenac, Ibuprofen
320754	Ruhr	Ü-Station Duisburg	2,65	13																				Benzo(a)pyren, Pyren, Amidotrizoesäure, lomeprol, lopamidol, lopromid, Diclofenac, Ibuprofen

Flussgebietspezifische Schadstoffe, Ökologischer Zustand (Anl. 6)

Leitfaden NRW (Anl. D4)

	sehr gut
	gut
	mäßig

Prioritäre Stoffe, Chemischer Zustand

	eingehalten
	nicht eingehalten
	nicht bewertet

Wasserhärteklasse. Die resultierenden Anforderungen der OGewV von 0,09 (Härteklasse 2) bzw. 0,15 µg/l Cd_{filtr.} (Härteklasse 4) werden lediglich unterhalb der mit Zink und Cadmium belasteten Valme und Elpe (ehemaliger Erzbergbau) nicht eingehalten. An den übrigen Untersuchungsstellen im Längsverlauf ist mit Durchschnittskonzentrationen von 0,02 bis 0,08 µg/l sicher der gute Zustand gegeben. Die UQN für Nickel von 4 µg/l (bioverfügbarer Anteil) wird ebenso wie die Anforderung für Quecksilber von 0,07 µg/l in der Wasserphase im gesamten Fließverlauf der Ruhr sicher eingehalten.

Die gesetzlich nicht verbindlichen Stoffe in der Anlage D4 des Leitfadens NRW [3.4] Chrom und Kupfer sowie der flussgebietsspezifische Schadstoff Silber halten den sehr guten bzw. guten Zustand ein. Das wie Cadmium über den ehemaligen Erzbergbau im Oberlauf der Ruhr eingetragene Zink weist über eine Strecke von etwa 100 Ruhrkilometern den mäßigen Zustand auf. Ab dem Pegel Wetter wird aber auch für dieses wegen eingetragene Metall der gute Zustand erreicht.

4 Monitoring gemäß EG-WRRL der Ruhr und ihrer Nebengewässer

Physikalisch-chemische Untersuchungen gemäß EG-WRRL

Gemäß der Europäischen Wasserrahmenrichtlinie (EG-WRRL) [4.1] werden Fließgewässer mit Teileinzugsgebieten größer 10 km² untersucht. Im Ruhrinzugsgebiet 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 50 Gewässer in den fünf Planungseinheiten Möhne, Obere Ruhr 2, Obere Lenne, Mittlere sowie Untere Ruhr untersucht. Der Ruhrverband beteiligte sich dabei an 22 Gewässern mit insgesamt 47 Probenahmestellen. Die weiteren 52 Messstellen der Planungseinheiten wurden vom LANUV bereits 2015 untersucht. Im Bild 4.1 sind die Fließgewässer und die jeweiligen Messstellen in den Planungseinheiten kartografisch dargestellt. Dazugehörige Stammdaten sowie die entsprechenden Untersuchungshäufigkeiten können der Tabelle 4.1 entnommen werden. In der Tabelle 4.2 enthalten sind relevante Untersuchungsparameter, die nach den Kriterien der Oberflächengewässerverordnung (OGewV) [4.2] und weiterer Anforderungen, wie z. B. der Anlage D4, Leitfaden NRW [4.3], bewertet wurden (siehe Kapitel 2).

Planungseinheit Möhne

Das 469 km² große Einzugsgebiet der Möhne ist überwiegend durch Waldflächen geprägt. Ein knappes Drittel umfasst landwirtschaftliche Nutzflächen. Die Bewertung dieser Planungseinheit erfolgt lediglich an der Probenahmestelle Möhne vor Mündung in die Ruhr. Die Gehalte an mineralischen und organischen Inhaltsstoffen lagen auf einem niedrigen Niveau. Die Einstufung für TOC und Chlorid erfolgt dadurch in „gut“. Auch

-
- [4.1] 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
 - [4.2] Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit (Hrsg.): Verordnung zum Schutz der Oberflächengewässer (OGewV), Bundesgesetzblatt G 5702, Bonn 23. Juni 2016
 - [4.3] Ministerium für Klimaschutz, Umwelt, Landwirtschaft, Natur- und Verbraucherschutz des Landes NRW (Hrsg.): Leitfaden Monitoring Oberflächengewässer, <http://www.flussgebiete.nrw.de/index.php/Monitoringleitfaden>, Stand: August 2009 (Zugriff 5. April 2017), Anhang D4: http://www.flussgebiete.nrw.de/index.php/Leitfaden_Monitoring_Oberflachengewasser_Teil_D, Stand April 2014 (Zugriff 5. April 2017), Anhang D5: http://www.flussgebiete.nrw.de/index.php/Leitfaden_Monitoring_Oberflachengewasser_Teil_D/_Anlage_5 Oktober 2011 (Zugriff 5. April 2017)

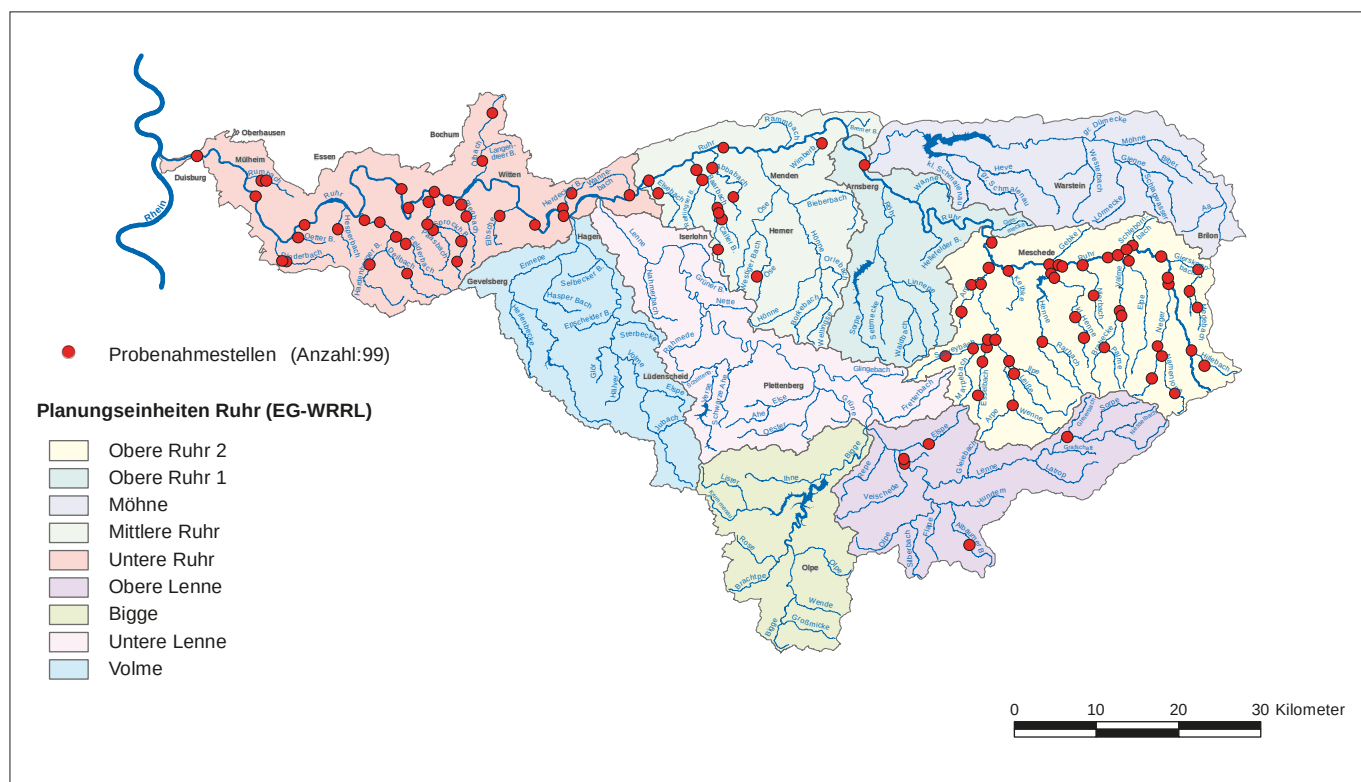


Bild 4.1: Lage der im Jahr 2015 und 2016 untersuchten Fließgewässer einschließlich der jeweiligen Probenahmestellen. Quelle: Geobasisdaten der Kommunen und des Landes NRW © Geobasis NRW 2015

Fig. 4.1: Location of the flowing waters monitored in 2015 and 2016 by Ruhrverband and LANUV including the respective sampling points. Source: Geobasisdaten der Kommunen und des Landes NRW © Geobasis NRW 2015

Tabelle 4.1: Ausgewählte Stammdaten der in den Jahren 2015 und 2016 physikalisch-chemisch untersuchten Gewässer

Table 4.1: Selected master data for the waters physico-chemically examined in the years 2015 and 2016

Gewässer	Gewässer-kennzahl	AEO km ²	Länge km	Anzahl Messstellen	Anzahl Untersuchungen
Planungseinheit 1000: Untere Ruhr					
Ruhr	276	650,6	99,0	8	34
Wannebach	27658	16,4	8,2	1	4
Oelbach	27692	53,4	13,4	2	8
Paasbach	27694	33,8	14,4	2	8
Deilbach	27696	109,0	20,8	3	12
Rinderbach	27698	20,4	11,7	2	4
Herdecker Bach	276912	11,4	6,0	2	8
Elbsche	276916	17,8	7,9	1	4
Pleißbach	276932	24,1	12,0	3	12
Sprockhöveler Bach	276942	13,9	11,2	3	12
Hardenberger Bach	276962	35,0	13,2	1	4
Felderbach	276964	22,4	12,7	2	8
Hesperbach	276972	17,9	7,7	1	4
Oefter Bach	276978	11,2	4,8	1	4
Ruhmbach	276994	11,5	7,4	2	4
Planungseinheit 1400: Obere Lenne					
Lenne	2766	457,0	55,5	3	12
Albaumer Bach	276624	32,3	13,2	1	4
Elspe	276634	42,5	12,1	1	4

Tabelle 4.1: Ausgewählte Stammdaten der in den Jahren 2015 und 2016 physikalisch-chemisch untersuchten Gewässer
 Table 4.1: Selected master data for the waters physico-chemically examined in the years 2015 and 2016

Gewässer	Gewässer- kennzahl	AEO km ²	Länge km	Anzahl Messstellen	Anzahl Untersuchungen
Planungseinheit 1400: Obere Lenne					
Lenne	2766	457,0	55,5	3	12
Albaumer Bach	276624	32,3	13,2	1	4
Elspe	276634	42,5	12,1	1	4
Planungseinheit 1500: Mittlere Ruhr					
Ruhr	276	505,0	32,8	2	8
Öse	27648	63,6	19,6	1	4
Baarbach	27654	53,1	17,6	3	12
Abbabach	27652	22,0	17,1	2	8
Elsebach	27656	17,3	10,3	1	4
Wimberbach	27636	15,8	8,3	1	4
Refflingser Bach	276544	14,0	7,9	1	4
Caller Bach	276542	11,1	5,6	2	8
Planungseinheit 1700: Obere Ruhr 2					
Ruhr	276	740,0	53,0	7	28
Wenne	27616	218,0	31,1	3	12
Henne	27614	96,8	22,5	1	4
Salweybach	276168	67,7	14,8	2	8
Valme	27612	62,6	19,7	2	8
Neger	276114	53,8	17,7	3	12
Kleine Henne	276146	39,7	18,0	3	12
Gierskopfbach	276116	35,1	11,9	1	4
Elpe	276118	34,3	18,7	1	4
Brabecke	276122	32,4	13,6	1	4
Esselbach	2761684	26,6	10,4	3	12
Kelbke	276156	24,1	7,5	1	4
Leißke	276164	23,2	13,9	1	4
Arpe I	2761696	19,6	8,7	2	8
Nierbach	276134	19,3	10,1	2	8
Arpe II	276162	17,4	7,3	1	4
Marpebach	2761682	15,7	9,1	1	4
Namenlose	2761144	15,4	10,2	2	8
Schlebornbach	2761176	15,0	5,6	1	4
Rarbach	276142	13,9	8,3	1	4
Gebke I	276152	13,6	7,6	1	4
Ilpe	276166	12,6	8,3	1	4
Palme	2761222	10,5	6,3	1	4
Medebach	2761162	10,1	5,8	2	8
Hillebach	276112	10,1	6,3	2	8
Planungseinheit 1800: Möhne					
Möhne	2762	471,0	65,1	1	15
Summe					
		4381	862	99	401

Tabelle 4.2: Bewertung der Gewässeruntersuchungen des Jahres 2015 und 2016 auf der Basis der Oberflächengewässerverordnung (OGewV) bzw. der Anlagen D4 und D5 des „Leitfadens Monitoring Oberflächengewässer“ des Landes NRW

Table 4.2: Evaluation of water examinations in 2015 and 2016 based on the Surface Water Regulation (OGewV) and the appendices D4 and D5 of the "Guidelines on monitoring surface waters" issued by the State of North Rhine-Westphalia

Januar Messstellen -Nummer-	Gewässer	Probenahmestelle -Bezeichnung-	Fluss-km	ACP OGewV Anl. 7										UQN OGewV Anl. 8					UQN OGewV Anl. 6					Weitere Stoffe aus den Anl. 6 und 8 der OGewV sowie gesetzlich nicht verbindliche Stoffe mit Bewertungen von mäßig * gesetzl. nicht verbindliche Stoffe-Leitfaden Anlage D4
				Wassertemperatur	pH-Wert	Ammonium-Stickstoff	Gesamphosphor	Sauerstoff	Chlorid	TOC	Eisen	Blei gelöst	Cadmium gelöst	Nickel gelöst	Quecksilber	PFOS	Nitrat-Stickstoff	Kupfer*	Zink*	Selen gelöst	Silber gelöst	Thallium gelöst		
Planungseinheit 1800 - Möhne																								
416204	Möhne	vor Mdg. in die Ruhr	0,15																					
Planungseinheit 1700 - Obere Ruhr 2																								
400300	Ruhr	uh Einmdg. Neger	201,82																					
400609	Ruhr	oh Einmdg. Elpe	193,00																					
400701	Ruhr	in Velmede	190,30																					
400907	Ruhr	oh Meschede	183,23																				Benzo(a)pyren, Benzo(a)anthracen, Benzo(b)fluoranthren, Benzo(k)fluoranthren, Benzo(ghi)perylen, 4-Acetamidoantipyrin, AMPA,Gabapentin, Ibuprofen	
401304	Ruhr	uh Einmdg. Wenne	169,77																					
686360	Ruhr	in Olsberg	198,55																					
686591	Ruhr	Ruhr WW Mengsohl	183,85																					
409108	Hillebach	oh Stausee	2,95																					
410007	Hillebach	vor Mdg. i.d. Ruhr	0,10																					
410019	Namenlose	südlich Silbach	6,44																					
410032	Namenlose	vor Mdg. i.d. Neger	0,72																					
686300	Neger	oh Siedlinghausen	13,31																					
410202	Neger	uh Siedlinghausen	9,00																					
410408	Neger	vor Mdg. i.d. Ruhr	0,12																					
410755	Gierskopfbach	uh Elleringhausen	4,43																					
411206	Elpe	oh Ostwig	1,58																					
411504	Valme	oh Mdg. Brabecke	9,09																					
411802	Valme	vor Mdg. i.d. Ruhr	0,29																					
412004	Brabecke	vor Mdg. i.d. Valme	0,04																					
412107	Palme	vor Mdg. i.d. Brabecke	0,01																					
412170	Nierbach	uh Mdg. Nier	5,38																					
412200	Nierbach	vor Mdg. i.d. Ruhr	0,23																					
412703	Rarbach	vor Mdg. i.d. Henne	0,08																					
412909	Kleine Henne	vor Mdg. i.d. Henne	0,04																					
413100	Kelbke	vor Mdg. i.d. Ruhr	0,52																					
413320	Arpe II	vor Mdg. i.d. Wenne	0,30																					
413422	Ilpe	vor Mdg. i.d. Wenne	0,13																					
413501	Wenne	uh KA Eslohe-Bremke	12,73																					
413770	Wenne	oh Berge	3,72																					
413859	Wenne	vor Mdg. i.d. Ruhr	1,12																					
414104	Leiffe	vor Mdg. i.d. Wenne	1,32																					
414207	Salweybach	uh Obersalwey	8,43																					
414402	Salweybach	vor Mdg. i.d. Wenne	0,90																				4-Acetamidoantipyrin, Ibuprofen	
414505	Esselbach	uh Cobbenrode	6,95																					
414554	Esselbach	oh Eslohe	2,24																					
414608	Esselbach	vor Mdg. i.d. Salweybach	0,18																					
414700	Arpe I	oh Grevenstein	6,40																					
414888	Arpe I	oh Berge	1,95																					
685549	Schlebornbach	vor Mdg. i.d. Ruhr	0,51																					
685550	Medebach	oh Bruchhausen	2,64																					
685562	Medebach	vor Mdg. i.d. Gierskopfbach	0,04																					
685586	Marpebach	vor Mdg. i.d. Salweybach	0,08																					
685800	Gebke I	vor Mdg. i.d. Ruhr	0,31																					
686189	Henne	uh Mdg. Kleine Henne	0,91																					
688113	Kleine Henne	oh. Brabecke-Stollen	13,67																					
686207	Kleine Henne	im Drasenbeck	10,09																					
Planungseinheit 1500 - Mittlere Ruhr																								
402503	Ruhr	in Langschede	111,90																					
402801	Ruhr	am Pegel Villigst	101,20																					
417609	Öse	in Heppingsen	15,95																					
418249	Baarbach	oh Iserlohn	13,86																					
418304	Baarbach	am Pegel Iserlohn	8,56																					
418456	Baarbach	uh KA Baarbachtal	1,47																					
687900	Abbabach	bei Summern	13,10																					
687844	Abbabach	oh Altgruland	3,90																					
418559	Callier Bach	oh Calle	4,78																					
418602	Callier Bach	v Mdg i d Baarbach	0,10																					
418961	Elsebach	bei Gut Halstenberg	3,08																					
662707	Wimberbach	v Mdg i d Ruhr	2,10																					
418754	Refflinger Bach	v Mdg i d Baarbach	0,25																					
Planungseinheit 1400 - Obere Lenne																								
420402	Lenne	oh Gleidorf	111,83																					
421182	Lenne	oh Einmdg Hachener B.	81,07																					
421200	Lenne	bei Germaniahuette	80,86																					
430602	Albaumer Bach	uh Heinsberg	7,92																					
431205	Ekne	oh Ekne	4,56																					

Tabelle 4.2: Bewertung der Gewässeruntersuchungen des Jahres 2015 und 2016 auf der Basis der Oberflächengewässerverordnung (OGewV) bzw. der Anlagen D4 und D5 des „Leitfadens Monitoring Oberflächengewässer“ des Landes NRW
 Table 4.2: Evaluation of water examinations in 2015 and 2016 based on the Surface Water Regulation (OGewV) and the appendices D4 and D5 of the "Guidelines on monitoring surface waters" issued by the State of North Rhine-Westphalia

Lana/Messstellen -Nummer-	Gewässer	Probenahmestelle -Bezeichnung-	Fluss-km	ACP OGewV Anl. 7										UQN OGewV Anl. 8						UQN OGewV Anl. 6					Weitere Stoffe aus den Anl. 6 und 8 der OGewV sowie gesetzlich nicht verbindliche Stoffe mit Bewertungen von mäßig * gesetzl. nicht verbindliche Stoffe-Leitfaden Anlage D4				
				Wassertemperatur	pH-Wert	Ammonium-Stickstoff	Gesamphosphor	Sauerstoff	Chlorid	TOC	Eisen	Blei gelöst	Cadmium gelöst	Nickel gelöst	Quecksilber	PFOS	Nitrat-Stickstoff	Kupfer*	Zink*	Selen gelöst	Silber gelöst	Thallium gelöst							
Planungseinheit 1000 - Untere Ruhr																													
503101	Ruhr	in Herdecke Ruhrbrücke	87,00																										
503253	Ruhr	Brücke in Wetter	80,55																										
503605	Ruhr	oh Hattingen	61,45																										
503708	Ruhr	uh Hattingen	56,97																										
503800	Ruhr	Brücke Dahlhausen	51,38																										
505043	Ruhr	uh Baldeneysee	27,95																										
503812	Ruhr	an Mendener Brücke	16,87																										
30004	Ruhr	Ruhr km 5,0	5,10																										
505407	Deilbach	bei Whs Schmalen	14,07																										
505456	Deilbach	uh RÜB Ziegeleiweg	3,40																										
505122	Deilbach	v Mdg i d Ruhr	1,19																										
419424	Elbsche	oh. Wengern	2,40																										
5052540	Felderbach	Wanderparkplatz am Künning	2,20																										
505584	Felderbach	v Mdg i d Deilbach	0,37																										
505560	Hardenberger Bach	oh Einmdg Eselsieper Bach	2,97																										
419102	Herdecker Bach	Bahnhof Wittbraeucke	3,80																										
419205	Herdecker Bach	v Mdg i d Ruhr	0,20																										
505729	Hesperbach	bei Unterhesperhof	3,13																										
505160	Oeffter Bach	v Mdg i d Ruhr	0,12																										
518906	Oelbach	bei Haus Holte	10,61																										
519005	Oelbach	oh KA Oelbachtal	3,38																										
519601	Paasbach	uh Einmdg Sprockh Bach	5,27																										
419904	Paasbach	v Mdg i d Ruhr	1,15																										
519455	Pleißbach	v Mdg i d Ruhr	0,23																										
519303	Pleißbach	uh KA Ober Hammertal	3,73																										
519406	Pleißbach	oh KA Wit-Hammertal	2,04																										
505158	Rinderbach	oh KA Heiligenhaus-Nord	4,30																										
505833	Rinderbach	uh KA Heiligenhaus, Pegel	3,58																										
549927	Ruhmbach	bei Walkmühle	2,47																										
503848	Ruhmbach	vor Mdg i d Ruhr, RV, neu	2,02																										
419977	Sprockhöveler Bach	Oberlauf (Berger Weg)	8,32																										
419953	Sprockhöveler Bach	in Niedersprockhövel	4,71																										
519856	Sprockhöveler Bach	v Mdg i d Paasbach	0,09																										
686487	Wannebach	in Westhofen	0,18																										

Flussgebietspezifische Schadstoffe, Ökologischer Zustand (Anl. 6)

Leitfaden NRW (Anl. D4)

	sehr gut
	gut
	mäßig

Prioritäre Stoffe, Chemischer Zustand

	eingehalten
	nicht eingehalten
	nicht bewertet

für die Pflanzennährstoffe Ammonium-Stickstoff und Gesamtphosphor erfolgt eine gute Bewertung. Die Kenngrößen der Anlage 8 der OGeV (Blei, Nickel, Cadmium, Nitrat-Stickstoff) halten die jeweilige UQN ein. Lediglich für PFOS kann die UQN von 0,65 ng/l erwartungsgemäß nicht eingehalten werden. Des Weiteren wiesen die Parameter Selen, Silber und Thallium den guten bzw. sehr guten Zustand auf. Ebenso lagen niedrige Konzentrationen für die Metalle Kupfer und Zink vor. Beide Kenngrößen können mit „sehr gut“ bewertet werden.

Planungseinheit Obere Ruhr 2

Die Planungseinheit Obere Ruhr 2 (A_{EO} : 741 km²) wird überwiegend durch Wald sowie landwirtschaftliche Flächen geprägt. Im Jahr 2015 wurde die Ruhr selbst an sieben Probenahmestellen sowie weitere 24 Nebengewässer an insgesamt 39 Messstellen untersucht. Die Wassertemperatur erreichte lediglich an 18 Probenahmestellen den guten Zustand. Der je nach Gewässertyp vorgeschriebene pH-Bereich zwischen 6,5 bzw. 7,0 und 8,5 wurde an neun Stellen überschritten. Die Gehalte der Nährstoffe waren leicht erhöht, wodurch die Einstufung für Ammonium-Stickstoff an vier Stellen und für Gesamtphosphor an drei Stellen in „mäßig“ erfolgte. Auf Grund niedriger Gehalte erfolgt auch für Sauerstoff an 30 % der untersuchten Messstellen eine mäßige Einstufung. Zudem wiesen die Ruhr oberhalb Einmündung Elpe und der Medebach oberhalb Bruchhausen für Eisen erhöhte Konzentrationen auf. Die Bewertung erfolgt in „mäßig“. An 13 der 39 Probenahmestellen fanden Untersuchungen der Schwermetalle Blei, Cadmium, Nickel, Silber und Thallium sowie des Halbmetalls Selen statt. Die Konzentrationen waren meist unauffällig, so dass lediglich an fünf Probenahmestellen der gute Zustand für Cadmium verfehlt wurde. Zu Überschreitungen des Orientierungswertes von 14 µg/l für Zink kam es an allen sieben Stellen in der Ruhr sowie an beiden Stellen im Nierbach und an jeweils einer Probenahmestelle in der Neger, Elpe und in der Valme. Kupfer kann dagegen an allen untersuchten Messstellen in „sehr gut“ eingestuft werden. Darüber hinaus wurde PFOS im Oberlauf der Ruhr und im Nierbach bestimmt. Alle fünf Probenahmestellen verfehlen den guten Zustand. Ebenso traten in der Ruhr oberhalb Meschede höhere Gehalte an Benzo(a)pyren, Benzo(ghi)perylen, Benzo(a)anthracen, Benzo(b)fluoranthren, Benzo(k)fluoranthren, 4-Acetamidoantipyrin, AMPA, Gabapentin und Ibuprofen mit einer mäßigen Bewertung auf. Im Salweybach vor Mündung in die Wenne erfolgt eine mäßige Einstufung für die Parameter 4-Acetamidoantipyrin und Ibuprofen.

Planungseinheit Mittlere Ruhr

In der Planungseinheit Mittlere Ruhr wurden neben der Ruhr sieben weitere Gewässer untersucht. Niedrige Gehalte an Nährstoffen sowie mineralischen und organischen Inhaltsstoffen führen zu einer guten Bewertung an allen 13 Probenahmestellen. Lediglich die Messstelle im Caller Bach vor Mündung in den Baarbach wurde für Ammonium-Stickstoff mit mittleren Konzentrationen von 0,28 mg/l in „mäßig“ einge-

stuft. Des Weiteren führen erhöhte Zinkkonzentrationen hier sowie an zwei Probenahmestellen im Baarbach zu einer mäßigen Bewertung. Im Baarbach am Pegel Iserlohn hält zudem Selen den guten Zustand nicht ein. Die Anforderungen für Nickel sowie für die gesetzlich nicht geregelten Metalle Kupfer, Zink und Kobalt werden unterhalb der Kläranlage Baarbachtal ebenfalls nicht eingehalten. Alle weiteren untersuchten Parameter erreichen den sehr guten bzw. guten Zustand.

Planungseinheit Obere Lenne

In dieser überwiegend durch Waldfläche geprägten Planungseinheit wurde die Lenne an drei Messstellen sowie die Elspe und der Albaumer Bach an jeweils einer Stelle untersucht. Die Konzentrationen an Nährstoffen sowie mineralischen und organischen Inhaltsstoffen lagen an allen drei Probenahmestellen in der Lenne auf niedrigem Niveau und halten den guten Zustand ein. Des Weiteren wird für die Parameter der Anlage 6 (Selen, Silber, Thallium) und Anlage 8 (Blei, Cadmium, Nickel) die jeweilige UQN sicher eingehalten. Lediglich an den beiden unteren Messstellen der Lenne führen erhöhte Zinkgehalte von 36 bzw. 37 µg/l zu einer mäßigen Bewertung. Im Albaumer Bach und in der Elspe werden für die Wassertemperatur sowie in der Elspe für den Sauerstoffgehalt die Anforderungen für den guten Zustand nicht eingehalten. Die Konzentrationen an Ammonium-Stickstoff, Gesamtphosphor, TOC und Chlorid waren niedrig und können somit mit „gut“ bewertet werden. Des Weiteren wurden die Anforderungen für die untersuchten Metalle sicher eingehalten.

Planungseinheit Untere Ruhr

Diese Planungseinheit (A_{EO} : 651 km²) zeichnet sich stark durch die städtische und industrielle Prägung aus. Es wurden die Ruhr und 14 weitere Gewässer an insgesamt 34 Probenahmestellen untersucht. Die Qualitätsanforderung an die Wassertemperatur kann an allen Messstellen sicher eingehalten werden. Der vorgegebene obere Grenzwert von pH 8,5 wird jeweils einmal an zwei Stellen in der Ruhr und im Deilbach überschritten. Zudem führen erhöhte Gehalte an Gesamtphosphor an vier Probenahmestellen in der Ruhr und neun Stellen in den Nebengewässern zu einer mäßigen Einstufung. Aus der Gruppe der Schwermetalle erreichen die Zinkgehalte in der Ruhr bis auf zwei Probenahmestellen den guten Zustand. In der Ruhr unterhalb Hattingen wurden für die Kenngrößen Benzo(a)pyren, Fluoranthren, Pyren, die Röntgenkontrastmittel Iopamidol, Iomeprol und Iopromid sowie PFOS Konzentrationen nachgewiesen, die zu einer mäßigen Einstufung führen (vgl. Kapitel 7). In den Nebengewässern Ölbach, Rinderbach und Ruhmbach erfolgt eine mäßige Einstufung für Ammonium-Stickstoff. Mineralische und organische Inhaltsstoffe wurden überwiegend in geringen Konzentrationen gemessen. Lediglich für Chlorid im Ölbach und für TOC im Sprockhöveler Bach wurde der gute Zustand nicht eingehalten. Alle Nebengewässer wurden auch auf Schwermetalle untersucht. Dabei ergab sich für die Metalle Blei, Nickel und Cadmium der gute Zustand. Die Metalle Silber, Thallium und Kupfer werden für

alle Probenahmestellen mit „sehr gut“ bzw. „gut“ bewertet. Selen erfährt im Ölbach oberhalb der Kläranlage Ölbachtal eine mäßige Bewertung. Einige Gewässer zeigten erhöhte Konzentrationen für Eisen und Zink. Somit wurden in den Nebengewässern Zink an sechs Messstellen und Eisen an neun Stellen mit mäßig bewertet.

Zusammenfassung

Es wurden fünf Planungseinheiten mit insgesamt 50 Gewässern untersucht. Bild 4.2 zeigt die Verteilung der Bewertungen der im Jahr 2015 durch das LANUV und 2016 durch den Ruhrverband untersuchten Kenngrößen auf der Basis der Oberflächengewässerverordnung sowie des Leitfadens des Landes NRW. An 23 Probenahmestellen lagen für die Wassertemperatur erhöhte und an zwölf Messstellen für den pH-Wert erhöhte bzw. niedrige Werte als die Anforderungen der OGewV vor. Dies führte zu einer mäßigen Bewertung. Die organische Belastung, ausgedrückt durch den TOC, wird lediglich an einer Messstelle mit „mäßig“ eingestuft. Des Weiteren überschreiten die Pflanzennährstoffe Phosphor und Ammonium-Stickstoff die Qualitätskomponenten der Anlage 7 der Oberflächenge-

wässerverordnung sechzehn- bzw. neunmal. Der Chloridgehalt erhält lediglich im Ölbach eine mäßige Bewertung. Die Kenngrößen Nitrat-Stickstoff sowie die Metalle Blei, Quecksilber, Silber und Thallium in der gelösten Phase befinden sich alle an den jeweils untersuchten Probenahmestellen im sehr guten bzw. guten Zustand. Im Baarbachtal unterhalb der Kläranlage Baarbachtal kann Nickel die UQN der Anlage 8 sowie Kupfer den Orientierungswert der Anlage D4 von jeweils 4 µg/l nicht einhalten. In der Planungseinheit Obere Ruhr 2 verfehlt Cadmium fünfmal den guten Zustand. PFOS überschreitet an allen sechs untersuchten Messstellen die niedrige UQN der OGewV. Des Weiteren erfolgt für 24 % der Probenahmestellen bei Zink eine mäßige Einstufung. Zusätzlich wurde an ausgewählten Probenahmestellen auf flussgebietspezifische und gesetzlich nicht geregelte Stoffe untersucht. Hierbei handelte es sich um weitere Schwermetalle, Arzneimittel, Röntgenkontrastmittel, PBSM, PAK, PFT, LHKW und PCB. Diejenigen mit einer mäßigen Bewertung sind in der rechten Spalte der Tabelle 4.3 aufgeführt.

Hydrobiologische Untersuchungen gemäß EG-WRRL – Makrozoobenthos

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. 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“) [4.4]. 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 in Kapitel 2 zusammengefasst.

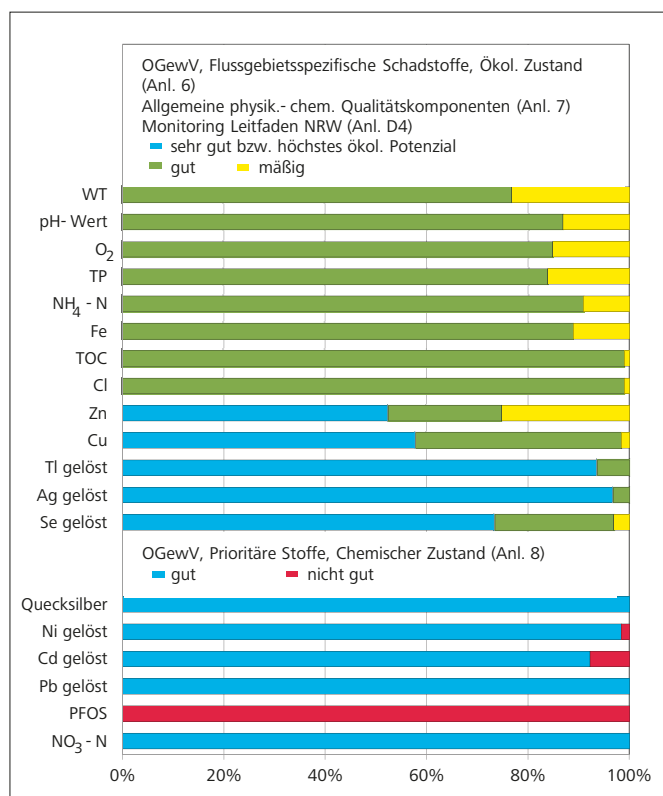


Bild 4.2: Relative Verteilung der Bewertungen ausgewählter Kenngrößen auf der Basis der Oberflächenwasserverordnung (OGewV Juni 2016)

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

[4.4] 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

Untersuchungen an der Ruhr

Gewässertypen der Ruhr

Die Ruhr entspringt nordöstlich von Winterberg auf einer Höhe von 674 m als „Grobmaterialreicher silikatischer Mittelgebirgsbach“ (LAWA-Gewässertyp 5). Ab Olsberg-Bigge (km 198,1) wird sie zum Mittelgebirgsfluss (LAWA-Gewässertyp 9 „Silikatischer Mittelgebirgsfluss“), der sich ab dem Zufluss der Röhr (km 141,8) bis zur Mündung in den Rhein als „Großer Fluss des Mittelgebirges“ (LAWA-Gewässertyp 9.2) 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 die Erreichung des guten ökologischen Zustands.

In Bild 4.3 sind die Ergebnisse der biologischen Untersuchungen des Gewässerzustands der Ruhr messstellenbezogen für die Module Saprobie und Allgemeine Degradation der Qualitätskomponente Makrozoobenthos dargestellt. Diese Abbildung ist ein Ausschnitt aus dem Gesamtuntersuchungsumfang und gibt einen Überblick über den ökologischen Zustand der Ruhr im Untersuchungszeitraum 2011 bis 2016. Von den 42 dargestellten Probenahmestellen wurden im Jahr 2016 im Rahmen des operativen Monitorings sieben Stellen an der unteren und mittleren Ruhr untersucht.

Die Ruhr zeigt saprobiell fast durchgängig einen guten bzw. an einer Stelle unterhalb des Möhnezufusses einen sehr guten Zustand. Zwei Stellen im Unterlauf der Ruhr an der Ruhrbrücke in Dahlhausen (SI von 2,27) und an der Mendener Brücke (SI von 2,29) überschreiten im Jahr 2016 knapp die gewässertypische Klassengrenze für den guten saprobiellen Zustand von 2,25. Für drei Probenahmestellen, in Herdecke an der Ruhrbrücke, unterhalb des Baldeneysees und bei Ruhr-km 5,0, kann im Jahr 2016 keine gesicherte Bewertungsaussage getroffen werden, da die vom PERLODES-Verfahren geforderte Anzahl an Indikatororganismen nicht erreicht wurde. Wenn auch nicht gesichert und daher kartografisch nicht dargestellt, so lagen die Saprobienindizes für diese Stellen im Bereich „gut“ (bei SI-Werten zwischen 2,12 und 2,20).

Die Bewertung im Modul Allgemeine Degradation zeigt im Oberlauf der Ruhr von der Quelle bis Arnsberg-Wildshausen (km 166,4), hier ist die Ruhr durchgängig als NWB ausgewiesen, beinahe an allen Probenahmestellen einen guten Zustand. Lediglich eine im Rahmen der IEP untersuchte Probenahmestelle unterhalb der Kläranlage Bestwig-Velmede und eine Probenahmestelle unterhalb der Einmündung der Wenne zeigen einen unbefriedigenden bzw. mäßigen Zustand. Allerdings weist die Probenahmestelle des operativen Monitorings unterhalb von Bestwig eine gute Bewertung auf.

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 Strömungsbilds sowie eine mögliche Erwärmung des Gewässers. Im Bereich von Wickede, hier ist die Ruhr als HMWB mit der Nutzungsfallgruppe Wasserkraft (Wkr) ausgewiesen, zeigen zwei Ergebnisse aus dem Jahr 2015 auch unter Berücksichtigung der verminderten Ziele nur ein mäßiges bzw. unbefriedigendes ökologisches Potenzial bei der Bewertung der Allgemeinen Degradation.

Eine Ausnahme stellt die Probenahmestelle bei Bachum (km 135,8) unterhalb des Möhnezufusses dar. Die Ruhr entspricht hier dem Fließgewässertyp 9.2 und ist als natürlicher Wasserkörper (NWB) ausgewiesen. Ergebnisse aus dem Jahr 2015 haben für diese Probenahmestelle zum zweiten Mal die sehr gute Bewertung hinsichtlich der Saprobie (SI = 1,78) und der Allgemeinen Degradation (Index = 0,88) bestätigt.

Am Pegel Villigst ergibt die Bewertung der Allgemeinen Degradation im Jahr 2016 einen mäßigen ökologischen Zustand, dies bedeutet eine Verschlechterung gegenüber dem im Jahr 2013 mit „gut“ bestimmten ökologischen Zustand.

An allen weiteren flussabwärts gelegenen Probenahmestellen erfolgt, wie in den früheren Untersuchungen, durchgängig eine schlechte Bewertung hinsichtlich der Allgemeinen Degradation. Allerdings werden diese Probenahmestellen, obwohl sie in HMWB liegen, wie in natürlichen Wasserkörpern liegend nach ihrem ökologischen Zustand und damit strenger bewertet, da die Bewertungsgrundlage für diese Wasserkörper mit Einzelfallbetrachtung von Seiten des Landes bisher noch nicht abschließend definiert ist. Für zwei Probenahmestellen, die oberhalb des Pegels von Hattingen liegen, hier ist die Ruhr als natürlicher Wasserkörper ausgewiesen, wird in 2016 ein schlechter Zustand bestätigt.

Ursache für diese Bewertungen könnte der sehr warme Sommer verbunden mit den niedrigen Abflüssen in der Ruhr und einer damit verbundenen möglichen Erwärmung des Gewässers sein. Höhere Wassertemperaturen können zu einem früheren Schlupf der Insekten führen, wodurch bei der jahreszeitlich späteren aber methodenkonformen Probenahme für den LAWA-Gewässertyp 9.2 ein geringeres Artenspektrum der anspruchsvollen EPT-Arten (Ephemeroptera-Plecoptera-Trichoptera) erfasst würde. Zudem ist die Ruhr sehr stark mit Neobiota besiedelt. Dies führt gemäß dem jetzigen Bewertungssystem prinzipiell zu einer schlechteren Beurteilung des ökologischen Zustands bzw. Potenzials.

Der Aspekt der Versauerung wäre nur im oberen Ruhrabschnitt, der dem Typ eines silikatischen Mittelgebirgsbachs (LAWA-Typ 5) entspricht, relevant. Die Ruhr unterliegt jedoch keinem nachweisbaren Versauerungseinfluss und weist für dieses Modul einen sehr guten Zustand auf.

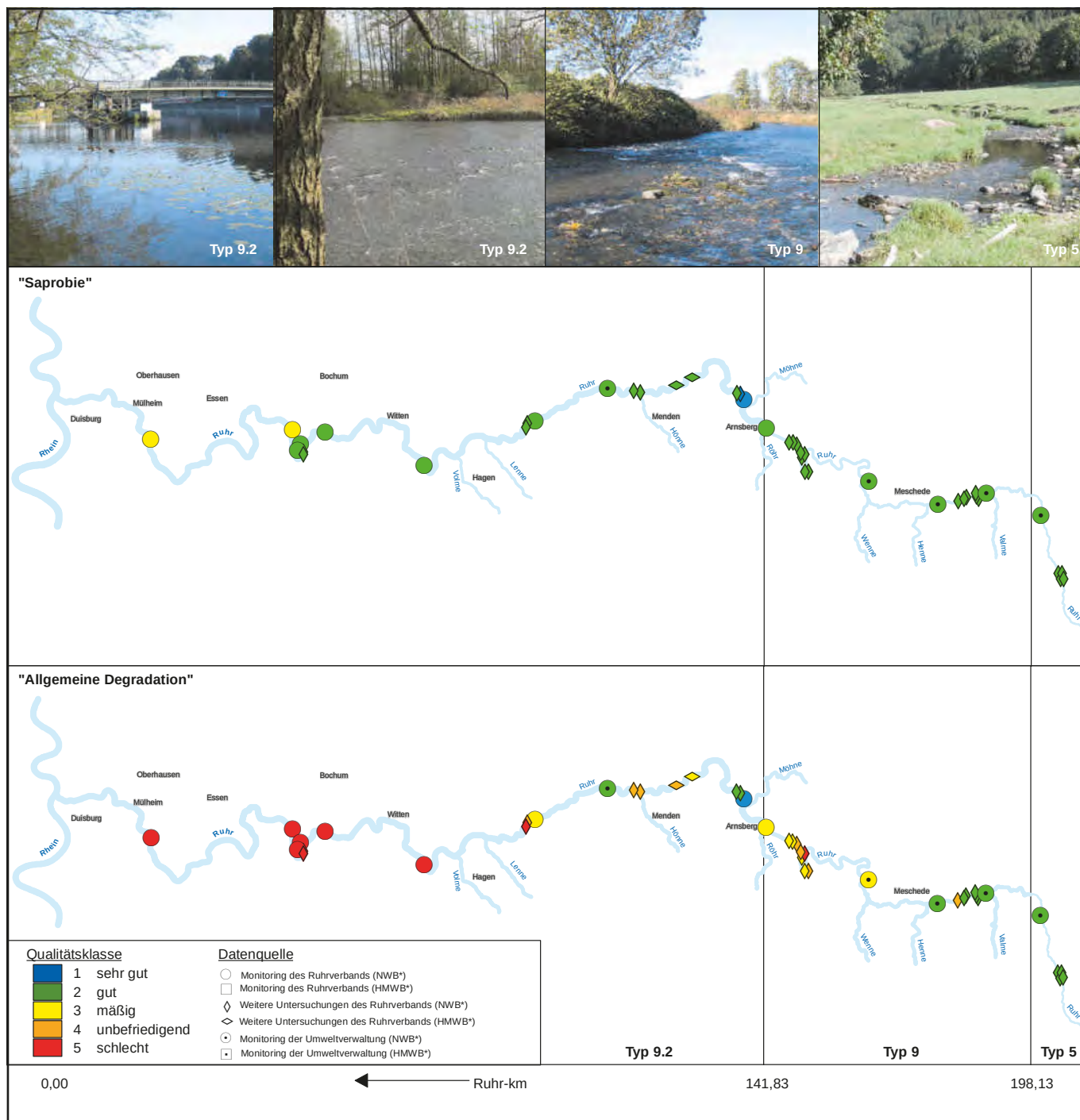


Bild 4.3: Ökologischer Gewässerzustand – Makrozoobenthos (Module Saprobie und Allgemeine Degradation) im Fließverlauf der Ruhr für die Jahre 2011 bis 2016. Ergebnisse „Monitoring der Umweltverwaltung“: Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz © Land NRW, Recklinghausen, <http://www.lanuv.nrw.de> in Zusammenarbeit mit dem Ruhrverband. Quelle (Karte): Land NRW (2017) Datenlizenz Deutschland - Namensnennung - Version 2.0 (www.govdata.de/dl-de/by-2-0)

Fig. 4.3: Ecological status – macrozoobenthos (modules saprobic index and general degradation) along the course of the Ruhr, 2011 to 2016. Results „Monitoring der Umweltverwaltung“: Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz © Land NRW, Recklinghausen, <http://www.lanuv.nrw.de> in cooperation with Ruhrverband. Source (map): Land NRW (2017) Datenlizenz Deutschland - Namensnennung - Version 2.0 (www.govdata.de/dl-de/by-2-0)

Hydrobiologische Untersuchungen gemäß EG-WRRL in den Gewässern der Planungseinheiten

Im Rahmen des kooperativen Gewässermonitorings lag im Jahr 2016 seitens des Ruhrverbands der Schwerpunkt der hydrobiologischen Untersuchungen auf den Planungseinheiten Untere Ruhr und Mittlere Ruhr, während das LANUV NRW in den Planungseinheiten Volme und Bigge Untersuchungen durchgeführt hat. Weitere Untersuchungen fanden im Jahr 2016 im Rahmen des IEP-Programms des Ruhrverbands verstärkt ebenfalls in den Planungseinheiten Untere Ruhr und Mittlere 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, wie in der Software ASTERICS, in der gleichen fünfstufigen Farbcodierung wie für NWB, jedoch zur Differenzierbarkeit mit anderen Symbolen. Dies weicht vom offiziellen HMWB-Farbcode gemäß OGewV Anlage 12 ab, die für das höchste ökologische Potenzial keine Farbe festlegt und HMWB-Bewertungen zusätzlich mit grauen Querstreifen kennzeichnet [4.2].

Die Gewässerzustandskarten basieren auf Untersuchungen, die in den Jahren 2011 bis 2016 durchgeführt wurden. Alle Daten aus Untersuchungen aus dem Jahr 2010 wurden entfernt bzw. durch neuere Ergebnisse ersetzt. Die Karten repräsentieren daher den Gewässerzustand der letzten sechs Jahre und umfassen 630 Probenahmestellen. Im Jahr 2016 wurden vom Ruhrverband 65 Probenahmestellen hydrobiologisch untersucht. Diese Ergebnisse wurden zusammen mit Daten der Integralen Entwässerungsplanung von 25 Probenahmestellen aus dem Jahr 2015 sowie den Daten von 25 Probenahmestellen des operativen Monitorings durch das LANUV NRW aus den Jahren 2015/16 bei der Aktualisierung der vorliegenden Gewässerzustandskarten berücksichtigt.

Im Folgenden werden die Ergebnisse aus dem Jahr 2016 im Vergleich zu den Ergebnissen aus den zurückliegenden Jahren 2011 bis 2015 in Ausschnittskarten dargestellt und diskutiert.

Planungseinheit Obere Ruhr 1 (Bild 4.6)

Im Jahr 2016 fanden im Rahmen der Integralen Entwässerungsplanung zwei Probenahmen im Bachumer Bach und eine Probenahme in der Flamecke, einem kleinen Nebenbach der Röhre in Sundern, statt.

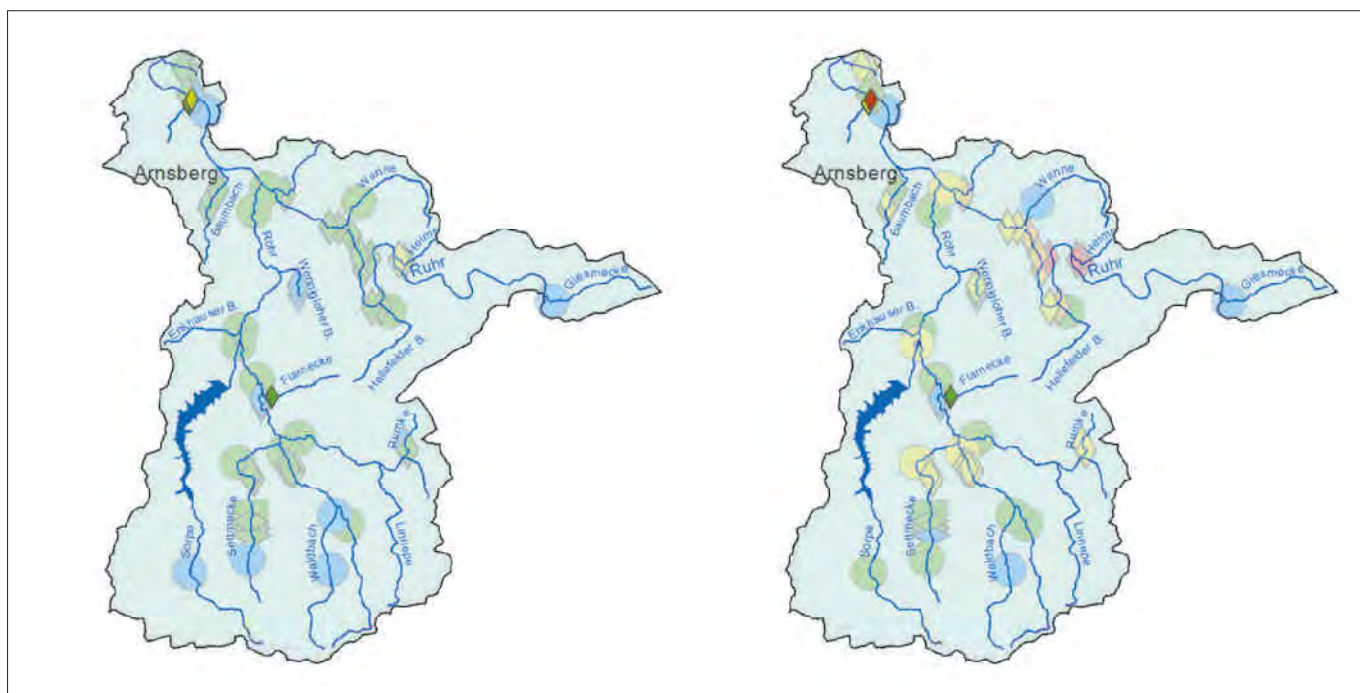


Bild 4.6: Ökologischer Gewässerzustand – Makrozoobenthos, Ausschnittskarten der Planungseinheit Obere Ruhr 1 (PE 1600). Links: Modul Saprobie, rechts: Modul Allgemeine Degradation. Kleine, intensiv gefärbte Symbole = 2016, große, schwach gefärbte Symbole = 2011 bis 2015. Quelle (Karte): Land NRW (2017) Datenlizenz Deutschland – Namensnennung – Version 2.0 (www.govdata.de/dl-de/by-2-0)

Fig. 4.6: 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 = 2016, large, lightly coloured symbols = 2011 to 2015. Source (map): Land NRW (2017) Datenlizenz Deutschland – Namensnennung – Version 2.0 (www.govdata.de/dl-de/by-2-0)

Bis auf eine der im Jahr 2016 untersuchten Probenahmestellen am Bachumer Bach und eine weitere an der Heimecke, die im Jahr 2013 untersucht wurde, weisen alle Befunde in dieser Planungseinheit einen sehr guten bzw. guten saprobiellen Zustand auf. Dies gilt auch für Befunde aus dem Jahr 2015 von Messungen des Ruhrverbands im Rahmen der Integralen Entwässerungsplanung für das Einzugsgebiet der Kläranlage Sundern im Gewässersystem Röhr/Settmecke.

Rund die Hälfte der 54 Probenahmestellen der Planungseinheit Obere Ruhr 1 zeigt hinsichtlich der Allgemeinen Degradation einen mäßigen (37 %), einen unbefriedigenden (9 %) und einige auch einen schlechten Zustand (7 %). Als Ursache für die defizitäre Bewertung sind zumeist die unbefriedigenden Strukturen der siedlungsbedingt ausgebauten Gewässer erkennbar, während an den Probenahmestellen in der freien Landschaft – häufig bewaldete Oberläufe der Bäche – ein guter bzw. sehr guter ökologischer Zustand ermittelt wird.

Planungseinheit Mittlere Ruhr (Bild 4.7)

Ein Schwerpunkt der Untersuchungen lag im Jahr 2016 in dieser Planungseinheit. So wurden vom Ruhrverband Messungen im Rahmen des operativen Monitorings an 10 Probenahmestellen vorgenommen, die im Baarbach, Caller Bach, Refflingserbach, Abbabach, Mühlenbach (auch Wimberbach genannt), Elsebach und in der Ruhr liegen. Weitere Untersuchungen wurden im Zusammenhang mit der Integralen Entwässerungsplanung des Ruhrverbands u.a. im Einzugsgebiet der Kläranlage Balve an der Hönne durchgeführt.

Die beiden Probenahmestellen am Caller Bach weisen einen guten bzw. im Oberlauf oberhalb von Calle bei einem SI von 1,31 sogar einen sehr guten saprobiellen Zustand auf. Im Oberlauf ist der Caller Bach als HMWB mit der Nutzungsfallgruppe Bebauung und Hochwasserschutz ohne Vorland (BoV) ausgewiesen. Eine entsprechende Bewertung der Allgemeinen Degradation führt hier zu einem höchsten ökologischen Potenzial (Bild 4.8). Dagegen erfährt die Probenahmestelle im Unterlauf vor Mündung in den Baarbach, eingestuft als NWB, eine Bewertung der Allgemeinen Degradation in einen unbefriedigenden Zustand.

Im Abbabach zeigen beide Probenahmestellen im Jahr 2016 einen mäßigen saprobiellen Zustand. Die Probenahmestelle im Unterlauf des Abbabachs wird bei einem Saprobienindex von 2,13 für den hier vorliegenden LAWA-Typ 5.1 knapp mit „mäßig“ bewertet. Im Jahr 2013 war diese Probenahmestelle dagegen mit „gut“ (SI von 1,87) bewertet worden. Bei der Probenahmestelle im Oberlauf handelt es sich um eine erstmalig untersuchte Probenahmestelle. Im Hinblick auf die Allgemeine Degradation weisen die beiden Probenahmestellen einen unbefriedigenden bzw. schlechten Zustand auf.

Am Baarbach zeigt sich eine Verbesserung gegenüber den Ergebnissen aus dem Jahr 2013. So führen die Befunde an der Probenahmestelle im Unterlauf unterhalb der Kläranlage Iser-

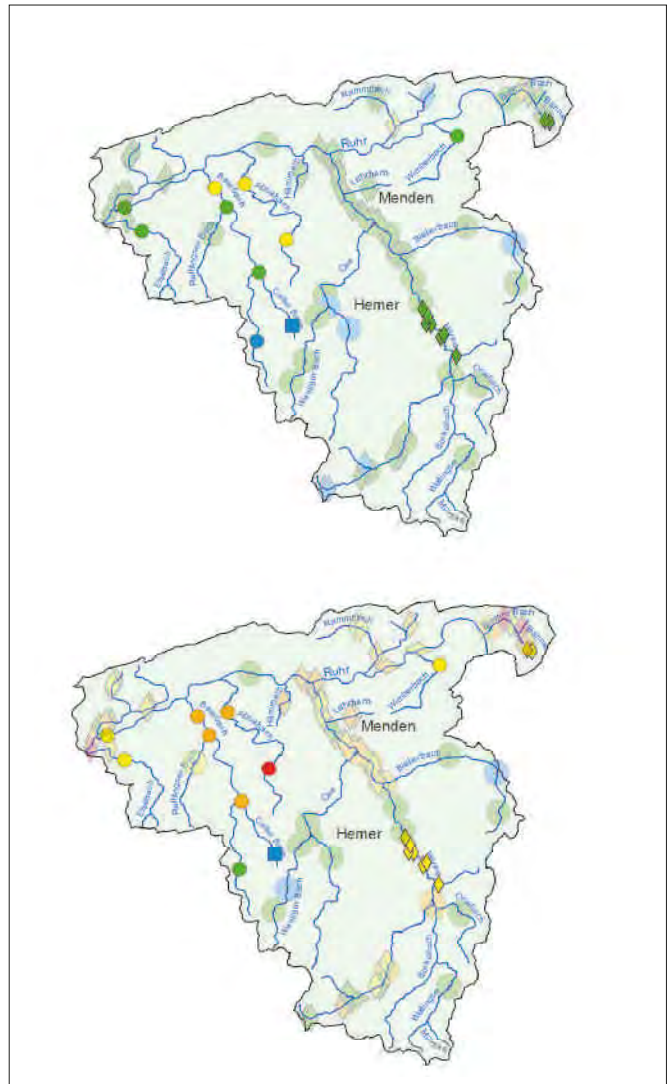


Bild 4.7: Ökologischer Gewässerzustand – Makrozoobenthos, Ausschnittskarten der Planungseinheit Mittlere Ruhr (PE 1500). Oben: Modul Saprobie, unten: Modul Allgemeine Degradation. Kleine, intensiv gefärbte Symbole = 2016, große, schwach gefärbte Symbole = 2011 bis 2015. Quelle (Karte): Land NRW (2017) Datenlizenz Deutschland - Namensnennung - Version 2.0 (www.govdata.de/dl-de/by-2-0)

Fig. 4.7: 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 = 2016, large, lightly coloured symbols = 2011 to 2015. Source (map): Land NRW (2017) Datenlizenz

lohn-Baarbachtal zu einem knapp mäßigen saprobiellen Zustand bei einem Saprobienindex von 2,12 (in 2013 SI von 2,20). Die Klassengrenze für den hier vorliegenden „grobmaterialreichen, karbonatischen Mittelgebirgsbach“ (LAWA-Typ 7) liegt bei 2,10. Eine signifikante Verbesserung ergibt sich bei der Bewertung der Allgemeinen Degradation für den hier als NWB eingestuften Baarbach. Während die Bewertung im Jahr 2013 eine Einstufung „schlecht“ (Index von 0,14) ergab, wird die Probenahmestelle im Jahr 2016 um eine Klasse besser mit

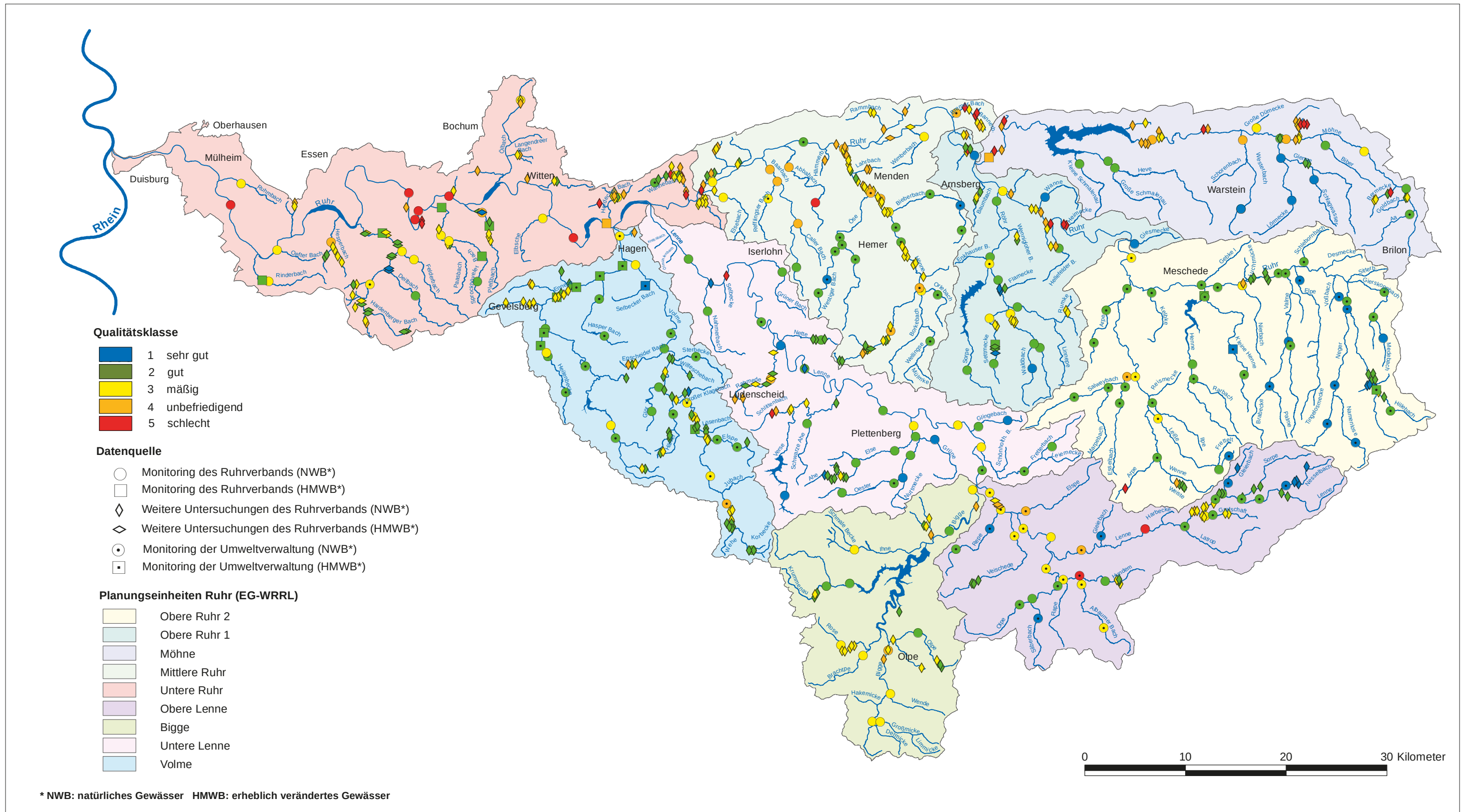


Bild 4.5: Ökologischer Gewässerzustand im Ruhreinzugsgebiet – Makrozoobenthos (Modul Allgemeine Degradation), für die Jahre 2011 bis 2016. Ergebnisse „Monitoring der Umweltverwaltung“: Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz © Land NRW, Recklinghausen, <http://www.lanuv.nrw.de> in Zusammenarbeit mit dem Ruhrverband. Quelle (Karte): Land NRW (2017) Datenlizenz Deutschland - Namensnennung - Version 2.0 (www.govdata.de/dl-de/by-2-0)

Fig. 4.5: Ecological status in the Ruhr catchment area – macrozoobenthos (module general degradation), 2011 to 2016. Results „Monitoring der Umweltverwaltung“: Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz © Land NRW, Recklinghausen, <http://www.lanuv.nrw.de> in cooperation with Ruhrverband. Source (map): Land NRW (2017) Datenlizenz Deutschland - Namensnennung - Version 2.0 (www.govdata.de/dl-de/by-2-0)

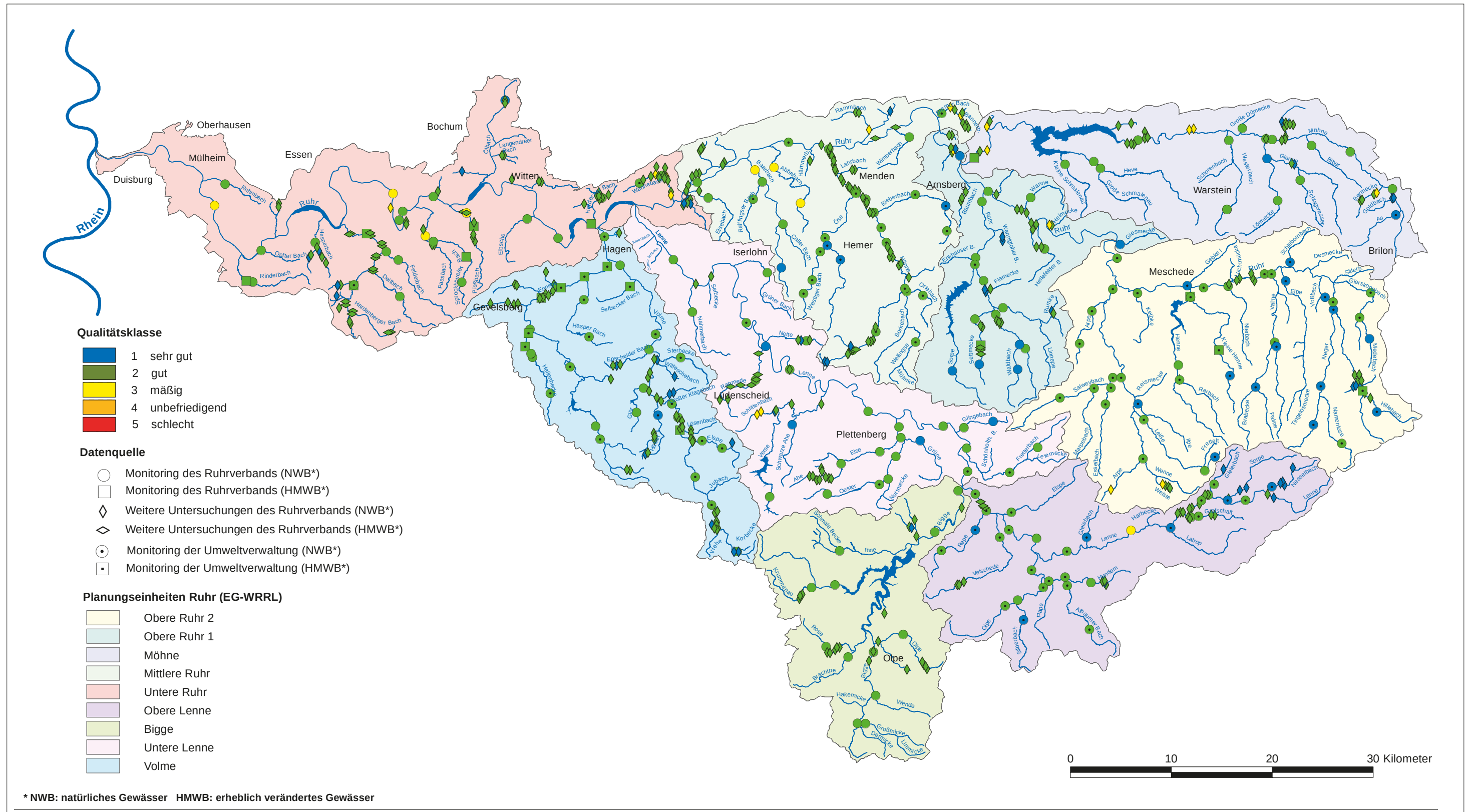


Bild 4.4: Ökologischer Gewässerzustand im Ruhrinzugsgebiet – Makrozoobenthos (Modul Saprobie), für die Jahre 2011 bis 2016. Ergebnisse „Monitoring der Umweltverwaltung“: Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz © Land NRW, Recklinghausen, <http://www.lanuv.nrw.de> in Zusammenarbeit mit dem Ruhrverband. Quelle (Karte): Land NRW (2017) Datenlizenz Deutschland - Namensnennung - Version 2.0 (www.govdata.de/dl-de/by-2-0)

Fig. 4.4: Ecological status in the Ruhr catchment area – macrozoobenthos (module saprobic index), 2011 to 2016. Results „Monitoring der Umweltverwaltung“: Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz © Land NRW, Recklinghausen, <http://www.lanuv.nrw.de> in cooperation with Ruhrverband. Source (map): Land NRW (2017) Datenlizenz Deutschland - Namensnennung - Version 2.0 (www.govdata.de/dl-de/by-2-0)



Bild 4.8: Caller Bach, oberhalb der Ortschaft Calle
Fig. 4.8: The Caller stream upstream of Calle village

„unbefriedigend“ (Index von 0,35) bewertet. Der Oberlauf des Baarbachs zeigt wie schon im Jahr 2013 ein sehr positives Ergebnis. Hier wurde eine Vielzahl charakteristischer Reinwasserarten für den vorliegenden LAWA-Gewässertyp 5 (grobmaterialreicher, silikatischer Mittelgebirgsbach) gefunden, u. a. die Steinfliegenart *Leuctra braueri* ($s = 1,0$) und die Köcherfliegenart *Agapetus fuscipes* ($s = 1,0$). Dies führt für die Allgemeinen Degradation zu einer guten Bewertung, die bei einem Index von 0,80 sogar an der Klassengrenze zum sehr guten Zustand liegt.

Alle Probenahmestellen in der Hönne im Umfeld der Kläranlage Balve weisen einen guten saprobiellen Zustand auf. Die Hönne ist hier als NWB ausgewiesen. Eine entsprechende Bewertung der Allgemeinen Degradation führt zu einem mäßigen Zustand.

Von den insgesamt 104 Probenahmestellen befinden sich zusammenfassend 94 % in einem sehr guten oder guten saprobiellen Zustand. Dagegen erhalten lediglich knapp 27 % der Probenahmestellen in dieser Planungseinheit hinsichtlich der Allgemeinen Degradation eine sehr gute oder gute Bewertung.

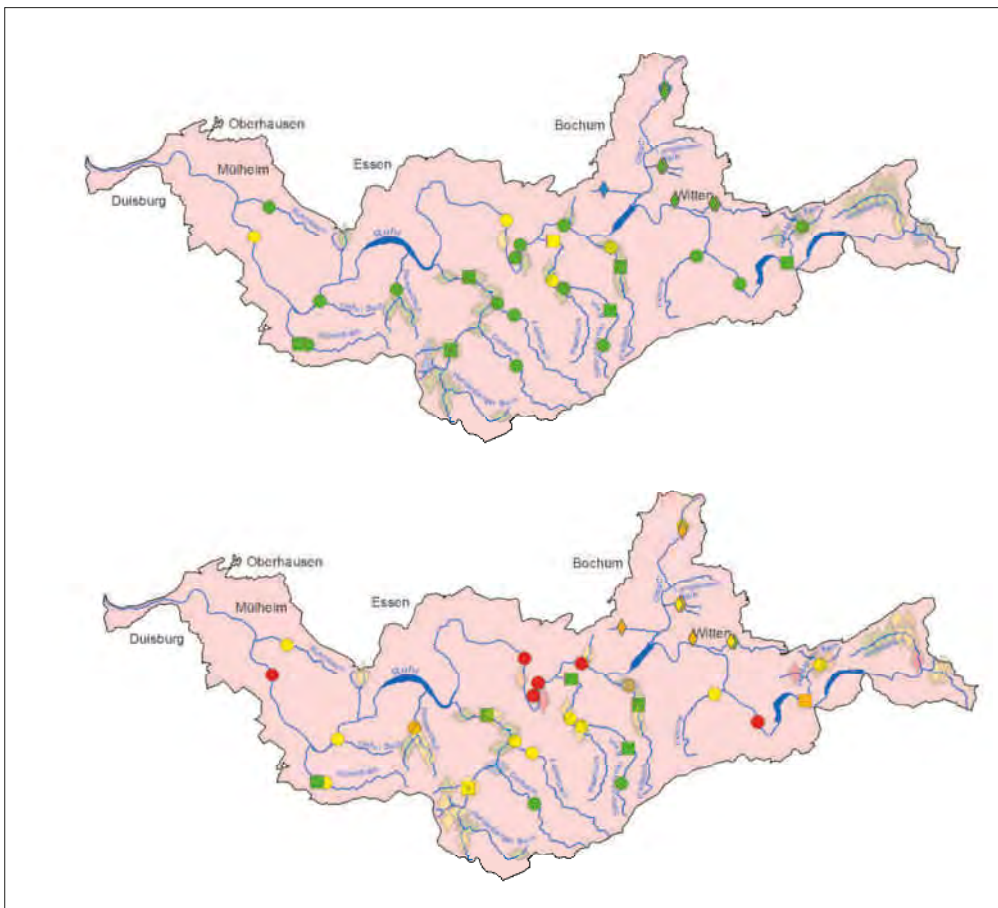


Bild 4.9: Ökologischer Gewässerzustand – Makrozoobenthos, Ausschnittskarten der Planungseinheit Untere Ruhr (PE 1000). Oben: Modul Saprobie, unten: Modul Allgemeine Degradation. Kleine, intensiv gefärbte Symbole = 2016, große, schwach gefärbte Symbole = 2011 bis 2015. Quelle (Karte): Land NRW (2017) Datenlizenz Deutschland - Namensnennung - Version 2.0 (www.govdata.de/dl-de/by-2-0)

Fig. 4.9: Ecological status – macrozoobenthos, section maps of the planning unit Lower Ruhr (PE 1000). Above: module saprobic index; below: module general degradation. Small, deeply coloured symbols = 2016, large, lightly coloured symbols = 2011 to 2015. Source (map): Land NRW (2017) Datenlizenz Deutschland - Namensnennung - Version 2.0 (www.govdata.de/dl-de/by-2-0)

Planungseinheit Untere Ruhr (Bild 4.9)

In dieser Planungseinheit fanden im Jahr 2016 schwerpunktmäßig Untersuchungen statt. So wurden vom Ruhrverband 36 der hier dargestellten 113 Probenahmestellen im Rahmen des operativen Monitorings und im Rahmen der Integralen Entwässerungsplanung untersucht. Beinahe alle Nebengewässer in diesem Abschnitt der Ruhr zeigen einen guten saprobiellen Zustand. Zwei Probenahmestellen am Paasbach, eine am Pleßbach und eine am Wannebach sowie zwei Probenahmestellen an der Ruhr selbst werden aktuell mit „mäßig“ beurteilt, wobei die Ergebnisse im Grenzbereich zu „gut“ liegen. Die Planungseinheit weist an 91 % der Probenahmestellen einen sehr guten oder guten saprobiellen Zustand auf.

Die Mehrzahl der Nebengewässer (70 %) in dieser Planungseinheit befindet sich hinsichtlich der Allgemeinen Degradation in einem mäßigen, unbefriedigenden oder schlechten Zustand bzw. Potenzial. Ursache für diese Befunde sind vor allem veränderte Gewässerstrukturen. Die Gewässer sind durch bestehende Nutzungsansprüche (Siedlungstätigkeiten, Hochwasserschutz, Wasserkraftnutzung, etc.) so überprägt, dass ein natürlicher oder naturnaher Zustand selten vorliegt. Ein Groß-

teil der Nebengewässer und die Ruhr selbst sind in dieser Planungseinheit daher als HMWB ausgewiesen. Unter Berücksichtigung der entsprechend verminderten Ziele führt die Bewertung für die ab dem Jahr 2015 untersuchten Nebengewässer (Deilbach, Hardenberger Bach, Herdecker Bach, Paasbach, Pleßbach, Rinderbach und Sprockhöveler Bach) hinsichtlich der Allgemeinen Degradation nunmehr vielfach zu einem guten ökologischen Potenzial.

Planungseinheit Obere Lenne (Bild 4.10)

Drei Probenahmen fanden im Jahr 2016 im Einzugsgebiet der Kläranlage Lennestadt in der Lenne statt. Die saprobielle Einstufung erfolgt hier sicher in „gut“. Die Lenne ist in diesem Abschnitt als HMWB mit der Nutzungsfallgruppe Wasserkraft eingestuft. Trotz entsprechend verminderter Anforderungen ergibt die Bewertung der Allgemeinen Degradation nur eine Einstufung in ein mäßiges bzw. unbefriedigendes Potenzial.

Hervorzuheben ist der Nesselbach, ein silikatischer Mittelgebirgsbach (LAWA-Gewässertyp 5), der in den Untersuchungsjahren 2011, 2014 und 2016 immer einen sehr guten saprobiellen Zustand (SI zwischen 1,29 und 1,42) aufwies. Auch die

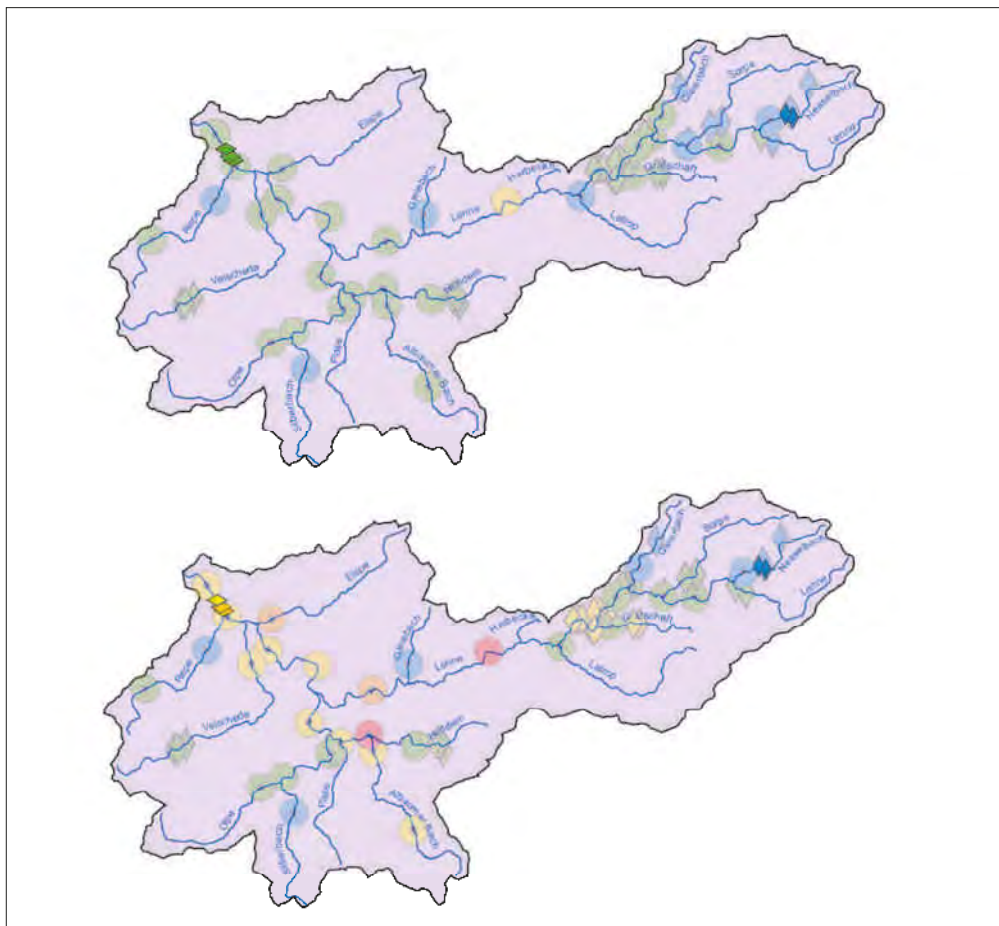


Bild 4.10: Ökologischer Gewässerzustand – Makrozoobenthos, Ausschnittskarten der Planungseinheit Obere Lenne (PE 1400). Oben: Modul Saprobie, unten: Modul Allgemeine Degradation. Kleine, intensiv gefärbte Symbole = 2016, große, schwach gefärbte Symbole = 2011 bis 2015. Quelle (Karte): Land NRW (2017) Datenlizenz Deutschland - Namensnennung - Version 2.0 (www.govdata.de/dl-de/by-2-0)

Fig. 4.10: 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 = 2016, large, lightly coloured symbols = 2011 to 2015. Source (map): Land NRW (2017) Datenlizenz Deutschland - Namensnennung - Version 2.0 (www.govdata.de/dl-de/by-2-0)



Bild 4.11: Larven der Kriebelmücke *Prosimulium hirtipes*
Fig. 4.11: Larvae of the black fly *Prosimulium hirtipes*

Bewertung der Allgemeinen Degradation ergibt mit einer naturnah ausgeprägten Makrozoobenthoszönose bei einem Index von 0,83 bis 0,99 deutlich einen sehr guten ökologischen Zustand. Diverse gewässertypspezifische Leitarten konnten hier nachgewiesen werden. Hierzu zählen die Larven der Eintagsfliege *Baetis alpinus*, der Köcherfliegen *Philopotamus lundifacatus* und *Micrasema longulum* ebenso wie die relativ anspruchsvollen Larven der Kriebelmücke *Prosimulium hirtipes* (Bild 4.11).

Von den 65 Probenahmestellen der Planungseinheit Obere Lenne weisen bis auf eine Probenahmestelle mit mäßiger saprobieller Bewertung an der Lenne bei Hundesossen aus dem Jahr 2011 alle einen sehr guten bzw. guten saprobiellen Zustand auf, während mit Blick auf die Allgemeine Degradation 45 % der Probenahmestellen einen mäßigen oder schlechteren Zustand zeigen. Diese Bewertung berücksichtigt jedoch für die älteren Befunde vor dem Jahr 2015 noch nicht eine differenzierte Bewertung hinsichtlich des ökologischen Potenzials.

Planungseinheit Untere Lenne (Bild 4.12)

Befunde aus dem Jahr 2015 von Untersuchungen des Ruhrverbands im Rahmen der Integralen Entwässerungsplanung für das Einzugsgebiet der Kläranlage Rahmedetal in der Rahmede und ihren Nebenbächen Mühlmecke und Wismecke weisen ebenso wie zwei Untersuchungen im Jahr 2016 im Einzugsgebiet der Kläranlage Iserlohn-Letmathe in der Lenne einen guten saprobiellen Zustand auf. Die Bewertung der Allgemeinen Degradation ergibt für die beiden Probenahmestellen in den Nebenbächen der Rahmede einen unbefriedigenden Zustand. Die Rahmede selbst ist hier als HMWB mit der Nutzungsfallgruppe Bebauung und Hochwasserschutz ohne Vorland (BoV) ausgewiesen, die entsprechende Bewertung führt zu einem mäßigen bzw. guten Potenzial. Die Probenahmestellen in der Lenne, die hier als NWB ausgewiesen ist, zeigen oberhalb der Kläranlage Iserlohn-Letmathe einen schlechten und unterhalb der Kläranlage einen sehr guten ökologischen Zustand.

Von den 56 untersuchten Probenahmestellen weisen 96 % einen sehr guten bzw. guten saprobiellen Zustand auf. Hinsichtlich der Allgemeinen Degradation erreichen 29 % noch

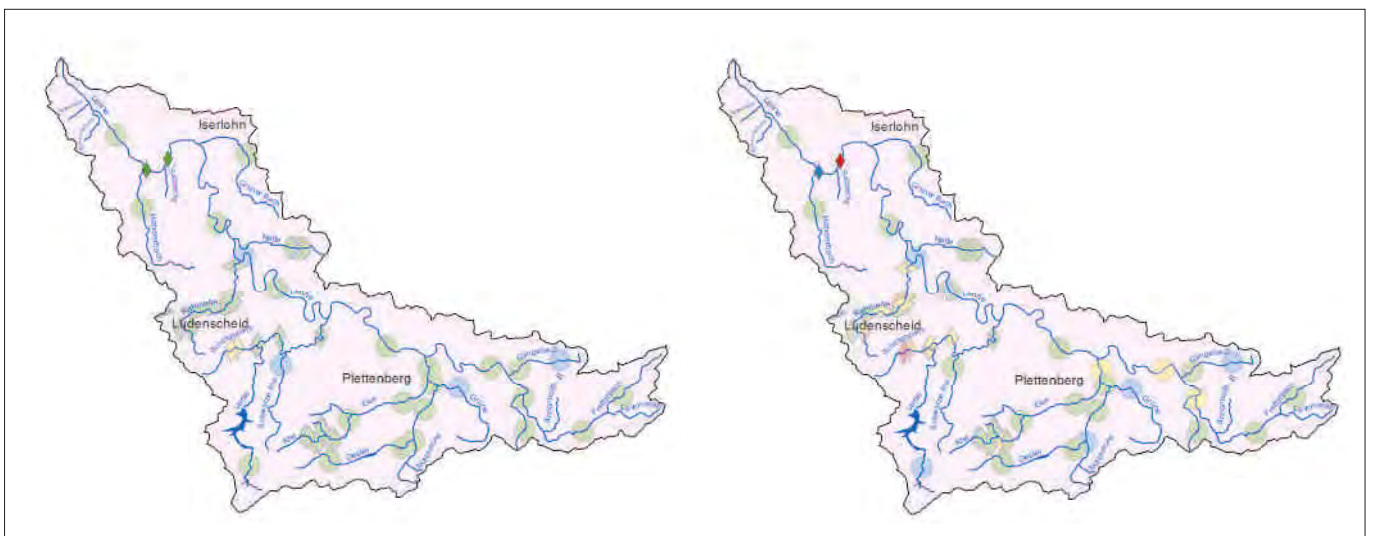


Bild 4.12: Ökologischer Gewässerzustand – Makrozoobenthos, Ausschnittskarten der Planungseinheit Untere Lenne (PE 1300). Links: Modul Saprobie, rechts: Modul Allgemeine Degradation. Kleine, intensiv gefärbte Symbole = 2016, große, schwach gefärbte Symbole = 2011 bis 2015. Quelle (Karte): Land NRW (2017) Datenlizenz Deutschland - Namensnennung - Version 2.0 (www.govdata.de/dl-de/by-2-0)

Fig. 4.12: 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 = 2016, large, lightly coloured symbols = 2011 to 2015. Source (map): Land NRW (2017) Datenlizenz Deutschland - Namensnennung - Version 2.0 (www.govdata.de/dl-de/by-2-0)

keinen guten Zustand bzw. kein gutes Potenzial. Diese Bewertung berücksichtigt für die Ergebnisse von 2011 bis 2014 allerdings noch keine verminderten Anforderungen hinsichtlich des ökologischen Potenzials.

Planungseinheit Volme (Bild 4.13)

In dieser Planungseinheit führte das LANUV NRW im Jahr 2016 Messungen im Rahmen des operativen Monitorings durch. Die Ergebnisse bestätigen für eine große Mehrheit der Probenahmestellen die früheren Befunde. Alle Probenahmestellen befinden sich in einem sehr guten oder guten saprobiellen Zustand. Probenahmestellen, die im Jahr 2013 hinsichtlich der Allgemeinen Degradation einen mäßigen Zustand aufwiesen (u.a. an der Ennepe und Volme), zeigen im Jahr 2016 ein gutes ökologisches Potenzial. An der Volme unterhalb der Kläranlage Kierspe ergibt die aktuelle Bewertung der Allgemeinen Degradation bei einem Index von 0,37 einen unbefriedigenden Zustand. In der Vergangenheit wurde hier im Jahr 2013 ein mäßiger Zustand (Index von 0,47) ermittelt. Es fehlten u.a. die für den hier vorliegenden LAWA-Gewässertyp 5 typischen Gammariden. Dies ist wahrscheinlich auf die schon im Oberlauf der Volme auftretenden Schwermetallkonzentrationen zurückzuführen. An der Ennepe oberhalb der Kläranlage Gevelsberg kann ein positives Ergebnis hinsichtlich der Allgemeinen Degradation festgestellt werden. Während hier im Jahr 2013 die Bewertung mit „mäßig“ (Index von 0,44) erfolgte, ergibt der Befund im Jahr 2016 unter Berücksichtigung der Ausweisung des Wasserkörpers als HMWB mit der Nutzungsfallgruppe Bebauung und Hochwasserschutz ohne Vorland (BoV) ein gutes ökologisches Potenzial (Index von 0,67).

Untersuchungen des Ruhrverbands an vier Probenahmestellen im Rahmen der Integralen Entwässerungsplanung für das Einzugsgebiet der Kläranlage Breckerfeld aus dem Jahr 2015 weisen einen sehr guten bzw. guten saprobiellen Zustand auf. Hinsichtlich der Allgemeinen Degradation zeigen sie einen guten, mäßigen oder unbefriedigenden Zustand. Insgesamt zeigen alle untersuchten 90 Probenahmestellen dieser Planungseinheit einen sehr guten oder guten saprobiellen Zustand. Allerdings erreichen erst 64 % der Probenahmestellen bezüglich der Allgemeinen Degradation einen guten oder sehr guten Zustand bzw. ein gutes oder besseres ökologisches Potenzial.

In den folgenden zwei Planungseinheiten fanden im Jahr 2016 keine Untersuchungen statt.

Planungseinheit Möhne (Bild 4.14)

Auf der Basis der früheren Untersuchungen (aus den Jahren 2011 bis 2015) weisen von den 51 Untersuchungen 90 % einen sehr guten bzw. guten saprobiellen Zustand auf. Hinsichtlich der Allgemeinen Degradation erreichen 69 % noch keinen guten Zustand bzw. kein gutes Potenzial.

Planungseinheit Obere Ruhr 2 (Bild 4.15)

Von den 63 dargestellten Probenahmestellen weisen bis auf zwei Befunde aus dem Jahr 2012 an der Arpe und der Weiste - zwei kleine Nebenbäche der Wenne, alle Probenahmestellen einen sehr guten bzw. guten saprobiellen Zustand auf. Zwei neu aufgenommene Ergebnisse vom LANUV aus dem

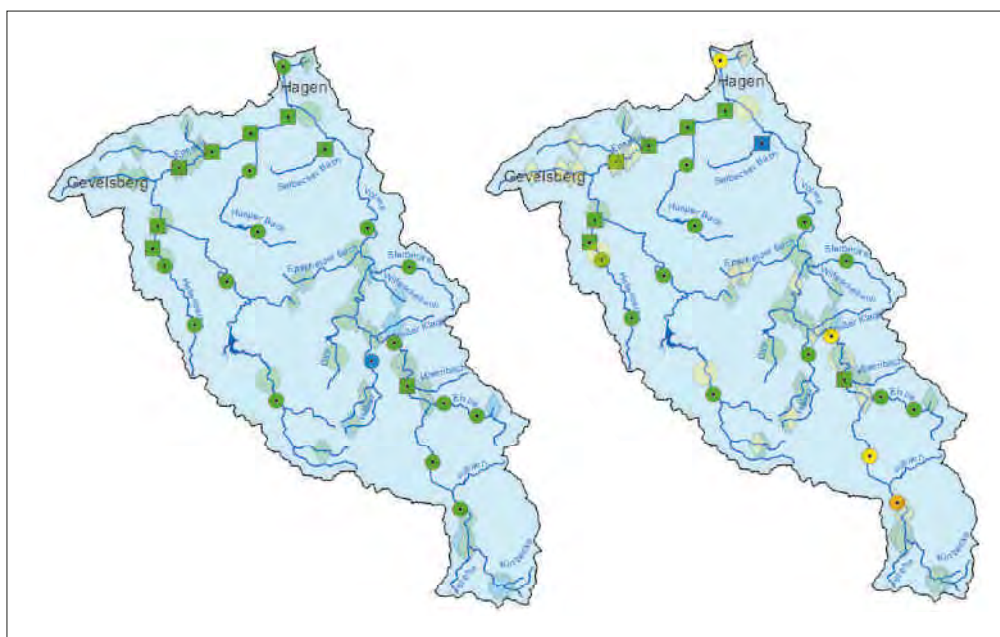


Bild 4.13: Ökologischer Gewässerzustand – Makrozoobenthos, Ausschnittskarten der Planungseinheit Volme (PE 1100). Links: Modul Saprobie, rechts: Modul Allgemeine Degradation. Kleine, intensiv gefärbte Symbole = 2016, große, schwach gefärbte Symbole = 2011 bis 2015. Quelle (Karte): Land NRW (2017) Datenlizenz Deutschland - Namensnennung - Version 2.0 (www.govdata.de/dl-de/by-2-0)

Fig. 4.13: Ecological status – macrozoobenthos, section maps of the planning unit Volme (PE 1100). Left: module saprobic index; right: module general degradation. Small, deeply coloured symbols = 2016, large, lightly coloured symbols = 2011 to 2015. Source (map): Land NRW (2017) Datenlizenz Deutschland - Namensnennung - Version 2.0 (www.govdata.de/dl-de/by-2-0)

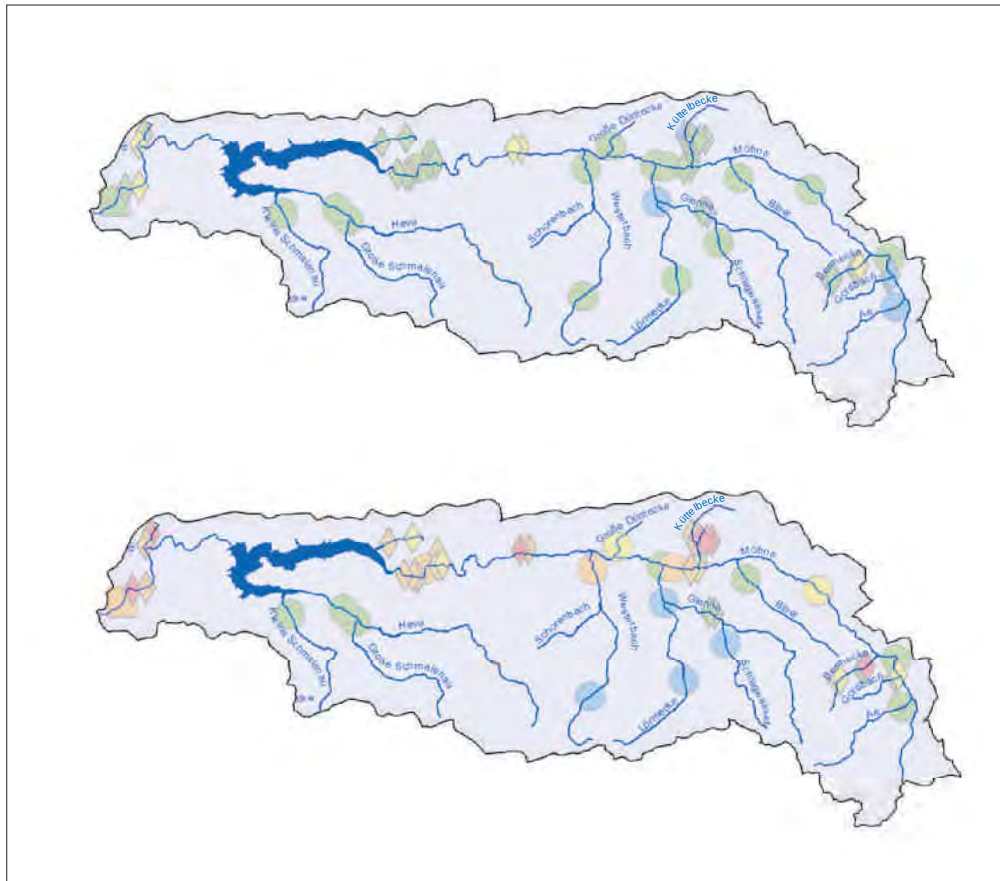


Bild 4.14: Ökologischer Gewässerzustand – Makrozoobenthos, Ausschnittskarten der Planungseinheit Möhne (PE 1800). Oben: Modul Saprobie, unten: Modul Allgemeine Degradation. Kleine, intensiv gefärbte Symbole = 2016, große, schwach gefärbte Symbole = 2011 bis 2015. Quelle (Karte): Land NRW (2017) Datenlizenz Deutschland - Namensnennung - Version 2.0 (www.govdata.de/dl-de/by-2-0)

Fig. 4.14: Ecological status – macrozoobenthos, section maps of the planning unit Möhne (PE 1800). Above: module saprobic index; below: module general degradation. Small, deeply coloured symbols = 2016, large, lightly coloured symbols = 2011 to 2015. Source (map): Land NRW (2017) Datenlizenz Deutschland - Namensnennung - Version 2.0 (www.govdata.de/dl-de/by-2-0)

Jahr 2015 am Gierskopfbach und am Medebach bestätigen den guten Zustand mit Bezug auf die Saprobie und die Allgemeine Degradation. Im Hinblick auf die Allgemeine Degradation ist die Mehrzahl der hier untersuchten Probenahmestellen (86 %) in einem guten oder sogar sehr guten Zustand bzw. weist ein gutes oder besseres ökologisches Potenzial auf.

Planungseinheit Bigge (Bild 4.16)

In der Planungseinheit Bigge weisen die in den Jahren 2013 und 2014 untersuchten 34 Probenahmestellen alle einen guten oder sehr guten saprobiellen Zustand auf. Hinsichtlich der Allgemeinen Degradation kann an 68 % der Probenahmestellen kein guter Zustand festgestellt werden (noch ohne Berücksichtigung der Einstufung in HMWB).

Für die in dieser Planungseinheit vom LANUV NRW im Jahr 2016 durchgeführten Untersuchungen lagen die Ergebnisse noch nicht vor.

Zusammenfassung zum Makrozoobenthos

Eine Gesamtübersicht über die messstellenbezogene Verteilung der Ergebnisse der biologischen Gewässeruntersuchungen in den jeweiligen Planungseinheiten und dem gesamten Ruhreinzugsgebiet gibt die Tabelle 4.3 wieder.

Die Ruhr zeigt saprobiell fast durchgängig einen guten Zustand. Zwei Stellen im Unterlauf der Ruhr an der Ruhrbrücke in Dahlhausen und an der Mendener Brücke überschreiten im Jahr 2016 knapp die gewässertypische Klassengrenze für den guten saprobiellen Zustand.

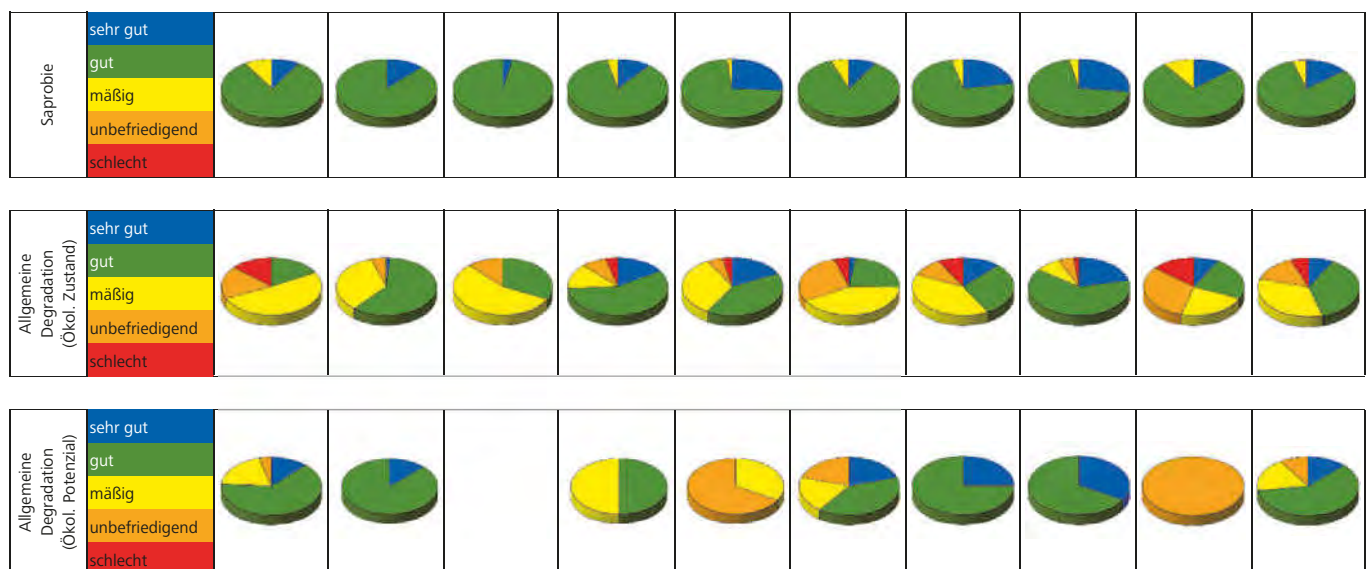
Die Bewertung im Modul Allgemeine Degradation zeigt ein heterogenes Bild. Im Oberlauf, in der die Ruhr durchgängig als NWB ausgewiesen ist, stellt sie sich zumeist mit einer guten Bewertung dar. Im weiteren Fließverlauf der Ruhr treten allerdings zunehmend strukturelle Defizite auf. Insgesamt erreichen von den 42 betrachteten Probenahmestellen an der Ruhr aus den Jahren 2011 bis 2016 62 % noch nicht den guten oder sehr guten Zustand bzw. ein gutes ökologisches Potenzial.

Im Rahmen der gewässerökologischen Untersuchungen an der Ruhr und ihren Nebengewässern im Jahr 2016 können 78 von 88 Stellen im Hinblick auf den saprobiellen Zustand mit „gut“ oder „sehr gut“ bewertet werden. Die mit „mäßig“ bewerteten Stellen liegen im Abbabach, Baarbach, Bachumer Bach, Paasbach, Pleßbach, Wannebach sowie in der unteren Ruhr. Von den insgesamt im Zeitraum von 2011 bis 2016 untersuchten 630 hydrobiologischen Probenahmestellen in der Ruhr und ihren Nebengewässern zeigen rund 96 % einen guten oder sehr guten saprobiellen Zustand.

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 2011 bis 2016. 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, 2011 to 2016. 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)				Volme (1100)				Bigge (1200)				Untere Lenne (1300)				Obere Lenne (1400)				Mittlere Ruhr (1500)				Obere Ruhr 1 (1600)				Obere Ruhr 2 (1700)				Möhne (1800)				Ruhreinzugs- gebiet		
		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	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							
NW		○	◇	◻		○	◇	◻		○	◇	◻		○	◇	◻		○	◇	◻		○	◇	◻		○	◇	◻		○	◇	◻		○	◇	◻				
Saprobie	sehr gut	1	9		10		10	1	11			1		1	4	2		6		11	6	17	2	4	3	9	6	6		12	1	3	13	17	1	5	1	7		90
	gut	21	69	3	93	9	48	22	79	12	21		33	18	25	5	48	5	24	18	47	5	62	22	89	11	28	1	40	2	15	27	44	16	23		39		512	
	mäßig	6	4		10									2		2	1		18		1	3	3		6		2		2		2		2		5		5		28	
	unbefriedigend																																							
	schlecht																																							
Summe					113				90				34				56				65				104				54				63				51		630	
Allgemeine Degradation (ökol. Zustand)	sehr gut						1		1					5	3		8		6	5	11			2	2	4	2	6	1	3	9	13	4			4		45		
	gut	2	12	1	15	5	33	11	49	4	7		11	13	11	5	29	3	14	8	25	1	10	12	23	9	6	15	2	13	23	38	7	4	1	12		217		
	mäßig	10	33	2	45	4	21	3	28	7	12		19	3	4		7	2	11	8	21	3	33	5	41	3	16	1	20		1	4	5	2	9		11		197	
	unbefriedigend	3	13		16		3	1	4	1	3		4	1	3		4		1	2	3	4	18	6	28		5	5		2	1	3	3	13		16		83		
	schlecht	6	6		12									2		2	1		1	2	1	4		5		4	4		1		1		7		7		33			
Summe					88				82				34				50				62				99			50				60				50		575		
HMWB		□	◇	▣		□	◇	▣		□	◇	▣		□	◇	▣		□	◇	▣		□	◇	▣		□	◇	▣		□	◇	▣		□	◇	▣				
Allgemeine Degradation (ökol. Potenzial)	sehr gut		3		3			1	1															1		1		1				1	1					7		
	gut	5	11		16			7	7					3		3							2		2	1	2	3				2	2					33		
	mäßig	1	4		5									3		3	1		1		1		1		1												10			
	unbefriedigend	1			1												2		2		1		1		1								1		1		5			
	schlecht																																					0		
Summe					25				8				0				6				3				5			4				3				1		55		



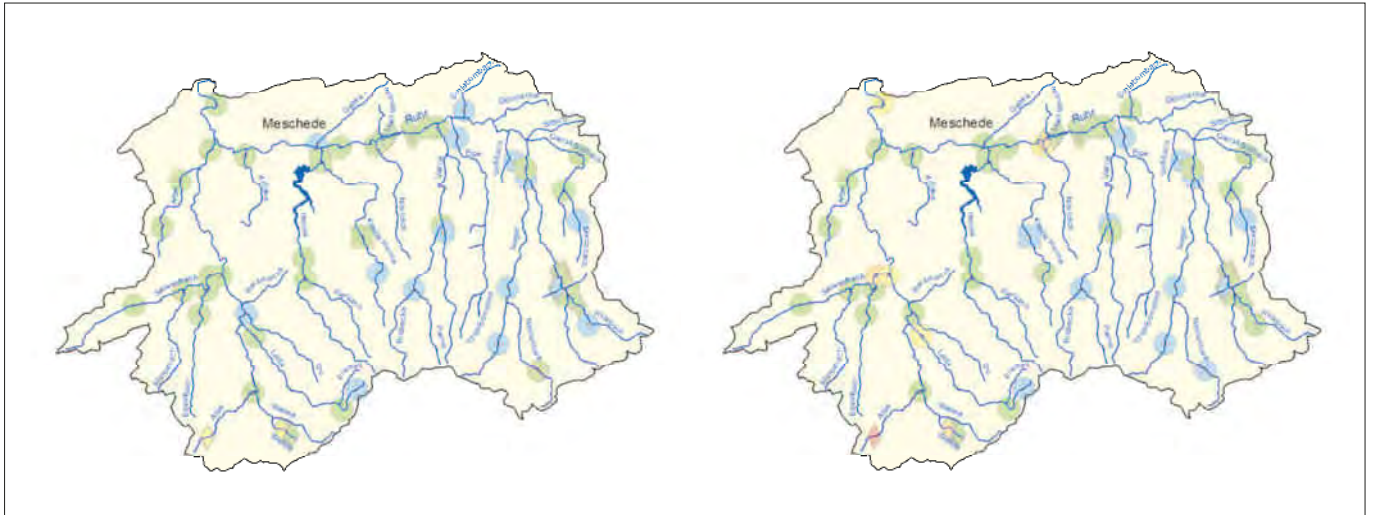


Bild 4.15: Ökologischer Gewässerzustand – Makrozoobenthos, Ausschnittskarten der Planungseinheit Obere Ruhr 2 (PE 1700). Links: Modul Saprobie, rechts: Modul Allgemeine Degradation. Kleine, intensiv gefärbte Symbole = 2016, große, schwach gefärbte Symbole = 2011 bis 2015. Quelle (Karte): Land NRW (2017) Datenlizenz Deutschland - Namensnennung - Version 2.0 (www.govdata.de/dl-de/by-2-0)

Fig. 4.15: 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 = 2016, large, lightly coloured symbols = 2011 to 2015. Source (map): Land NRW (2017) Datenlizenz Deutschland - Namensnennung - Version 2.0 (www.govdata.de/dl-de/by-2-0)

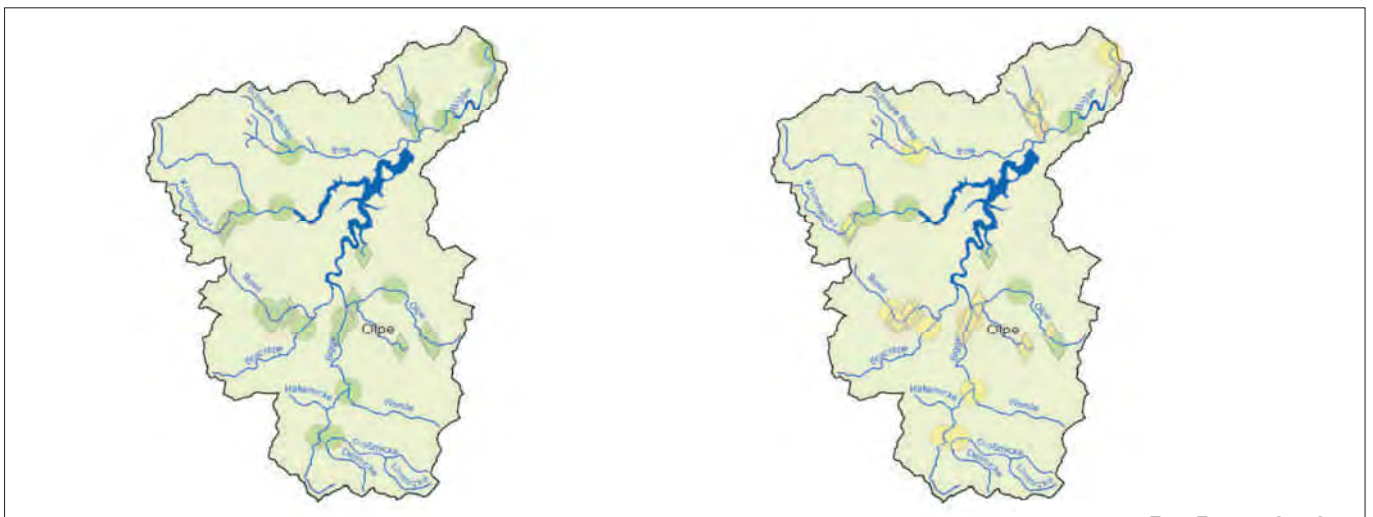


Bild 4.16: Ökologischer Gewässerzustand – Makrozoobenthos, Ausschnittskarten der Planungseinheit Bigge (PE 1200). Links: Modul Saprobie, rechts: Modul Allgemeine Degradation. Kleine, intensiv gefärbte Symbole = 2016, große, schwach gefärbte Symbole = 2011 bis 2015. Quelle (Karte): Land NRW (2017) Datenlizenz Deutschland - Namensnennung - Version 2.0 (www.govdata.de/dl-de/by-2-0)

Fig. 4.16: Ecological status – macrozoobenthos, section maps of the planning unit Bigge (PE 1200). Left: module saprobic index; right: module general degradation. Small, deeply coloured symbols = 2016, large, lightly coloured symbols = 2011 to 2015. Source (map): Land NRW (2017) Datenlizenz Deutschland - Namensnennung - Version 2.0 (www.govdata.de/dl-de/by-2-0)

Mit Blick auf die Allgemeine Degradation weisen 302 Probenahmestellen, entsprechend 48 % der im Zeitraum 2011 bis 2016 untersuchten Probenahmestellen im Einzugsgebiet der Ruhr, einen guten bzw. sehr guten Zustand bzw. ein gutes oder besseres ökologisches Potenzial auf. Im Vergleich zum Zeitraum 2010 bis 2015 stellt dies eine Verbesserung der Bilanz um einen Prozentpunkt dar. Diese Verbesserung ist u.a. auf die Bewertung von 55 Probenahmestellen als HMWB zu-

rückzuführen. Ursache für den defizitären Zustand an mehr als der Hälfte der Probenahmestellen sind vielfach die nutzungsbedingt veränderten Gewässerstrukturen, die zukünftig bei der Bewertung durch die Einstufung in HMWB-Fallgruppen berücksichtigt werden.

5 Trophische Situation in der Ruhr

Planktonuntersuchungen

Die trophische Situation der unteren Ruhr mit ihren Flusstausen wird von den physikalischen und chemischen Verhältnissen und den Prozessen der planktischen Primär- und Sekundärproduktion sowie zunehmend durch die Entwicklung von Makrophyten und das vermehrte Auftreten von algivoren Korbchenmuscheln beeinflusst.

Phytoplankton

Zur Bewertung der planktischen Primärproduktion (Algenwachstum) wird routinemäßig der Chlorophyllgehalt 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 2016 gemeinsam mit den langjährigen Untersuchungen diskutiert, um den Einfluss verschiedener abiotischer (Globalstrahlung und Abfluss) und biotischer Faktoren (algenkonsumierende Zooplankter bzw. Muscheln sowie Makrophyten) auf die Algenentwicklung zu interpretieren.

Anders als im Vorjahr, als ganzjährig überdurchschnittliche Strahlungsintensitäten gemessen worden waren, zeigte die Globalstrahlung in den ersten drei Monaten des Jahres 2016 im Monatsmittel durchschnittliche Strahlungswerte (Bild 5.1). Im April lag der Monatsmittelwert der Globalstrahlung allerdings mit $1,36 \text{ kJ}/(\text{cm}^2 \cdot \text{d})$ leicht über dem langjährigen Monatsdurchschnitt. Die Monate Mai und Juli waren die sonnigsten Monate des Jahres 2016, in denen mit $1,73 \text{ kJ}/(\text{cm}^2 \cdot \text{d})$ das diesjährige Maximum der Monatsmittelwerte erreicht wurde. Die langjährigen Monatsmittelwerte wurden dabei um 10 bzw. 12 % überschritten. Im Juni und August erreichte die Globalstrahlung durchschnittliche Werte. Ab August standen aufgrund eines Ausfalls der Messeinrichtung keine Messwerte zur Verfügung. Der Deutsche Wetterdienst (DWD) meldete für das Jahr 2016 wie für die Jahre 2014 und 2015 für Deutschland wiederum ein insgesamt deutlich zu warmes Jahr mit einer leicht erhöhten Sonnenscheindauer, wobei das Sauerland die sonnenscheinärmste Zone in NRW war [5.1].

Im Jahr 2016 trat trotz der für planktisches Algenwachstum günstigen abiotischen Bedingungen – durchschnittlich hohe Strahlungsintensität, geringer Abfluss und warme Temperaturen – kaum Algenentwicklung auf. Die Chlorophyll-a-Gehalte lagen deutlich unterhalb der bisher bekannten langjährigen Monatsmittelwerte (Bild 5.2). Nur in den Frühjahrsmonaten März bis Mai fand eine sehr geringe Algenentwicklung statt. Die in dieser Zeit aufgetretenen höchsten Monatsmittelwerte des Chlorophyll-a-Gehalts in der Ruhr bei Essen-Rellinghausen lagen bei 4 bis 8 $\mu\text{g}/\text{l}$. In der zweiten Jahreshälfte spielten in

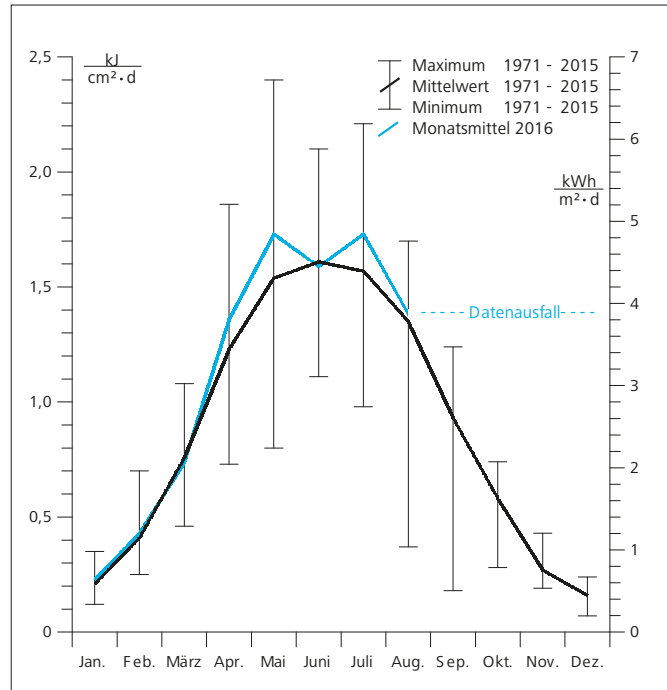


Bild 5.1: Monatsmittelwerte der Globalstrahlung bei Essen im Jahr 2016 und Spannweite der Mittelwerte von 1971 bis 2015
Fig. 5.1: Monthly means of global radiation at Essen 2016 and spectrum of mean values from 1971 to 2015

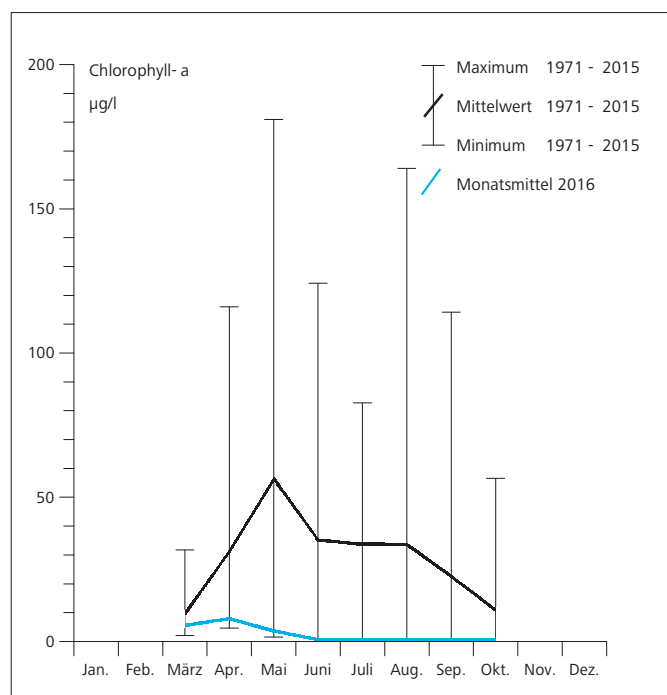


Bild 5.2: Monatsmittelwerte des Chlorophyll-a-Gehalts in der Ruhr bei Essen-Rellinghausen im Jahr 2016 und Spannweite der Mittelwerte von 1971 bis 2015
Fig. 5.2: Monthly means of the chlorophyll a concentration in the Ruhr at Essen-Rellinghausen 2016 and spectrum of mean values from 1971 to 2015

der Ruhr planktische Algen keine Rolle mehr. Bild 5.3 zeigt, wie die Monatsmittelwerte der Chlorophyll-a-Konzentration im Zeitraum der Jahre 2000 bis 2016 mit dem massiven Einsetzen der Makrophytenentwicklung in den oberen Ruhrstauseen [5.2] und ihrem konkurrierenden Nährstoff- und Lichtbedarf im Vergleich zu den 1990er Jahren deutlich abgenommen haben. Bei Betrachtung der Monatsmittelwerte der letzten drei Jahre wird eine weitere drastische Reduzierung des planktischen Algenwachstums erkennbar, die nun auch das sogenannte Frühjahrsplankton betrifft. Diese Entwicklung wird auf die Ausbreitung von algivoren Korbchenmuscheln in der unteren Ruhr zurückgeführt (vgl. Kapitel 8).

Die sehr schwache Algenentwicklung in der Ruhr bei Essen-Rellinghausen findet sich auch in der Darstellung der jahreszeitlichen Sukzession der Planktonalgen wieder (Bild 5.4). Die Abbildung beruht auf der mikroskopischen Zählung der Algenarten. Hierzu wurden aus den dreimal wöchentlich entnommenen Proben Mischproben hergestellt und ausgezählt. Die Querstriche symbolisieren die Größenordnung der Zellzahl der entsprechenden Algenart oder -gruppe. Die vertikal blauierten Säulen geben die Gesamtzellzahl an. Die Algentaxa sind entsprechend ihrer Zugehörigkeit zu den Algenklassen eingefärbt (z.B. Cyanobacteria – Blaualgen, blau; Chrysophyceae, Haptophyceae – Goldalgen, gelb etc; vgl. Bild 5.6).

Wie im Jahr 2015 trat in den Monaten Januar und Februar des Jahres 2016 kaum Algenwachstum auf. Die Planktonzellzahlen erreichten in diesen beiden Monaten nur knapp 500 Zellen/ml bei Monatsmittelwerten der Biovolumina von maximal 0,18 mm³/l. Lediglich in den Monaten März bis Mai konnte eine geringe Algenentwicklung mit Zellzahlen von rund 3.500 Zellen/ml verzeichnet werden. Diese Zellzahlen lagen damit vergleichbar niedrig wie in den beiden vorangegangenen Jahren

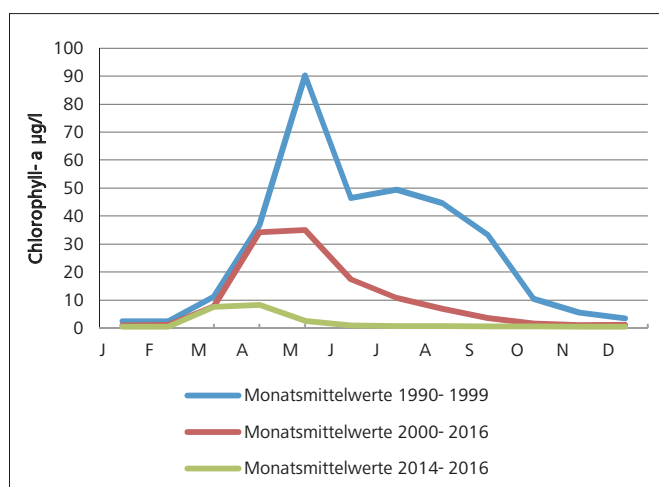


Bild 5.3: Monatsmittelwerte des Chlorophyll-a-Gehalts in der Ruhr bei Essen-Rellinghausen für die Zeiträume 1990 bis 1999, 2000 bis 2016 und 2014 bis 2016

Fig 5.3: Monthly means of the chlorophyll a concentration in the Ruhr at Essen-Rellinghausen from 1990 to 1999, from 2000 to 2016 and from 2014 to 2016

und betrugen nur noch rund ein Zehntel der schon planktonarmen Jahre 2008 bis 2013 (einzige Ausnahme 2011: mit 63.000 Zellen/ml im Mai). Sie sind weit entfernt von in den 1990er Jahren gemessenen Größenordnungen, in denen Mittelwerte von 100.000 Zellen/ml über mehrere Monate im Jahr überschritten wurden.

Die Planktonzönose wurde im Frühjahr maßgeblich von Kieselalgen (centrale und pennale Diatomeen) dominiert. Sie machten rund 50 % der Phytoplanktonzellen aus. Der Anteil der Goldalgen (*Chrysophyceae*, *Haptophyceae*) an der Gesamtzellzahl betrug zwischen 3 und 8 %. Mit einem sehr hohen Anteil von 42 % an der Gesamtzellzahl im Jahresmittel kamen das sehr kleine und deshalb nicht näher bestimmbare Pico-plankton vor. Bemerkenswert war seine große Dominanz im Juni, in dem es 81 % der Gesamtzellzahl ausmachten. Zur Produktivität des Gewässers trägt diese Algengruppe aufgrund ihrer geringen Zellgröße (< 2 µm) allerdings wenig bei. Wesentlich bestimmt wurde die Produktivität dagegen wie in den Jahren 2014 und 2015 von *Melosira varians*, einer großzelligen, fadenförmig wachsenden, radiären Kieselalge, die fast ganzjährig in der Ruhr auftrat und im April mit nur 40 Zellen/ml 37 % des monatlichen Gesamtbiovolumens ausmachte.

Im Vergleich zu den früheren planktonreichen Jahren der 1990er Jahren zeigte das Artenspektrum im Jahr 2016 wie in den beiden Jahren zuvor neben den sehr geringen Zellzahlen auch eine deutlich andere Zusammensetzung der Planktongemeinschaft. Die Grünalgen des Sommerplanktons fehlten fast vollständig. Pennale Diatomeen (Kieselalgen) wie *Surirella*, *Navicula*, *Diatoma vulgare* und *Asterionella formosa* bestimmten dagegen die Planktonzönose. Sie gelten als typspezifische Algen für den hier vorliegenden Fließgewässertyp 9.2. Als weitere Indikatorarten wurden Flagellaten (*Chryptophyceae*), wie verschiedene *Cryptomonas*-Arten, beobachtet. Im September wurde die fadenförmig wachsende Jochalge *Spirogyra* beobachtet. Diese zumeist benthisch lebende Alge machte aufgrund ihrer Zellgröße schon mit dem Auftreten weniger Zellen 53 % des monatlichen Gesamtbiovolumens von 0,30 mm³/l aus. Im Dezember traten Blaualgen (*Cyanobacteria*) der Gattung *Planktothrix* auf, die trotz ihres sehr kleinen Zellvolumens mit fast 70 % des monatlichen Gesamtbiovolumens von 0,22 mm³/l das Plankton dominierten.

Gemäß Monitoringleitfaden NRW werden Fließgewässer nur dann als „planktonführende Fließgewässer“ bezeichnet, wenn sie in der Vegetationsperiode von April bis Oktober eine Chlorophyll-a-Konzentration von 20 µg/l als Saisonmittel überschreiten. In der Ruhr bei Essen-Rellinghausen liegt das Saison-

[5.1] DWD: Pressemitteilung vom 29.12.2016 Deutschlandwetter im Jahr 2016; www.dwd.de/presse, Zugriff: 01.03.2017

[5.2] Ruhrverband: Untersuchungen zur Massenentwicklung von Wasserpflanzen in den Ruhrstauseen und Gegenmaßnahmen. Abschlussbericht zum Forschungsvorhaben im Auftrag des Ministeriums für Umwelt und Naturschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz (MUNLV) des Landes NRW, Essen 2008, 364 S.

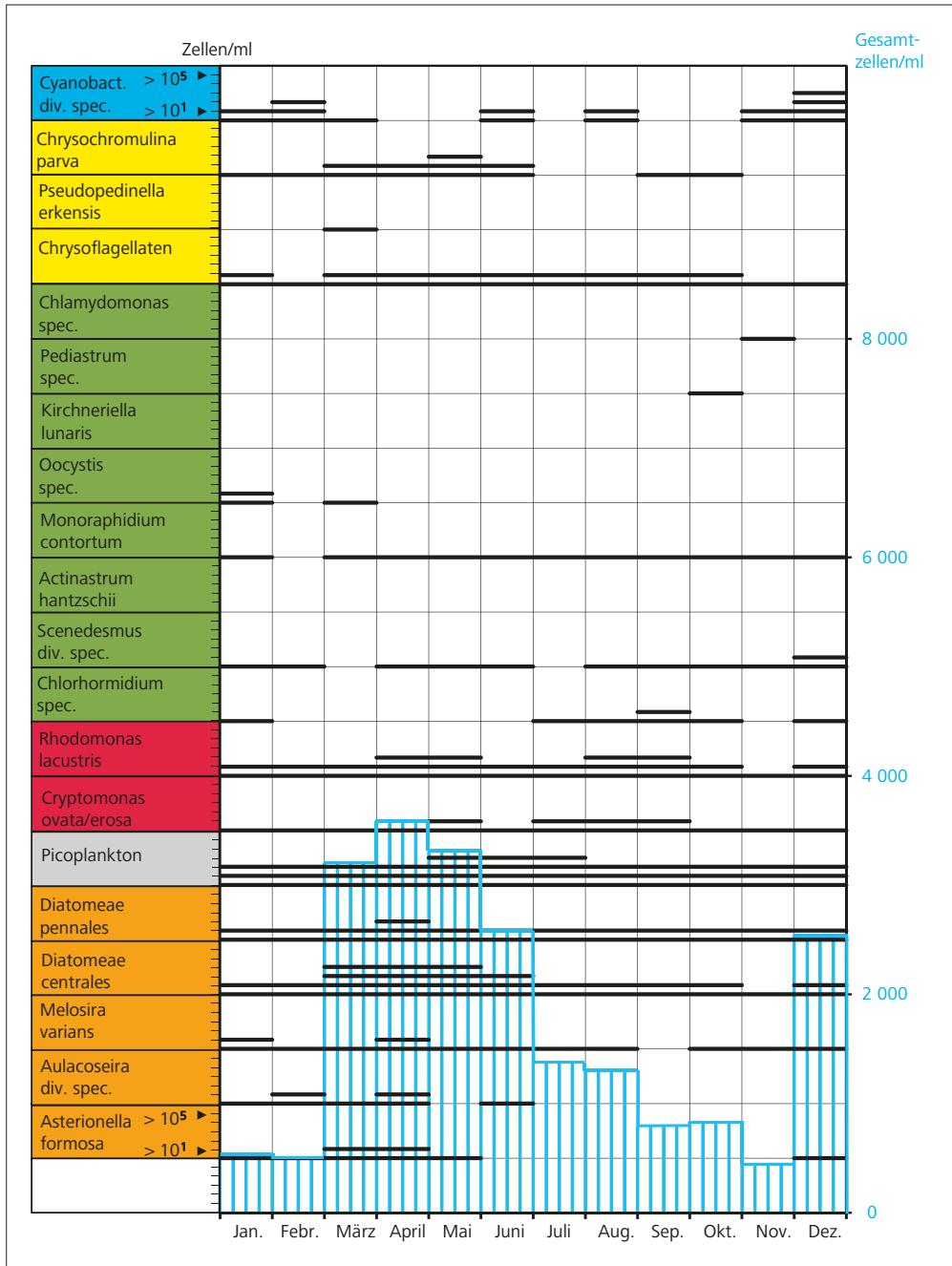


Bild 5.4: Jahreszeitliche Sukzession der Planktonalgen in der Ruhr bei Essen-Rellinghausen im Jahr 2016
 Fig. 5.4: Seasonal succession of phytoplankton in the Ruhr River at Essen-Rellinghausen 2016

mittel der Chlorophyll-a-Konzentration - mit einer Ausnahme in 2011 – seit 13 Jahren deutlich unter diesem Wert, wobei 2016 mit 2 µg/l im dritten Jahr in Folge ein Wert unter 3 µg/l gemessen wurde (Bild 5.5).

Führt man trotzdem eine Bewertung des Phytoplanktons mit Hilfe des deutschlandweit gültigen Bewertungsverfahrens PhytoFluss [5.3] – das für die Bewertung ausgewählter planktonführender Fließgewässer nach EG-WRRL Anwendung findet – durch, ergibt sich für die Ruhr bei Essen-Rellinghausen als „Großer Fluss des Mittelgebirges Typ 9.2“ ein Index von 1,83

und damit wie in den beiden vergangenen Jahren eine Bewertung „gut“ (in 2015: Index von 1,83 und in 2014: Index von 1,84). Im Vergleich hierzu betrug im Jahr 1999, einem planktonreichen Jahr mit einem Saisonmittel der Chlorophyll-a-Konzentration von 52 µg/l, der Index 3,17, was einer Bewertung von „mäßig“ entspricht.

Den Trend zu einer deutlich geringeren Primärproduktion verdeutlicht die Darstellung der Jahresmittelwerte der Biovolumina der vergangenen 20 Jahre (Bild 5.6). Mit einem Jahresmittelwert von 0,24 mm³/l Biovolumen wurde wie im Jahr 2015

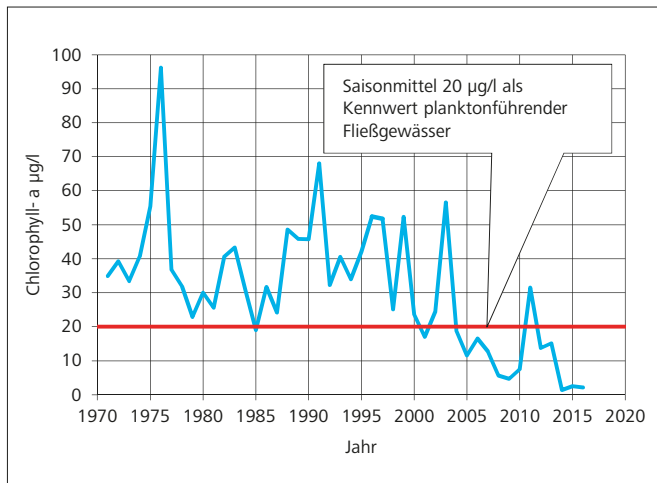


Bild 5.5: Jahresmittelwerte des Chlorophyll-a-Gehalts in der Ruhr bei Essen Rellinghausen in der Vegetationsperiode April bis Oktober der Jahre 1971 bis 2016

Fig. 5.5: Annual means of the chlorophyll a concentration in the Ruhr at Essen-Rellinghausen during vegetation period (April to October), 1971 to 2016

die geringste planktische Primärproduktion seit Beginn der Aufzeichnungen im Jahr 1979 gemessen. Trotz einzelner Jahre mit höherer planktischer Produktivität ist die Tendenz insgesamt stark abnehmend. Nachdem in den 1990er Jahren durch Ausbau der Kläranlagen und damit verbundener Phosphorelimination das Algenwachstum deutlich reduziert wurde, verhindern auch die seit dem Jahr 2000 massiv auftretenden Makrophytenentwicklungen in den oberen Ruhrstauseen ein stärkeres Wachstum von Planktonalgen. Als Ursache für die weitere Reduzierung des Phytoplanktons wird das seit dem Jahr 2008 beobachtete vermehrte Vorkommen der algenfiltrierenden Körbchenmuschel *Corbicula* gesehen (vgl. Kapitel 8).

Neben der Strahlungsintensität und dem Nährstoffangebot bestimmen in Fließgewässern die Aufenthaltszeit des Wassers und damit das Abflussgeschehen maßgeblich die Entwicklung des Phytoplanktons, da hierdurch die für das Wachstum und die Vermehrung zur Verfügung stehende Zeit vorgegeben wird. In der mittleren und unteren Ruhr von Echthausen bis zur Mündung in den Rhein beträgt die Aufenthaltszeit bei Trockenwetter in der Regel etwa 20 Tage. Die räumliche und zeitliche Entwicklung des Algenvorkommens auf dieser Fließstrecke von März bis Oktober 2016 ist am Beispiel der an neun Probenahmestellen gemessenen Chlorophyll-a-Gehalte in Bild 5.7 dargestellt. Für die Probenahmestelle Echthausen (Wehr WWW, Oberwasser) wurden die Chlorophyllwerte von der Westfälischen Wasser- und Umweltanalytik GmbH, die im Auftrag der Wasserwerke Westfalen GmbH (WWW) die Analysen durchgeführt hat, zur Verfügung gestellt.

Die in der Regel einmal wöchentlich gemessenen Chlorophyll-a-Gehalte zeigten auf der Fließstrecke bis Essen-Rellinghausen durchgehend ein sehr geringes Niveau, das nochmals deutlich niedriger lag als im Jahr 2015. Am Auslauf der Stauhaltungen Hengstey und Kemnade wurden nie Werte von größer als 13 µg/l Chlorophyll-a erreicht. Im Baldeneysee trat in der Zeit von März bis April eine Primärproduktion auf, die trotz deutlich höherer Verweilzeit als in den oberen Stauseen nur einen Tageshöchstwert von 27 µg/l Chlorophyll-a erreichte (in 2015: 39 µg/l). In dieser Zeit wurden an den unterhalb gelegenen Probenahmestellen im Kettwiger Stausee und an der Messstelle in Duisburg (Aakerfähre) Werte um 10 µg/l Chlorophyll-a

[5.3] Mischke, U. ; Behrendt, H.: Handbuch zum Bewertungsverfahren von Fließgewässern mittels Phytoplankton zur Umsetzung der EU-WRRL in Deutschland. Berlin 2007, 88 S., ISBN 978-89998-105-6 <http://www.igb-berlin.de/mitarbeitende-igb>

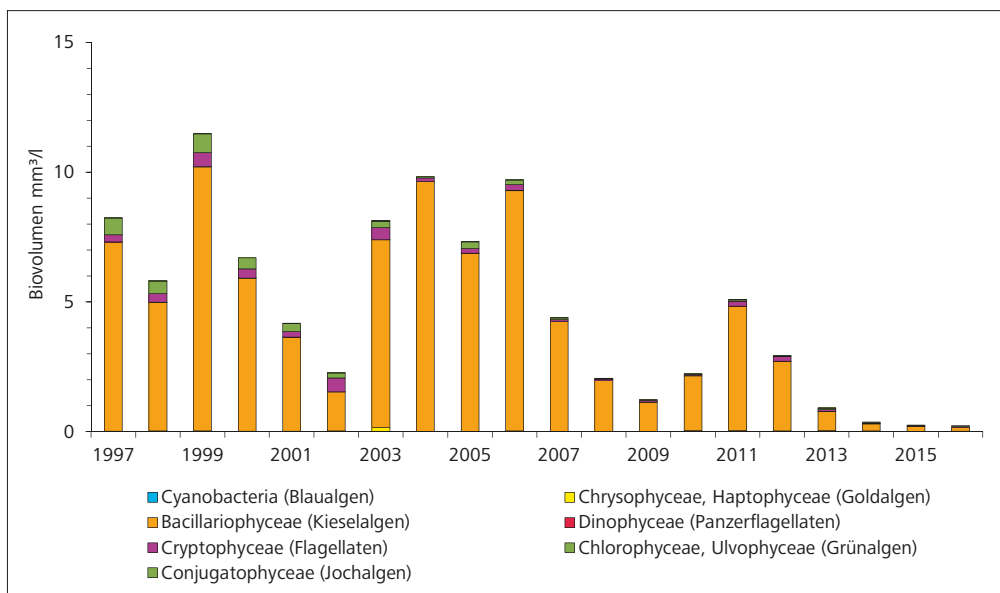


Bild 5.6: Phytoplankton in der Ruhr bei Essen-Rellinghausen (Jahresmittelwerte des Biovolumens der Jahre 1997 bis 2016)

Fig. 5.6: Phytoplankton in the Ruhr River at Essen-Rellinghausen (yearly means of biovolume 1997 to 2016)

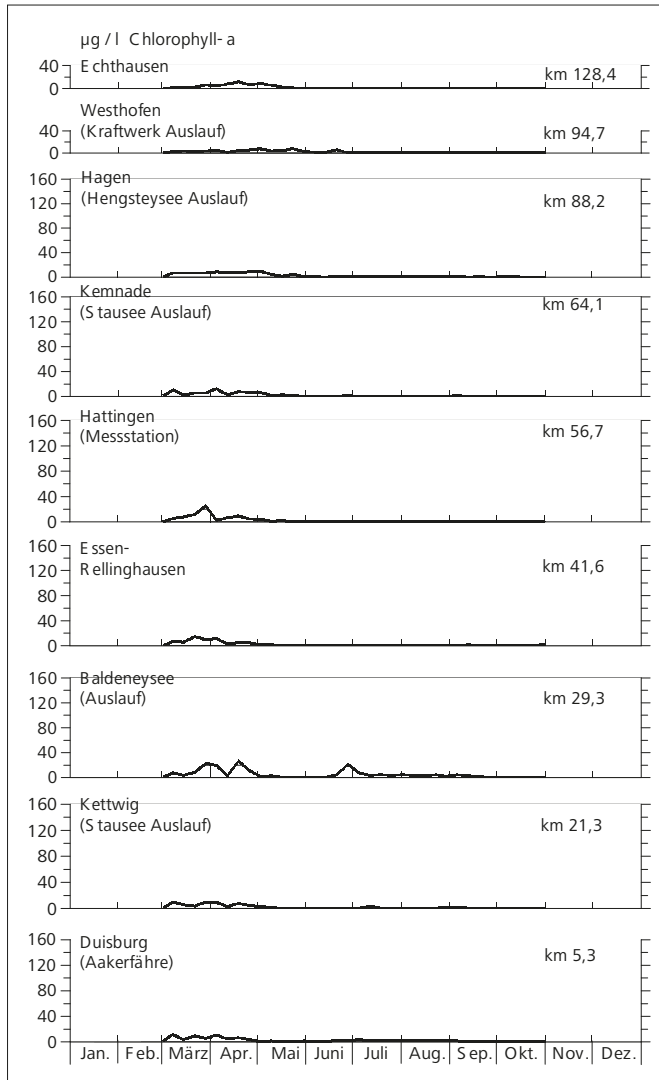


Bild 5.7: Algenentwicklung (als Chlorophyll-a-Gehalt) an verschiedenen Stellen der Ruhr im Verlauf des Jahres 2016

Fig. 5.7: Development of phytoplankton (as chlorophyll a concentration) determined in various cross-sections of the Ruhr River in 2016

ermittelt. Im weiteren Jahresverlauf trat nur noch im Baldeneysee ein weiterer geringer Chlorophyll-Anstieg bis 22 µg/l Chlorophyll-a auf, der sich jedoch in der unterhalb gelegenen Fließstrecke nicht wiederfand.

In der Ruhr, einem mehrfach gestauten Gewässer, hängen die biologischen Prozesse Photosynthese, Atmung und Biomasseauf- bzw. -abbau eng mit abiotischen Faktoren wie Abfluss und Strahlung zusammen. Diese Faktoren und ihre Auswirkungen auf den Sauerstoffhaushalt zeigt Bild 5.8 am Beispiel des Baldeneysees. Für die Wasserführung und den Chlorophyll-a-Gehalt, der aus der kontinuierlich gemessenen In-vivo-Fluoreszenz errechnet wurde, werden die Wochenmittel und für den Sauerstoffgehalt die Wochenmittelwerte der Tagesmi-

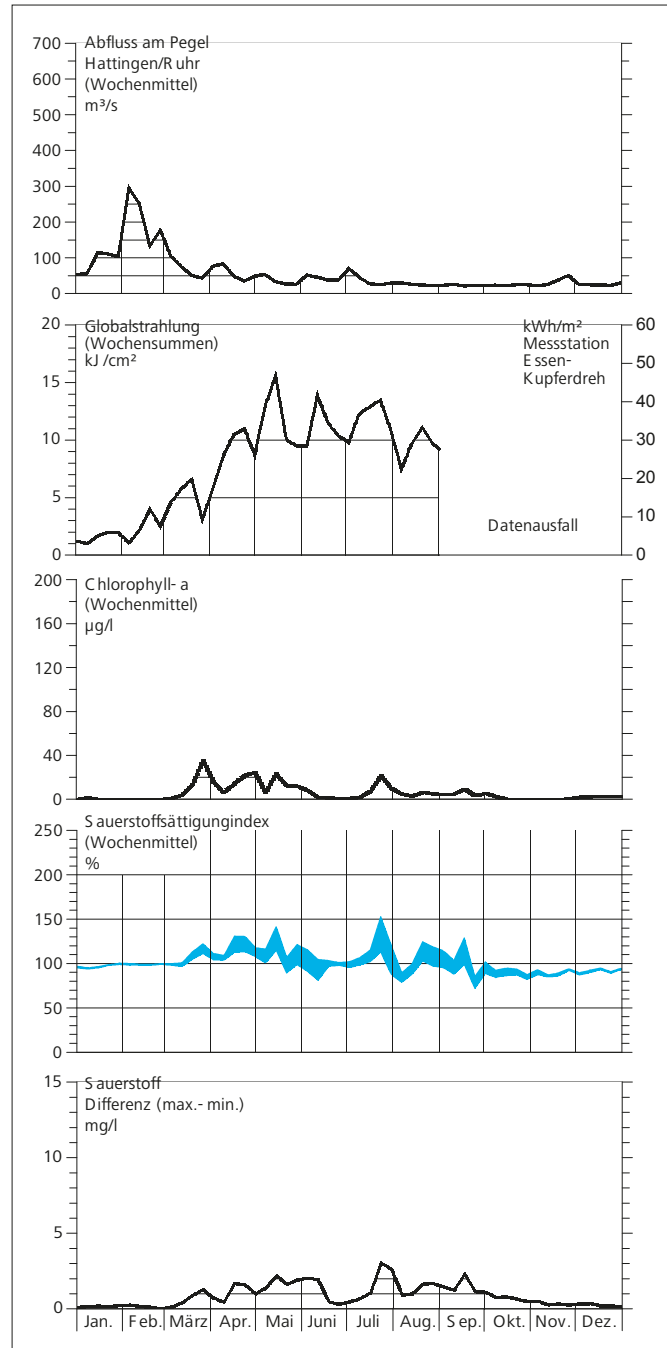


Bild 5.8: Einfluss der Wasserführung und der Globalstrahlung auf die Algenentwicklung im Baldeneysee und deren Auswirkung auf den Sauerstoffgehalt im Jahr 2016

Fig. 5.8: Influence of river flow and total radiation on phytoplankton growth in Lake Baldeney and the resulting impact on the oxygen balance in 2016

nima und -maxima des Sättigungsindex herangezogen. Die Globalstrahlung wird als Wochensumme dargestellt.

Mit dem Rückgang des Abflusses Mitte März und der gleichzeitig zunehmenden Strahlungsintensität fand im Baldeneysee ein erstes Algenwachstum mit einer vergleichsweise geringen mittleren Chlorophyll-a-Konzentration von 35 µg/l statt. Weitere kleinere Algenentwicklungen folgten, bei denen jedoch mittlere Chlorophyll-a-Gehalte von 25 µg/l kaum erreicht wurden. Die Werte lagen damit deutlich unter den Werten der 1990er Jahre, als maximale Wochenmittelwerte von 150 bis 200 µg/l erreicht wurden. Damit war im Jahr 2016 im Baldeneysee die Algenentwicklung nochmals geringer als im Jahr 2015, als Chlorophyll-a-Konzentrationen von knapp 50 µg/l im Wochenmittel erreicht wurden.

Das zu beobachtende Algenwachstum führte bei Tag durch sauerstoffproduzierende Photosyntheseprozesse und in der Nacht durch sauerstoffzehrende Dissimilationsvorgänge (Atmung) zu tageszeitabhängigen Schwankungen des Sauerstoffgehaltes, die sich jedoch weitestgehend im Bereich zwischen 80 und 130 % Sauerstoffsättigung bewegten. Damit waren im Jahr 2016 relativ ausgeglichene Sauerstoffverhältnisse gegeben. Bis März und ab August lagen die Sauerstoffsättigungsindizes im Bereich der Sättigung. Lediglich Mitte Juli trat ein Spitzenwert von knapp 150 % auf. Ein Absinken der Sauerstoffsättigungsindizes durch den Abbau der pflanzlichen und tierischen Biomasse auf Werte unter 75 % - wie in früheren Jahren beobachtet - wurde allerdings im Jahr 2016 nicht verzeichnet. Für die Fischfauna bedrohliche Werte von unter 40 % Sauerstoffsättigung wurden somit bei Weitem nicht erreicht. Die maximale Amplitude zwischen den Sauerstoffminima und -maxima, bedingt durch den Tag- und Nachtrhythmus von Photosynthese und Atmung, trat Mitte Juli mit einem Tageshöchstwert von 5,1 mg/l (20. Juli 2016) auf. An einzelnen Tagen wurden Sauerstoffminima von 6,2 mg/l gemessen. Damit wurde die Qualitätskomponente für die allgemeinen physikalisch-chemischen Parameter des Fließgewässertyps 9.2 von 7 mg/l zwar unterschritten [5.4], negative Auswirkungen auf die Fische und das Makrozoobenthos wurden aber nicht beobachtet. Insgesamt stellte sich die Sauerstoffsituation noch ausgeglichener als in den beiden Vorjahren dar.

Zooplankton

In der Vergangenheit (bis 2004) hatte das Vorkommen und die Fraßaktivität („Grazing“) des Zooplanktons neben abiotischen Faktoren einen wesentlichen Einfluss auf die zeitliche Abfolge und das Ausmaß der Phytoplanktonentwicklung im Baldeneysee. Da algenfressendes Zooplankton für die Entwicklung einer Population ausreichend Phytoplankton als Futter zur Verfügung haben muss, konnte sich im Jahr 2016 keine nennenswerten *Brachionus/Synchaetiden*-Population entwickeln. Die maximale Individuenzahl wurde im August mit einer mittleren Anzahl von rund 80 Individuen pro Liter erreicht und lag damit in der gleichen Größenordnung wie in den Jahren 2015 und 2014, aber deutlich unter der Größenordnung der davor lie-

genden zehn Jahre, als Dichten von 1.000 Individuen pro Liter bzw. im Jahr 1999 sogar 2.000 Individuen pro Liter auftraten. Wie im letzten Jahr trat die Gattung *Ceriodaphnia reticulata* im August und September auf. In der Literatur wird beschrieben, dass diese Wasserfloh-Art bevorzugt in wärmeren Gewässern lebt und Bakterien anstelle von planktischen Algen als Futter konsumiert [5.5, 5.6].

Auch im Jahr 2016 zeigte die Sekundärproduktion mit einem Biovolumen des Zooplanktons von 0,19 mm³/l (in 2015: 0,22 mm³/l) ein sehr niedriges Niveau (Bild 5.9). Dies belegt die insgesamt deutlich verminderte planktische Produktivität des Baldeneysees. Während in den 1990er Jahren für das Zooplankton noch zumeist ein mittleres Gesamtbiovolumen um die 3 mm³/l bestimmt wurde, hat die Sekundärproduktion seit dem Jahr 2004 (mit Ausnahme 2011) auf rund 0,5 mm³/l abgenommen. Im Jahr 2016 erreichte sie wie auch in den Jahren 2015 und 2014 nur noch die Hälfte dieses Wertes. Auswirkungen dieses deutlichen Rückgangs des als Fischnahrung dienenden Zooplanktons auf die Fischbestände im Baldeneysee sind derzeit nicht erkennbar. Befischungsergebnisse im Jahr 2015 zeigten im Vergleich zum Jahr 2009 sogar eine Vergrößerung des Fischbestandes [5.7].

Makrophytenuntersuchungen

In den Ruhrstauseen war seit den 1950er Jahren das Vorkommen von Makrophyten auf Teichrosen in Ufernähe beschränkt, ein Zustand, der rund 50 Jahre lang andauerte [5.8]. Hohe Nährstoffkonzentrationen förderten zu dieser Zeit die Phytoplanktonentwicklung, die das Wasser während der Vegetationsperiode eintrübte. In dem dunklen trüben Wasser, in dem kein Licht bis zum Gewässergrund dringen konnte, war das Wachstum submerser, d. h. nur untergetaucht wachsender Wasserpflanzen, unmöglich. 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 und sich nur noch deutlich geringere Algendichten bildeten. Mit Rückgang der Trübung durch planktische Algen setzte ab dem Jahr 2000 das verstärkte Wachstum von Makrophyten, vor allem der Schmalblättrigen Wasserpest *Elodea nuttallii*, ein. Seit dieser Zeit wechselten sich ein Jahrzehnt lang Jahre mit hohen Makrophytendichten mit Jahren, in denen die Makrophyten-

[5.4] Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit (Hrsg.): Verordnung zum Schutz der Oberflächengewässer (OGewV), Berlin, Juni 2016

[5.5] Flößner, D.: Die Haplopoda und Cladocera Mitteleuropas. Backhuys Publishers, 2000

[5.6] Central Michigan University: Zooplankton of the Great Lakes <http://people.cst.cmich.edu/mcnau1as/zooplankton%20web/Ceriodaphnia/Zooplankton%20of%20the%20Great%20Lakes.htm>, Zugriff 03.04.2017

[5.7] Ruhrverband: Hydrobiologische Untersuchungen der Ruhr und ihrer Nebengewässer – Trophie der Ruhr. In: Ruhrgütebericht 2015, S. 78 – 95

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

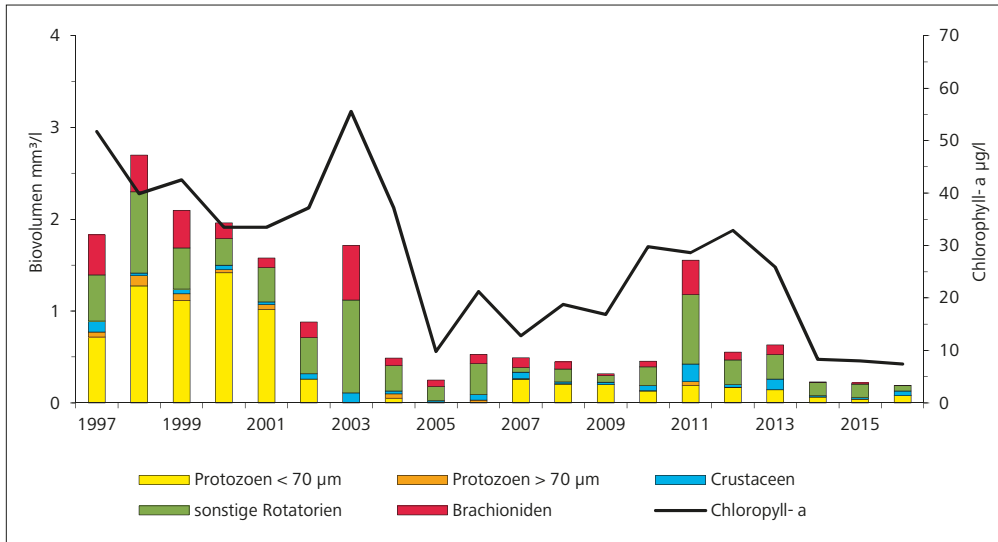


Bild 5.9: Zooplankton und Chlorophyll-a im Baldeneysee (Saisonmittel März bis Oktober)
Fig. 5.9: Zooplankton and chlorophyll-a in Lake Baldeney (seasonal means March to October)

aufkommen von untergeordneter Bedeutung sind, ab [5.9; 5.10]. 2010 war das letzte Jahr mit nur geringem Wasserpflanzenaufkommen [5.11]. Seit 2011 [5.12; 5.13; 5.14; 5.15] bis einschließlich 2016 wurde der sommerliche Vegetationsaspekt der oberen drei Ruhrstauseen Hengstey, Harkort und Kemnade durchgehend durch Makrophyten-Massenaufkommen geprägt.

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 zeigt sich in den Ruhrstauseen in den letzten Jahren eine aus ökologischer Sicht positive Entwicklung. Neben *Elodea nuttallii* besiedeln inzwischen weitere heimische Wasserpflanzenarten in zunehmenden Abundanzen die

Ruhrstauseen und treten damit in Raumkonkurrenz zu den dominierenden *Elodea*-Beständen. Der im Jahr 2015 auch im Baldeneysee begonnene Prozess einer zunehmenden Verkrautung setzte sich im Jahr 2016 fort. Zunächst dominierten Bestände heimischer Makrophytenarten. Erst im weiteren Jahresverlauf wurde *Elodea nuttallii* wieder, wie auch in den oberen drei Ruhrstauseen, zur aspektbestimmenden Art.

Kemnader See

Bild 5.10 zeigt auf einer Karte des Kemnader Sees die auf Basis von Luftbildaufnahmen vom 13.09.2016 ermittelte maximale Ausdehnung der Makrophytenbestände. Die aus digitalen Karten ermittelten Makrophytenflächen zeigt Bild 5.11 in ihrer zeitlichen Entwicklung vom Jahr 2001 bis 2016. Es wird deut-

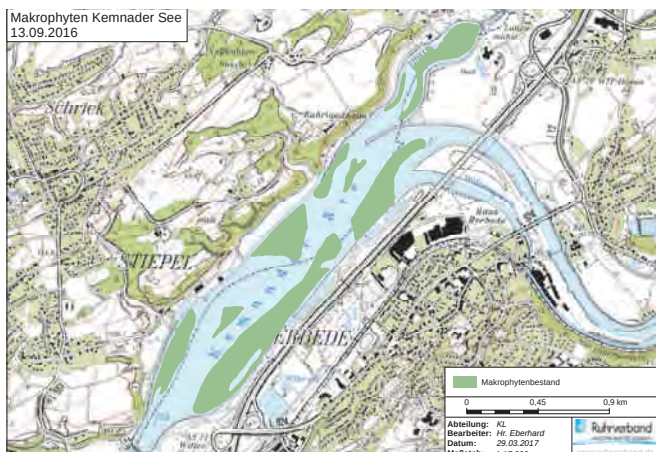


Bild 5.10: Karte der Makrophytenbestände im Kemnader See basierend auf Luftbildaufnahmen vom 13.09.2016 mit Ausdehnung der Makrophytenbestände.

Fig. 5.10: Map of macrophytes in Lake Kemnade based on aerial pictures from September 13, 2016 showing the expansion of macrophytes.

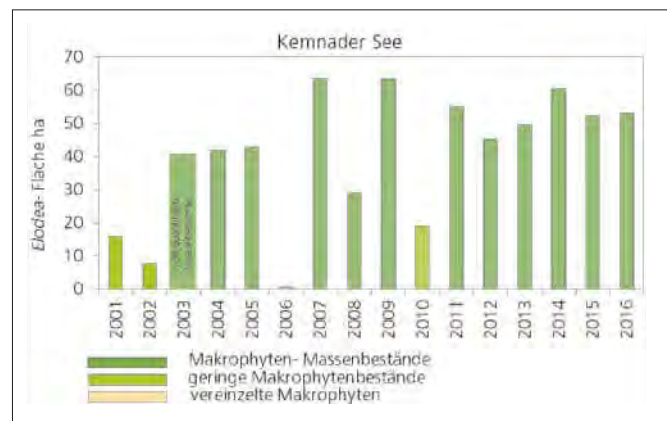


Bild 5.11: Bestandsflächen von *Elodea nuttallii* im Kemnader See in den Jahren 2001 bis 2015 (Daten auf Basis von Satelliten- und Luftbildauswertungen sowie Vor-Ort-Kartierung, 2008, 2012, 2014, 2015 und 2016 Bestände durch Mahd reduziert)

Fig. 5.11: Vegetation cover of *Elodea nuttallii* in Lake Kemnade from 2001 to 2015 (data based on satellite and aerial pictures as well as field mapping, occurrence reduced in 2008, 2012, 2014, 2015, and 2016 through mowing)

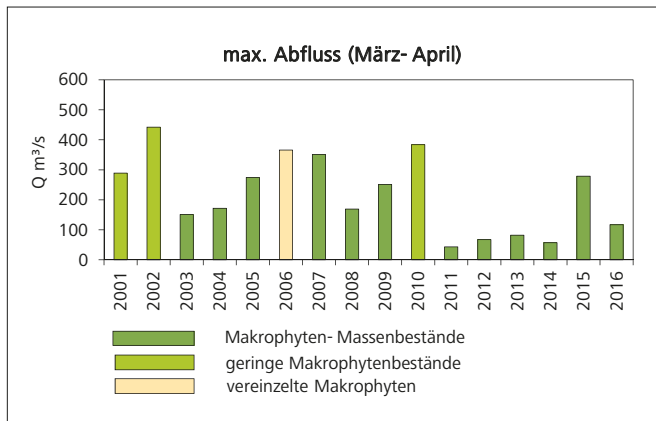


Bild 5.12: Maximaler Abfluss (Tagesmittelwerte) im Zeitraum März bis April am Pegel Hattingen (= unterhalb Kemnader See) in den Jahren 2001 bis 2016 mit Zuordnung zu der entsprechenden Elodea-Bestandssituation.

Fig. 5.12: Maximum discharge (daily means) in March and April at Hattingen gauging station (downstream of Lake Kemnade) from 2001 to 2016 in relation to Elodea abundance.

lich, dass das Jahr 2016 das sechste Jahr in Folge mit ausgedehnten Makrophytenbeständen war. Im Jahr 2016 waren, wie im Vorjahr rund 42 % der Fläche des Kemnader Sees dicht mit Makrophyten, die die Wasseroberfläche erreichten oder kurz darunter standen, bewachsen. Wie Tauchuntersuchungen und hydroakustische Untersuchungen aus dem Jahr 2013 gezeigt hatten, ist die tatsächlich bewachsene Fläche, im Vergleich zu den über Luftbilddauswertung erkennbaren Beständen, wahrscheinlich sogar deutlich größer [5.16]. Nur handelt es sich hierbei um niederwüchsige, vereinzelt stehende Pflanzen in größeren Wassertiefen, die die Wassersportnutzung nicht beeinträchtigen. Auch ist ihr Anteil an der Biomasse abtreibender Pflanzen im Herbst vernachlässigbar gering.

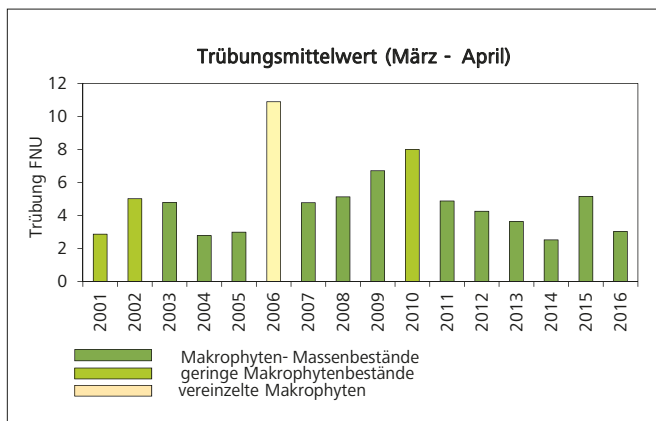


Bild 5.13: Trübungsmittelwerte des Zeitraums März bis April an der Messstation Hattingen (= unterhalb Kemnader See) in den Jahren 2001 bis 2016 mit Zuordnung zu der entsprechenden Elodea-Bestandssituation.

Fig. 5.13: Mean turbidity in March and April at Hattingen gauging station (downstream of Lake Kemnade) from 2001 to 2016 in relation to Elodea abundance.

Die klimatischen Bedingungen wirkten sich 2016, wie in den Jahren zuvor, insgesamt fördernd auf das Makrophytenwachstum aus. Anders als im Vorjahr mit kurzzeitig erhöhten Abflüssen bis 279 m³/s war der Betrachtungszeitraum März und April 2016 durchweg trocken mit einem resultierenden maximalen Abfluss von nur 117 m³/s (Bild 5.12). Auf Grund des trockenen Wetters kam es im Jahr 2016 nicht, anders als im Jahr zuvor, zu einem niederschlagsbedingten verstärkten Eintrag von Trübstoffen durch oberflächigen Abtrag. Auch waren die herrschenden Fließgeschwindigkeiten nicht ausreichend genug, um die Feinsedimente der Gewässersohle zu mobilisieren und hierdurch eine erhöhte Trübung zu verursachen. Das Phytoplankton spielte ebenfalls im Jahr 2016, im fünften Jahr in Folge, für die Trübung keine Rolle. Der mittlere Trübungswert im Jahr 2016 lag mit 3,03 FNU um 2,13 FNU niedriger als im Vorjahr (Bild 5.13). Die Wassertemperaturen in den Monaten März und April bewegten sich im Jahr 2016 mit einer Tagestemperatursumme von 540 °C auf ähnlichem Niveau wie im Vorjahr (Bild 5.14) und wirkten sich damit ebenfalls fördernd auf das Pflanzenwachstum aus. Zudem war der Winter 2015/2016 mit nur wenigen Frosttagen relativ mild. Da alle relevanten wachstumsbestimmenden abiotischen Faktoren im Frühjahr 2016 das Makrophytenwachstum begünstigten, erreichten die Makrophytenbestände in diesem Jahr die Wasseroberfläche bereits Mitte Juni, also fast einen Monat früher als 2015, als eine kurze Regenperiode mit erhöhten Abflüssen das Pflanzenwachstum verlangsamte. Hierdurch war auch im Jahr 2016 das Zeitfenster, in dem die Wassersportnutzung durch die Verkrautung eingeschränkt war, relativ lang.

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 2010 ein Verfahren der bivariaten Kausalanalyse an, das auf den dominierenden bestandsbestimmenden abiotischen Faktoren Strömung, Wassertemperatur und Trübung beruht

- [5.9] Ruhrverband: Untersuchungen zur Massenentwicklung von Wasserpflanzen in den Ruhrstauseen und Gegenmaßnahmen. Abschlussbericht des Forschungsvorhabens im Auftrag des Ministeriums für Umwelt und Naturschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz des Landes NRW 2008, 364 S.
- [5.10] Ruhrverband: Untersuchungen zur Massenentwicklung von Wasserpflanzen in den Ruhrstauseen und Gegenmaßnahmen. Broschüre der Kurzfassung des Forschungsvorhabens im Auftrag des Ministeriums für Umwelt und Naturschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz des Landes NRW 2009, 32 S.
- [5.11] Ruhrverband: Elodea-Vorkommen in den Ruhrstauseen. In: Ruhrgütebericht 2010, S. 93 - 98
- [5.12] Ruhrverband: Elodea-Vorkommen in den Ruhrstauseen. In: Ruhrgütebericht 2011, S. 54 - 68.
- [5.13] Ruhrverband: Die Ruhr und ihre Nebengewässer – Trophische Situation der Ruhr. Ruhrgütebericht 2012, S. 58 – 70.
- [5.14] Ruhrverband: Die Ruhr und ihre Nebengewässer – Trophische Situation der Ruhr. Ruhrgütebericht 2013, S. 60 – 75.
- [5.15] Ruhrverband: Die Ruhr und ihre Nebengewässer – Trophische Situation der Ruhr. Ruhrgütebericht 2014, S. 63 – 72.
- [5.16] Ruhrverband: Hydroakustische Erfassung von Wasserpflanzenbeständen im Kemnader See. Ruhrgütebericht 2013, S. 113 – 119.

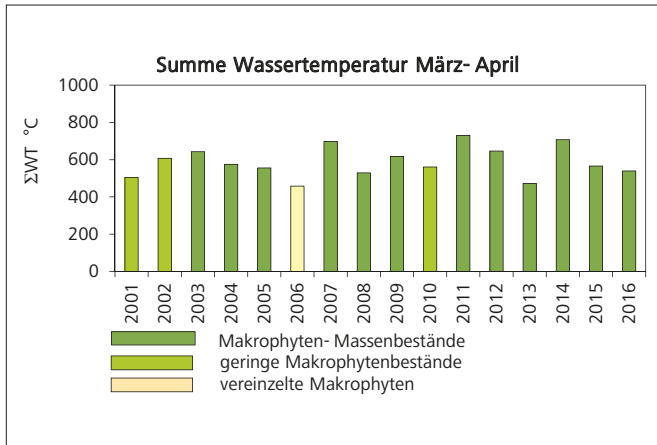


Bild 5.14: Summe der mittleren Tageswassertemperaturen des Zeitraums März bis April an der Messstation Hattingen (= unterhalb Kemnader See) in den Jahren 2001 bis 2016 mit Zuordnung zu der entsprechenden Elodea-Bestandssituation.

Fig. 5.14: Sum of daily mean water temperatures during March and April at Hattingen gauging station (downstream of Lake Kemnade) from 2001 to 2016 in relation to Elodea abundance.

(vgl. [5.11; 5.12; 5.13; 5.14;5.15]). Auch für das Jahr 2016 erklärt die bivariate Darstellung, die den maximalen Abfluss in den Monaten März und April zu der Summe der Wassertemperatur-Tagesgrade bzw. zur Trübung in Relation setzt, zutreffend den vor Ort und über Luftbildauswertung dokumentierten Makrophyten-dominierten Zustand (Bild 5.15, Bild 5.16).

Diese Ergebnisse unterstützen die prognostizierten Schwellenwerte für den Wechsel von Phytoplankton-Dominanz zu Makro-

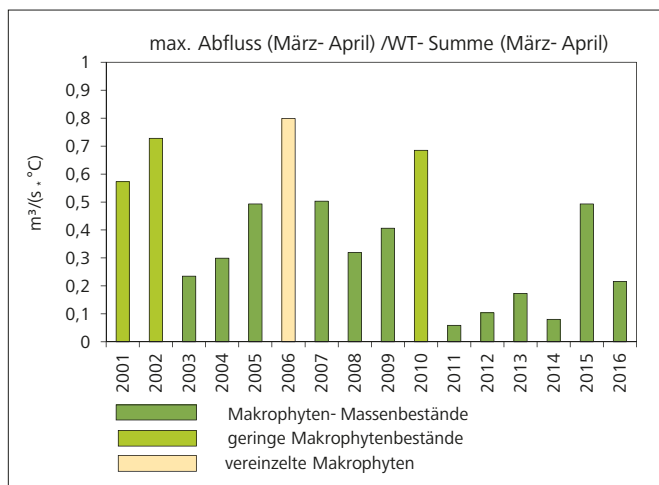


Bild 5.15: Verhältnis des maximalen Tagesabflusses zu der Summe der Tagesmittelwassertemperaturen des Zeitraums März bis April an der Messstation Hattingen (= unterhalb Kemnader See) in den Jahren 2001 bis 2016 mit Zuordnung zu der entsprechenden Elodea-Bestandssituation.

Fig. 5.15: 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 2016 in relation to Elodea abundance

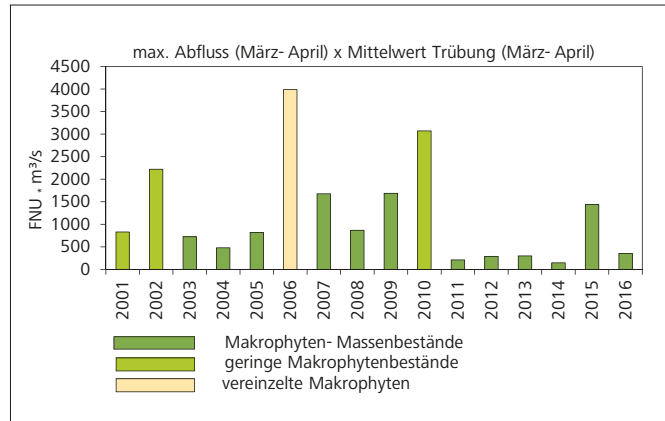


Bild 5.16: Das Produkt aus maximalem Abfluss und dem Mittelwert der Trübung des Zeitraums März bis April an der Messstation Hattingen (= unterhalb Kemnader See) in den Jahren 2001 bis 2016 mit Zuordnung zu der entsprechenden Elodea-Bestandssituation.

Fig. 5.16: Product of the maximum discharge and mean turbidity in March and April at Hattingen gauging station (downstream of Lake Kemnade) from 2001 to 2016 in relation to Elodea abundance.

phyten-Dominanz. Bei einem Quotienten kleiner $0,55 \text{ m}^3/(s \cdot ^\circ C)$ wirken sich die hydraulischen Bedingungen und die Wassertemperaturen mit ihrer antagonistischen Wirkung in der anfänglichen Wachstumsphase günstig auf die Bildung dichter ausgedehnter Wasserpflanzenbestände aus, so dass sich ein Makrophyten-dominierten Zustand einstellen kann [5.17]. Bei einem Produkt kleiner $2.000 \text{ FNU} \cdot \text{m}^3/s$ sind die Lichtbedingungen und Abflusssituationen für *Elodea nuttallii* und die anderen Wasserpflanzenarten ebenfalls sehr günstig und fördern damit die Bildung ausgedehnter Makrophytenmassenbestände im Laufe des Sommers. Für das Jahr 2016 war an Hand der relevanten abiotischen Frühjahrsbedingungen mit einem Quotienten von $0,22 \text{ m}^3/(s \cdot ^\circ C)$ und einem Produkt von $353 \text{ FNU} \cdot \text{m}^3/s$ bereits frühzeitig eine Entwicklung in Richtung einer Makrophyten-Dominanz zu prognostizieren.

Nachdem nun für 15 Jahre Daten zur maximalen Ausdehnung der Makrophytenbestände im Kemnader Stausee und den relevanten abiotischen Faktoren im Frühjahr vorliegen, ist eine Prüfung der direkten Abhängigkeit der bewachsenen Fläche von den genannten bivariaten Faktoren im betrachteten zweimonatigen Zeitfenster möglich (Bild 5.17, Bild 5.18). Es besteht eine statistisch gesicherte lineare, umgekehrt proportionale Abhängigkeit der bivariaten Faktoren von den bewachsenen Flächen im Kemnader See. Die Streuung der Werte ist zum einen der Tatsache geschuldet, dass die verwendeten Schrägaufnahmen bei einer Projektion auf eine karographische Senkrechtaufnahme zu einer gewissen räumlichen Verzerrung der Makrophytenflächen führen. Zum anderen wurden aber auch in manchen Jahren die Bestände bis in den Herbst hinein gemäht, so dass daher die erfassten Flächen nicht deren tatsächliche maximale Ausdehnung wiedergeben.

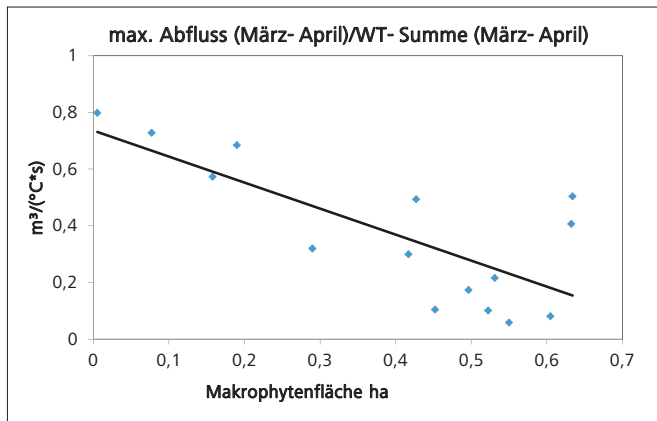


Bild 5.17: Makrophytenfläche [ha] im Kemnader See in Abhängigkeit vom Verhältnis des maximalen Tagesabflusses zur Summe der Tagesmittelwassertemperaturen des Zeitraums März bis April an der Messstation Hattingen (= unterhalb Kemnader See).

Fig. 5.17: Macrophyte cover [ha] in Lake Kemnade depending on the 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)

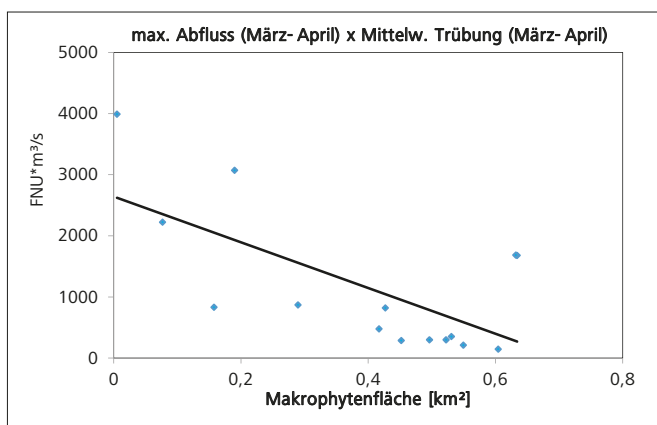


Bild 5.18: Ausdehnung der Makrophytenfläche [ha] im Kemnader See in Abhängigkeit vom Produkt aus maximalem Abfluss und Mittelwert der Trübung des Zeitraums März bis April an der Messstation Hattingen (= unterhalb Kemnader See)

Fig. 5.18: Macrophyte cover [ha] in Lake Kemnade depending on the product of the maximum discharge and mean turbidity in March and April at Hattingen gauging station (downstream of Lake Kemnade)

Da sich im Jahr 2016 bereits frühzeitig abzeichnete, dass sich auch im Baldeneysee ausgedehnte Makrophytenbestände bilden werden, wurde für den Kemnader See ein Mähboot extern angemietet, so dass das noch im Baldeneysee liegende verbandseigene Mähboot Manati dort zur Reduzierung der Makrophytenbestände eingesetzt werden konnte. Das angemietete Mähboot wurde im Kemnader See vom 13. Juli. bis 12. August zur Reduzierung der verkrauteten Flächen v.a. entlang des rechten Uferbereichs mit den dortigen Anlegern und Liegeplätzen eingesetzt. Insgesamt wurden in dieser Zeit 338 t Pflanzenmaterial gemäht, entnommen und entsorgt. Die Kosten für die Entsorgung betrugen ca. 31.550 €. Damit war die

Mähleistung des angemieteten Mähbootes, auf Grund technischer Modifikationen im Bereich des Schneidwerks, deutlich höher als die des verbandseigenen Mähbootes Manati. Dieses wurde daher im Winter 2016/2017 entsprechend umgebaut, um zukünftig vergleichbar hohe Mähergebnisse erzielen zu können.

Hengstey- und Harkortsee

In den beiden oberen Ruhrstauseen Hengstey und Harkort bildeten sich im Jahr 2016 ebenfalls wieder ausgedehnte Pflanzenbestände, die in ihrer Ausdehnung ungefähr den Bestandsflächen des Vorjahres entsprechen (vgl. Tabelle 5.1). Auch im Jahr 2016 konnte in diesen beiden Ruhrstauseen nicht in größerem Maßstab gemäht werden. Jedoch wurden zur Unterstützung der Wassersportler kleinräumig an Liegeplätzen und für Korridore zu noch freien Wasserflächen lokale Makrophytenbestände etwas dezimiert. Zum Teil wurde dieses Bemühen durch Wassersportvereine eigenständig unterstützt. Trotzdem blieb in beiden Ruhrstauseen die Behinderung der Wassersportnutzung durch die Makrophytenbestände weiterhin erheblich.

Tabelle 5.1: Vergleich der Makrophytenbestandsflächen [ha] in den oberen vier Ruhrstauseen in den Jahren 2011 bis 2016
Table 5.1: Vegetation cover [ha] in the four impounded lakes of the River Ruhr in the time period 2011 to 2016

	Makrophyten-Flächen [ha]			
	Hengsteysee	Harkortsee	Kemnader See	Baldeneysee
2011	58	50	55	9
2012	29	56	45	4
2013	45	54	50	13
2014	34	73	60	29
2015	44	60	52	78
2016	46	53	53	108

Bild 5.19 gibt den Treibgutanteil im Jahr 2016 an der Wasserkraftanlage des Hengsteysees im Vergleich zu den Vorjahren wieder. Auffällig ist, dass in den Monaten Oktober und November des Jahres 2016 die höchsten Treibgutmengen im betrachteten Zeitraum seit 2007 verzeichnet wurden. Der Treibgutanteil an Makrophyten lag dabei im Spitzenmonat November um 143 % über dem zehnjährigen Mittelwert. Ursache für diesen Anstieg waren die Niederschläge in dieser Zeit, die zu erhöhten Abflüssen führten und die zu diesem Zeitpunkt brüchigen Pflanzen abtreiben ließen, bis sie an der Rechenanlage der Wasserkraftanlage zurückgehalten wurden. Insgesamt wurden dort 9.144 m³ Pflanzenmaterial entnommen. Zusammen mit den Entnahmen an den Anlagen Stiftsmühle und Harkortsee belief sich der Treibgutanteil im Jahr 2016 auf 15.404 m³, dessen Entsorgung Kosten von rund 100.000 € verursachte.

[5.17]. Ruhrverband: Die Ruhr und ihre Nebengewässer – Tropische Situation der Ruhr. Ruhrgütebericht 2015, S. 85 - 95.

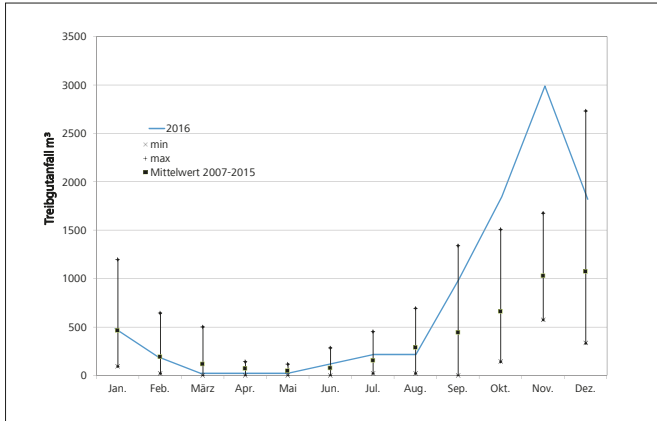


Bild 5.19: Mittelwerte des monatlichen Treibgut anfalls [m³] mit Minimum- und Maximum-Werten an der Rechenanlage des Wasserkraftwerks am Hengsteysee im Zeitraum 2007 bis 2015 sowie der zeitliche Verlauf der Treibgutmengen für das Jahr 2016

Fig. 5.19: Minimum, maximum, and mean amount of floating debris [m³] per month at the screening unit of the Hengsteysee hydropower plant from 2007 to 2015 and this amount in 2016

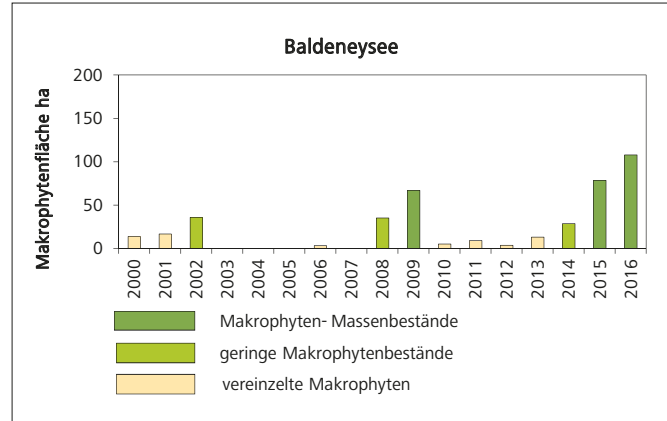


Bild 5.20: Makrophytenflächen im Baldeneysee in den Jahren 2000 bis 2016 (Daten auf Basis von Satelliten- und Luftbilddauswertungen sowie Vor-Ort-Kartierung)

Fig. 5.20: Macrophyte cover in Lake Baldeneysee from 2000 to 2016 (data based on satellite and aerial pictures as well as field mapping)

Die niederschlagsbedingt erhöhten Abflüsse und höheren Fließgeschwindigkeiten zum Ende des Jahres 2016 führten jedoch nicht zu einem völligen Abtreiben der Makrophytenbestände. Wie Kontrollen zum Anfang des Jahres 2017 zeigten, waren trotzdem Reste von Pflanzen verblieben. Aus diesen Restbeständen wird mit steigenden Wassertemperaturen im Frühjahr ein Wiederaustrieb erfolgen, so dass zu erwarten ist, dass die Makrophyten im Jahr 2017 in den beiden oberen Stauseen früh die Wasseroberfläche erreichen und hierdurch den Wassersport behindern werden.

Baldeneysee

Während die oberen drei Ruhrstauseen Hengstey, Harkort und Kemnade seit dem Jahr 2000 nur noch selten vom Phytoplankton dominiert, sondern in den letzten Jahren zumeist von *Elodea nuttallii* und in geringerem Maße auch von anderen Makrophytenarten bewachsen wurden, stellte sich die Situation bereits im Vorjahr im Baldeneysee anders da.

Bis zum Jahr 2014 herrschte fast immer ein Phytoplankton-dominiertes Zustand (Bild 5.20). Nur im Jahr 2009 hatten sich im Bereich der Regattastrecke ausgedehnte *Elodea*-Bestände gebildet, so dass eine partielle Mahd zur Aufrechterhaltung der Wassersportnutzung notwendig wurde. Diese Situation der ausgedehnten Makrophytenbestände im Baldeneysee wiederholte sich im Jahr 2015 erneut, wobei sich zunächst kleinere Makrophyteninseln bildeten, die zum Herbst hin in Summe eine Fläche von etwas über 78 ha erreichten. Diese Inseln bestanden nicht allein aus *Elodea nuttallii*, sondern es handelte sich um artenreiche Mischbestände aus *Elodea nuttallii*, vergesellschaftet mit Igelkolben (*Sparganium emersum*), Hornkraut (*Ceratophyllum demersum*), Pfeilkraut (*Sagittaria sagittifolia*), Ähriges Tausendblatt (*Myriophyllum spicatum*),

Nußfrüchtigem Wasserstern (*Callitriche obtusangula*), Kleinem Laichkraut (*Potamogeton berchtoldii*), Flutendem Hahnenfuß (*Ranunculus fluitans*), Stachelspitziger Glanzleuchteralge (*Nitella mucronata*) sowie fädigen Grünalgen aus der Gruppe der Cladophorales in variierenden Häufigkeiten. Anders als *Elodea nuttallii*, die im Herbst brüchig wird und mit dem überwiegenden Teil der Bestände abtreibt, so dass eine Wiederbesiedlung im folgenden Frühjahr aus kleinen Restbeständen erfolgen muss, sind die meisten der neu hinzugekommenen heimischen Wasserpflanzenarten wintergrün. Dies bedeutet, dass diese Pflanzen zwar auf Grund der geringen Wassertem-



Bild 5.21: Baldeneysee auf Höhe Hafen Scheppen am 17.06.2016
Fig. 5.21: Lake Baldeney at the Scheppen harbour on June 17, 2016

peraturen und Belichtungsintensitäten im Winter nicht mehr weiter wachsen, aber die vorhandenen Bestände nur wenig an Biomasse verlieren und in ihrer Bestandsdichte kaum zurückgehen. Im Frühjahr 2016 konnten diese wintergrünen Arten bei steigenden Wassertemperaturen ihr Wachstum wieder aufnehmen und erreichten bereits Anfang Juni die Wasseroberfläche (Bild 5.21). Zu diesem Zeitpunkt waren die Pflanzen von *Elodea nuttallii* im Baldeneysee noch niederwüchsig und schütter in ihren Beständen. Auf Grund des schnellen Wachstums von *Elodea nuttallii* holte diese Art aber den Vorsprung der wintergrünen Arten im Laufe des Sommers ein, so dass sie im Stauseebogen wieder auf ausgedehnten Flächen die Wasseroberfläche erreichte. Auch die Bestände im mittleren Bereich des Baldeneysees waren im September 2016, zum Zeitpunkt der Luftbilderfassung der maximalen Bestandsausdehnung (Bild 5.22), Mischbestände aus *Elodea nuttallii* und heimischen wintergrünen Arten. Auffällig war im Jahr 2016, dass sich ein dichter Teppich fädiger Grünalgen an die Pflanzen anheftete, sobald diese die Wasseroberfläche erreichten. Dieser Teppich löste sich im Laufe des Sommers stellenweise von den Makrophytenbeständen ab und trieb seeabwärts.

Bild 5.22 zeigt den Verlauf der Ausbreitung der Makrophytenbestände im Baldeneysee seit dem Jahr 2013. Deutlich werden die zunehmenden Flächen vom flachen Stauseebogen ausgehend seeabwärts. Ab dem Jahr 2015 ist das Auftreten von ausgedehnten Beständen auch im mittleren Seebereich auf Höhe des Hafens Scheppen erkennbar. Dieser Bereich hatte sich im Jahr 2016 weiter vergrößert, so dass nun auch kleine Makrophytenflächen bis zum Seaside Beach und bis in Wehrnähe auf dem Luftbild erkennbar sind. Insgesamt waren im Jahr 2016 rund 108 ha des Baldeneysees, das entspricht rund 40 % der Seefläche, mit Makrophyten, die die Oberfläche erreichten oder kurz darunter standen, bewachsen. Ursache für diese fortschreitende Ausbreitung der Makrophytenbestände ist die seit einigen Jahren zu beobachtende sehr geringe Phytoplanktondichte im Baldeneysee (siehe oben), die durch die invasive Einwanderung der planktonfressenden Asiatischen Körbchenmuschel *Corbicula* verursacht wird (vgl. Kap. 8). Die vom Ufer erkennbare auffällige Klarheit des Wassers im Baldeneysees führt dazu, dass nun auch in den tieferen Seebereichen ausreichend Licht den Gewässergrund erreicht und dort ein Makrophytenwachstum ermöglicht.



Bild 5.22: Makrophytenflächen im Baldeneysee (Auswertung auf Basis der Überfliegungen am 07.10.2013, 02.10.2014, 30.09.2015 und 13.09.2016). Gut erkennbar ist die fortschreitende Ausdehnung der Makrophytenflächen seeabwärts bis in den unteren Bereich des Baldeneysees
Fig. 5.22: Macrophyte cover in Lake Baldeney (maps based on aerial pictures taken on October 7, 2013, October 2, 2014, September 30, 2015, and September 13, 2016). Macrophytes are progressively extending their cover range river downwards

Die Ergebnisse der bivariaten Auswertung abiotischer Faktoren zur Prognose des Ausmaßes der sich einstellenden Makrophytenbestände sind nach derzeitigem Kenntnisstand nur auf die *Elodea nuttallii*-dominierten oberen drei Ruhrstauseen anzuwenden. Abhängigkeiten für den Baldeneysee und die dort neben *Elodea nuttallii* vorkommenden hochwüchsigen heimischen wintergrünen Arten zu formulieren, ist auf Grund zu geringer Datenbasis mit nur in den Jahren 2015 und 2016 herrschender Makrophytendominanz noch nicht möglich.

Bereits im Frühjahr 2016 wurde deutlich, dass sich, wie im Vorjahr, Makrophytenbestände im Baldeneysee bilden würden und diese sogar bis in die Regattabahnen reichen könnten. Deshalb wurde das verbandseigene Mähboot auf dem Baldeneysee belassen, um die Bestände, sobald sie die Wasseroberfläche erreicht haben, durch Mahd reduzieren zu können. In der Zeit vom 14. Juni bis 08. August war das Mähboot Manati, z.T. in doppelter Schicht, auf dem Baldeneysee im Einsatz und konnte in dieser Zeit 1.053 m³ bzw. rund 232 Tonnen, Pflanzenmaterial aus dem See entfernen. Dessen Abtransport und Entsorgung verursachten Kosten von knapp 18.000 €.

Grundsätzlich ist die Mahd als Maßnahme zwar geeignet, Wasserpflanzenbestände, die die Wasseroberfläche erreicht haben, in Grundnähe einzukürzen, so dass sie z.B. die Wassersportnutzung nicht mehr behindern. Durch schnelles Wachstum erfolgt jedoch immer wieder zeitnah eine Wiederverkrautung.

Der Ruhrverband sucht daher weiterhin nach Maßnahmen, um die Wasserpflanzenbestände nachhaltig reduzieren zu können. Eine theoretische Möglichkeit besteht darin, statt die Pflanzen über Grund abzuschneiden, diese vollständig inklusive ihrer Wurzeln aus dem Sediment zu lösen. Dies kann z.B. durch einen auf das Sediment gerichteten Wasserstrahl erfolgen. In den Niederlanden wird ein solches Hydroventuri-System auf einem Boot eingesetzt, um verkrautete Grachten und

Kanäle makrophytenfrei zu halten. Nach Aussagen der Betreiber sind mit dem Hydroventuriboot behandelte Flächen in den nachfolgenden drei bis vier Jahren frei von erneutem Bewuchs. Um die Wirksamkeit einer solchen Technik für die Makrophytenbestände der Ruhrstauseen zu testen, wurde der versuchsweise Einsatz eines solchen Bootes im Baldeneysee mit den Aufsichtsbehörden vereinbart. Dieser Einsatz, der technisch bedingt nur bis zu einer Gewässertiefe von 2,5 m möglich ist, sollte von einem detaillierten Monitoring begleitet werden. Hierbei sollte nicht nur die Wirksamkeit der Maßnahme auf die Wasserpflanzenbestände getestet werden, sondern auch geprüft werden, ob hierdurch die Wasserqualität des Baldeneysees bzw. der Ruhr beeinträchtigt wird. Zudem sollte untersucht werden, ob durch diese Maßnahme die Wirbellosenfauna in den Testfeldern geschädigt wird. Auf eine Überprüfung von Effekten auf die Fischfauna wurde verzichtet, da Fische den Bereichen, in denen die Maßnahmen durchgeführt werden, ausweichen können. Für den testweisen Einsatz des Hydroventuriboats wurden im Juni 2016 zwei Testfelder im Baldeneysee vor dem Hafen Scheppen (Testfeld 1: dichte Makrophytenbestände; Testfeld 2: geringe Makrophytenbestände) ausgetonnt und vor der Versuchsdurchführung durch eine Unterwasserkartierung von Tauchern in ihren Makrophytenbeständen erfasst. Direkt nach der Durchführung der Versuche erfolgte eine erneute Betauchung, um akute Effekte zu erfassen. Eine weitere Betauchung ca. einen Monat nach der Maßnahme sollte die Dauerhaftigkeit der Wirkung prüfen. Am 08. und 09. Juni 2016 wurden beide Testfelder mit dem Hydroventuriboot bearbeitet (Bild 5.23). Anders als in den Grachten, in denen die losgespülten Pflanzen aufschwimmen, geschah dies bei den Makrophyten im Baldeneysee kaum. Statt dessen sanken die losgespülten Pflanzen z.T. direkt wieder auf den Gewässergrund ab, so dass sich deren Entnahme mittels Sammelboot als kompliziert darstellte (Bild 5.24). Tabelle 5.2 fasst die Situation der Makrophytenbestände in den beiden Testfeldern vor, direkt nach und einen Monat nach der Maßnahme



Bild 5.23: Testeinsatz eines Hydroventuri-Boots, um mittels Wasserstrahl Wasserpflanzenbestände unter Wasser mit Wurzeln aus dem Sediment vollständig herauszulösen

Fig. 5.23: Test run with a Hydroventuri boat, designed to completely remove aquatic plants with their roots from the sediment with an under-water jet stream



Bild 5.24: Entnommene Makrophytenmenge nach zweitägigem Hydroventuri-Einsatz. Das Material ist ein Gemisch aus Wasserpflanzen, Steinen und Müll.

Fig. 5.24: Volume of removed macrophytes after using the Hydroventuri boat for two days: a mixture of aquatic plants, stones and waste.

zusammen. Die Bilder 5.25 visualisieren für das Testfeld 1 mit dichten Makrophytenbeständen die Wirkung des Hydroventuri-Systems. Durch den Wasserstrahl des Hydroventuriboats wurden die Makrophytenbestände, die vorher bis an die Wasseroberfläche reichten, deutlich reduziert, so dass an der Wasseroberfläche keine Pflanzen mehr zu erkennen waren. Die Tauchuntersuchungen ergaben aber, dass direkt nach der Maßnahme immer noch 5 bis 15 % der Fläche mit Makrophyten bzw. fädigen Algen bewachsen waren. Dabei war auffällig, dass in den Mischbeständen im Testfeld 1 *Elodea nuttallii* vor der Maßnahme mit mittleren Häufigkeiten (Klasse 3, vgl. Tabelle 5.3) vorkam und diese Häufigkeit sowohl direkt nach der Maßnahme, als auch einen weiteren Monat später unverändert blieb. In der anderen Testfläche, sowie für die anderen Makrophytenarten in beiden Testflächen zeigte sich eine deutliche Reduktion durch den Einsatz des Hydroventuri-bootes. Es verblieben jedoch auf beiden Flächen überall kleine Makrophytenreste, aus denen eine Wiederbesiedlung erfolgen kann. Dies bestätigte sich bei der erneuten Bestandsaufnahme einen Monat nach der Maßnahme, die eine deutliche Zunahme der Bewuchsdichte ergab. Anders aber als bei den getesteten mechanischen Maßnahmen im Jahr 2015 [5.18] über-

[5.18] Kohler, A.: Methoden der Kartierung von Flora und Vegetation von Süßwasserbiotopen. Landschaft und Stadt 1978, 10, S. 73 – 85.

Tabelle 5.2: Monitoring-Ergebnisse der Hydroventuri-Maßnahmen in den Testfeldern „Dichter Bewuchs“ und „Geringer Bewuchs“ im Baldeneysee auf Höhe des Hafens Scheppen in jeweils zwei Tiefenstufen. Bedeckung der dominierenden Makrophytenarten in Häufigkeitsklassen nach [5.19]

Table 5.2: Monitoring results of the Hydroventuri measures on the trial fields “dense vegetation” and “little vegetation” in Lake Baldeney at the Scheppen harbour for two depth levels each. Cover of dominating macrophyte species by frequency class according to [5.18]

	vor Maßnahme		nach Maßnahme		1 Monat nach Maßnahme	
	0-1 m	1-2 m	0-1 m	1-2 m	0-1 m	1-2 m
Vegetationsbedeckung (%)	60	90	5	15	15	25
Wasserstern (<i>Callitriche obtusangula</i>)	3	4	2	2	2	2
Nuttall's Wasserpest (<i>Elodea nuttallii</i>)	3	3	3	3	3	3
Berchtolds Laichkraut (<i>Potamogeton berchtoldii</i>)	0	3	0	1	1	1
Ähriges Tausendblatt (<i>Myriophyllum spicatum</i>)	2	2	0	1	0	2
Hornkraut (<i>Ceratophyllum demersum</i>)	0	2	2	2	2	3
Stachelspitzige Glanzleuchteralge (<i>Nitella mucronata</i>)	1	1	2	2	3	2
Haar-Laichkraut (<i>Potamogeton trichoides</i>)	0	2	0	0	0	0
Fädige Grünalgen	4	4	3	3	3	4

	vor Maßnahme		nach Maßnahme		1 Monat nach Maßnahme	
	0-1 m	1-2 m	0-1 m	1-2 m	0-1 m	1-2 m
Vegetationsbedeckung (%)	50	60	< 1	5	5 - 10	15
Wasserstern (<i>Callitriche obtusangula</i>)	4	4	2	3	3	3
Nuttall's Wasserpest (<i>Elodea nuttallii</i>)	3	4	2	2	3	3
Berchtolds Laichkraut (<i>Potamogeton berchtoldii</i>)		2		1		2
Ähriges Tausendblatt (<i>Myriophyllum spicatum</i>)		1		1		1
Hornkraut (<i>Ceratophyllum demersum</i>)		1		1		2
Einfacher Igelkolben (<i>Sparganium emersum</i>)		2		1	1	1
Stachelspitzige Glanzleuchteralge (<i>Nitella mucronata</i>)		3		2		2
Haar-Laichkraut (<i>Potamogeton trichoides</i>)		2		1		1
Fädige Grünalgen	5	4	3	3	3	4



Bild 5.25: Gewässergrund des Baldeneysees vor und nach Einsatz des Hydroventuri-Systems. Auch nach der Maßnahme finden sich Pflanzenfragmente, die nach einem Monat weiter gewachsen sind und zudem dicht mit Fadenalgen überwuchert sind. Bild: van de Weyer, lanaplan
 Fig. 5.25: Bottom of Lake Baldeney after using the Hydroventuri system. Even after application, plant fragments have continued to grow after a month and are densely covered with thread algae. Photo: van de Weyer, lanaplan

stiegen die Dichten einen Monat nach dem Hydroventuri-einsatz aber nicht diejenigen vor Durchführung der Maßnahme. Eine erneute Bestandsaufnahme im Frühjahr 2017 wird zeigen, ob sich die Pflanzenbestände in den Hydroventuri-Testfeldern anders entwickeln als in den angrenzenden Bereichen, d.h. ob diese Maßnahme, wenn auch nicht zu einer völligen Elimination, so aber doch zu einem längerfristig wirksamen Effekt geführt hat.

Tabelle 5.3: Schätzskala der Häufigkeit nach [5.18]
 Table 5.3: Estimated scale of frequencies according to [5.18]

Skala	
1	sehr selten
2	selten
3	verbreitet
4	häufig
5	sehr häufig bis massenhaft

Für das Monitoring der Wasserqualität während und nach der Versuchsdurchführung wurden Wasserproben ortsnah zu den Testfeldern, etwa 500 m unterhalb der Testfelder und im Auslauf des Baldeneysees, jeweils einen Meter unterhalb der Wasseroberfläche entnommen. Tabelle 5.4 stellt die Ergebnisse der chemischen Untersuchungen mit ihren Extremwerten im Vergleich zu denen im Auslauf des Baldeneysees und in der Ruhr in Essen-Rellinghausen dar. Durch die Hydroventuri-Maßnahme kam es kurzzeitig zu einer Zunahme von Schwebstoffen in der Wasserphase. Die Tabelle 5.4 zeigt jedoch deutlich, dass die meisten Höchstwerte während der Versuchsdauer die natürlicherweise auftretenden Maxima in der Ruhr nicht überschritten haben. Auch die Konzentrationen der Schwermetalle blieben weit unter den vorgeschriebenen Anforderungen der OGewV [5.4]. Das Gleiche gilt auch für $\text{NH}_3\text{-N}$ bzw. $\text{NH}_4\text{-N}$. Hier betrug während des Versuchs selbst der Maximalwert nur ein Zehntel des zulässigen Grenzwertes für episodische Einleitungen [5.18]. Lediglich beim Sauerstoff lagen während der Versuchsdauer wenige Messwerte im Bereich des Überwachungswerts von 4 mg/l [5.19]. Am Morgen nach dem Einsatz des Hydroventuri-systems waren für die meisten untersuchten Parameter wieder Verhältnisse vorhanden, die für den Baldeneysee üblich sind.

Tabelle 5.4: Statistische Parameter des chemischen Hydroventuri-Monitorings (2016), der Ruhr bei Essen-Rellinghausen (2015) und des Baldeneysee-Auslaufs (2015)
 Table 5.4: Statistical parameters of the chemical Hydroventuri monitoring (2016), of the Ruhr at Essen-Rellinghausen (2015) and the outlet of Lake Baldeney (2015)

		Baldeneysee/Versuch		Grenz- wert	Ruhr bei Essen			Auslauf Baldeneysee		
		Minimum	Maximum		Minimum	Mittelwert	Maximum	Minimum	Mittelwert	Maximum
		8. - 10.6.2016			2015			2015		
Wassertemperatur	°C	19,7	23,2		3	12,5	24,2	3,38*	13,2*	27,5*
pH-Wert		7,5	8,4		7,5	7,9	8,5	7,4*	7,9*	9,2*
Elektrische Leitfähigkeit	µS/cm	394	422		224	462	665	254*	476*	689*
Sauerstoff	mg/l	3,9	13,2	4,0 ²⁾	6,8	10,3	13,5	6,2*	10,7*	16,0*
Sauerstoffsättigungsindex	%	43	150		77	95	109	73*	106*	232*
Trübung	FNU	1,6	36		0,70	7,0	150	0,89*	4,9*	100*
Sichttiefe	m	0,3	2,5		n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.
Abfiltrierbare Stoffe	mg/l	1,6	34,6		0,4	6,5	157	0,6	3,8	9,3
Glührückstand	mg/l	1,2	25,8		0,1	4,8	130	0,2	2,2	5,0
Glühverlust (ber.)	mg/l	0,4	8,8		0	1,8	27	0,1	1,6	4,3
TOC	mg/l	3,7	5,0		2,0	3,5	12,0	2,0	3,1	4,2
DOC	mg/l	3,3	4,7		1,2	2,7	4,7	1,8	2,6	3,7
BSB ₅ (ohne ATH)	mg/l	0,8	2,1		0,4	1,5	6,9	0,7	2,0	4,7
NH ₄ -N	mg/l	0,02	0,39		<0,01	0,05	0,14	0,02	0,05	0,11
NH ₃ -N	mg/l	0,001	0,01	0,10 ²⁾	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.
TP	mg/l	0,093	0,19		0,040	0,12	0,32	0,063	0,10	0,16
o-PO ₄ -P	mg/l	0,040	0,10		0,016	0,065	0,11	0,003	0,050	0,11
Aluminium	µg/l	32	980		10	170	3800	29	91	210
Blei	µg/l	0,46	7,8	14 ¹⁾	0,23	1,4	29	0,37	0,83	2,9
Cadmium	µg/l	0,05	0,20	0,6 ¹⁾	0,03	0,06	0,61	0,02	0,04	0,08
Kupfer	µg/l	2,8	11		1,6	3,6	25	1,7	2,7	4,3
Chrom	µg/l	1,1	5,3		<0,5	1,0	13	0,5	0,7	1,1
Nickel	µg/l	1,8	6,3	34 ¹⁾	1,0	2,8	15	1,1	2,4	3,3
Zink	µg/l	4,2	45		5,8	17	160	6,2	12	23
Eisen	mg/l	0,07	2,0		0,06	0,36	6,4	0,08	0,22	0,43
Mangan	mg/l	0,03	0,4		0,014	0,05	0,4	0,03	0,06	0,13

¹⁾ ZHK-UQN, OGeWV Anlage 8 (20.6.2016)

²⁾ BWK M7, Häufigkeits-Dauer-Grenzwerte (n<0,5/a; Dauer >6h)

*Messstationsdaten

Es bleibt festzustellen, dass bei dieser durchgeführten Maßnahme die temporär angestiegenen Konzentrationen einzelner Wasserinhaltsstoffe zu keiner bedenklichen Situation der Wasserbeschaffenheit im Baldeneysee führten. Durch Sedimentationsvorgänge wurde zudem innerhalb kurzer Zeit wieder der Ausgangszustand der physikalisch-chemischen Verhältnisse im Baldeneysee erreicht.

Die Beprobung des Makrozoobenthos in den Testfeldern erfolgte in Anlehnung an das PERLODES-Verfahren unter Wasser durch Taucher. Die Auswertung wurde mit der Software Asterics 4.04 durchgeführt. Die Ergebnisse zeigen, dass weder die gefundenen Taxa noch deren Dichten durch den Hydroventuri-Einsatz negativ beeinflusst wurden (Bild 5.26). Dies bedeutet, dass trotz der Umlagerung der oberen Sedimentschicht die Artendiversität des Makrozoobenthos nicht beeinträchtigt wurde.

Die höhere Abundanz einen Monat nach der Maßnahme ist dadurch begründet, dass die kleinräumig neu entstandenen, unbewachsenen sandigen Flächen (vgl. Bild 5.25) als neuer Lebensraum fungieren und daher von typischen Pionierarten – in der Auswerte-Software Asterics als r-Strategen bezeichnet – in erhöhten Dichten als Habitat genutzt wurden (Bild 5.27).

Kettwiger Stausee

Im Kettwiger Stausee zeigten sich im Jahr 2016 – anders als im Jahr zuvor – nur geringe Flächen, die von *Elodea nuttallii* bewachsen waren. Während im Jahr 2015 noch 7,2 ha mit Ma-

[5.19] BWK: BWK-Merkblatt 7, Detaillierte Nachweisführung immissionsorientierter Anforderungen an Misch- und Niederschlagswasserleitungen gemäß BWK-Merkblatt 3. 2008, Stuttgart..

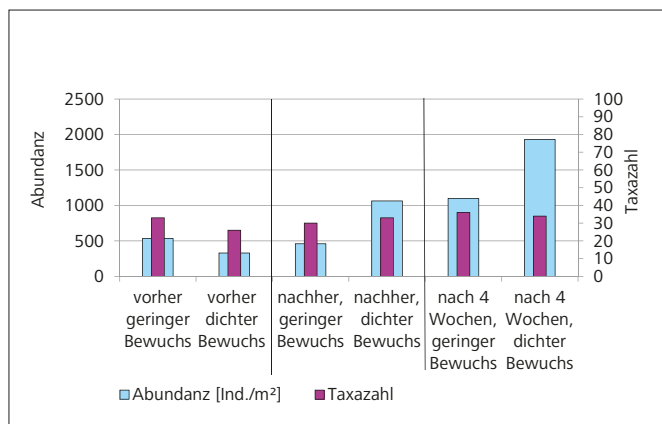


Bild 5.26: Abundanz und Taxazahlen des Makrozoobenthos in den Testfeldern mit dichtem und geringem Bewuchs im Baldeneysee vor und nach dem Einsatz des Hydroventuriboots am 08. und 09.06.2016.

Fig. 5.26: Abundance and numbers of taxa of macroinvertebrates in the trial fields with dense and little vegetation in Lake Baldey, before and after using the Hydroventuri boat on June 8 and 9, 2016.

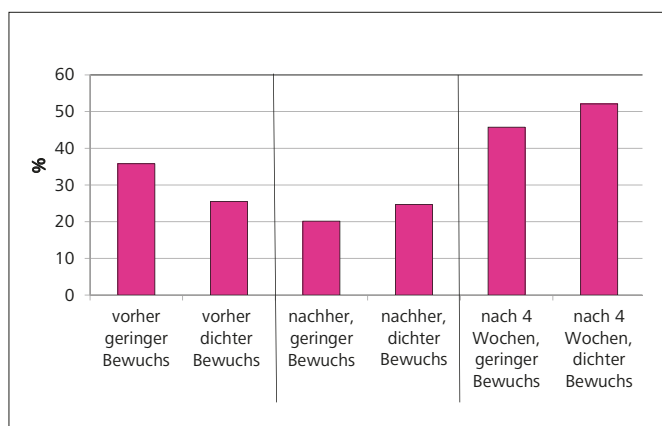


Bild 5.27: Anteil der Pionierarten des Makrozoobenthos in den Testfeldern mit dichtem und geringem Bewuchs im Baldeneysee vor und nach dem Einsatz des Hydroventuriboots am 08. und 09.06.2016.

Fig. 5.27: Share of pioneer species in the macroinvertebrates in the trial fields with dense and little vegetation in Lake Baldey, before and after using the Hydroventuri boat on June 8 and 9, 2016.

Zusammenfassung

Das Jahr 2016 zeichnete sich als drittes Jahr in Folge durch sehr geringe Algenkonzentrationen in der unteren Ruhr aus. Demzufolge konnte sich kaum algivores (algenfressendes) Zooplankton entwickeln. Insgesamt stellt sich die untere Ruhr mit ihren Stauseen seit nunmehr drei Jahren als ein planktonarmes Gewässer dar. Als Ursachen werden das in den oberen Ruhrstauseen verstärkte Auftreten von Makrophyten mit ihrem konkurrierenden Nährstoff- und Lichtbedarf bzw. der zunehmende Einfluss von algenfressenden *Corbicula*-Muscheln angesehen. Der durch diese Entwicklung zu verzeichnende ausgeglichene Sauerstoffhaushalt kann als positiv für die gesamte Fauna angesehen werden. Bestandserhebungen im Baldeneysee in 2015 haben gezeigt, dass trotz des deutlichen Rückgangs des als Fischnahrung dienenden Zooplanktons derzeit keine negativen Auswirkungen auf die Fischfauna festzustellen waren.

Wie in den letzten sechs Jahren wurden die oberen drei Ruhrstauseen auch im Jahr 2016 in ihrer Trophie wieder durch Makrophyten dominiert, die die Wassersportnutzung beeinträchtigen und bei der Entsorgung von Mähgut sowie als Treibgut vor den Rechenanlagen hohe Kosten verursachen. Im Baldeneysee breiteten sich die im Jahr 2015 plötzlich aufgetauchten Makrophyteninseln im Folgejahr weiter aus und bedeckten in Summe rund 40 % der Seefläche. Dabei erreichten die wintergrünen Wasserpflanzenarten der letztjährigen Makrophyteninseln bereits Anfang Juni im Bereich des Hafens Scheppen die Wasseroberfläche. Die *Elodea nuttallii*-dominierten Bestände folgten im weiteren Verlauf des Sommers nach. Da sich die Bestandsflächen bis in die Regattabahnen ausdehnten, wurde das verbandseigene Mähboot zur Reduzierung der Bestände im Baldeneysee eingesetzt und für den ebenfalls stark verkrauteten Kemnader See ein weiteres Mähboot angemietet.

Als eine mögliche nachhaltig wirksame Maßnahme zur Reduzierung der Makrophytenbestände wurde im Baldeneysee ein Hydroventuriboot getestet. Dieses ist mittels Wasserstrahl in der Lage, ohne negative Auswirkungen auf die Wasserqualität und das Makrozoobenthos die Makrophytenbestände kurzfristig zu reduzieren. Jedoch verblieben Restbestände, aus denen eine rasche Wiederbesiedlung erfolgte.

krophyten bewachsen waren, beschränkten sich die Bestände im Jahr 2016 nur noch auf eine Fläche von rund 1,7 ha. Diese zogen sich vor allem entlang der Ufer und waren im Bereich des linken Ufers vor dem Campingplatz gegenüber der Kettwiger Rudergesellschaft e.V., das im vorigen Jahr stark verkrautet war, in ihrer Ausdehnung eher gering. Da eine erneute Zunahme der Makrophytenbestände im Kettwiger See in den zukünftigen Jahren jedoch nicht auszuschließen ist (Auswirkung der Invasion der Asiatischen Korbchenmuschel *Corbicula*, vgl. Kap. 8), wird die Entwicklung der Makrophytenbestände in diesem untersten der fünf Ruhrstauseen weiterhin kritisch beobachtet.

6 Talsperrenuntersuchungen – Hennetalsperre

Allgemeines

Der Ruhrverband besitzt und bewirtschaftet im Sauerland die Henne-, Möhne-, Sorpe-, Verse-, Fürwigge-, Ennepe-, Bigge- und Listertalsperre. Mit einem Gesamtstauinhalt von 463 Mio. m³ dienen diese vor allem der Niedrigwasseraufhöhung, um eine Trinkwassergewinnung durch Grundwasseranreicherung an der Ruhr auch in abflussarmen Zeiten zu gewährleisten. In abflussreichen Zeiten steht der Hochwasserschutz im Vordergrund. Abflussspitzen können wirksam gemildert werden, so dass Überflutungen und Folgeschäden in einem deutlich geringeren Ausmaß auftreten als ohne den Wasserrückhalt in den Staukörpern. Neben diesen primären wasserwirtschaftlichen Aufgaben dienen die Talsperren sowohl der Energieerzeugung mit 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 aber auch Analysen und Bewertungen der einzelnen Wasserkörper. Diese limnologischen Untersuchungen dienen dazu, das Ziel der Verbesserung der Trophie bis zu mindestens mesotrophen Verhältnissen zu überprüfen, sonstige Güteveränderungen zu erkennen und ggf. 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 Talsperren. Unterstützt wurden und werden diese Maßnahmen zum Aufbau und Erhalt ökologisch intakter Talsperrengewässer mit Hilfe der seit 25 Jahren etablierten fischereilichen Bewirtschaftung, die lebensraumspezifisch durchgeführt wird. Dazu gehören u.a. Besatzmaßnahmen von 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 15 Jahren die Entwicklung, dass negative Eutrophierungserscheinungen (z. B. Algenmassenentwicklungen) seltener werden.

Die limnologischen Untersuchungen der Ruhrverbandstalsperren einschließlich der verschiedenen Zuflüsse und des Auslaufs blicken auf eine über 45-jährige Geschichte zurück. Dabei wurde das Untersuchungskonzept, wie Probenahmefrequenz und Untersuchungsumfang, den sich ändernden Notwendigkeiten und Anforderungen angepasst. Heute werden die Haupt- und Vorbecken der Talsperren im Winter zweimal an der Oberfläche und in der Vegetationsperiode siebenmal an

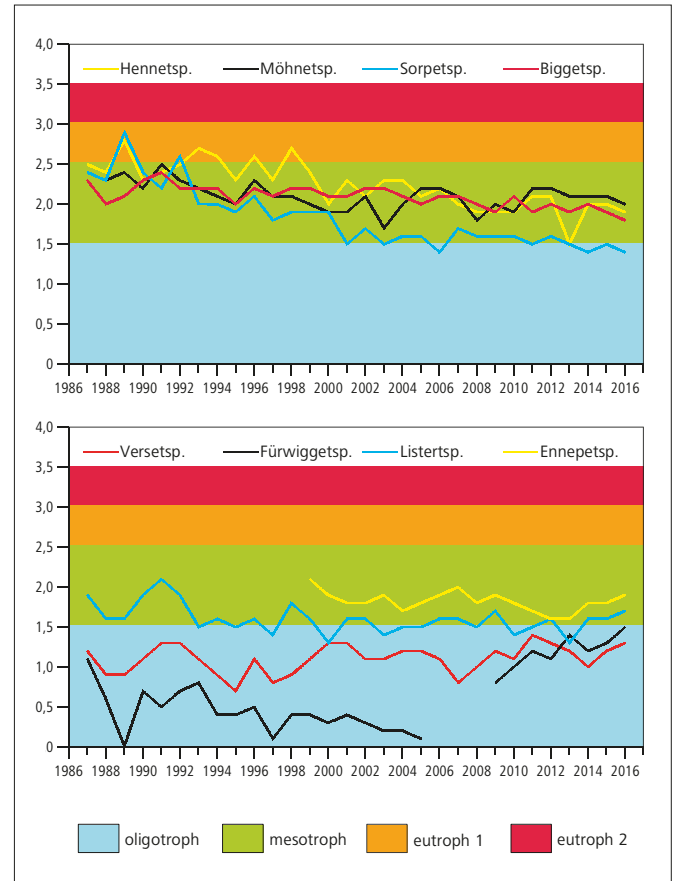


Bild 6.1: Entwicklung der Trophie in den letzten 30 Jahren in den Ruhrverbandstalsperren entsprechend der überarbeiteten Richtlinie für die Trophieklassifikation von Talsperren (LAWA 2013)
Fig. 6.1: Development of the trophic status in the Ruhrverband's reservoirs during the last 30 years according to the revised directive for the trophic classification of reservoirs (LAWA 2013)

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 liegen, wird durch die Wahl der Probenahmestellen und die Festlegung der jeweiligen Probenahmetiefen vor Ort durch Online-Messverfahren Rechnung getragen. Darüber hinaus werden die Nährstoffeinträge über die Zuflüsse und durch den auf die Talsperre fallenden Niederschlag bestimmt. Die Ergebnisse dieser limnologischen Untersuchungen 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].

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

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 einmal die Phosphorkonzentration während der Vollzirkulation bestimmt. In Bild 6.1 ist die dreißigjährige Entwicklung der Trophie der Ruhrverbandstalsperren dargestellt.

Während sich bis in die 1980er Jahre hinein die Henne-, Möhne-, Sorpe- und Biggetalsperre zeitweise noch als eutrophe Gewässer darstellten, befinden sich diese Talsperren schon seit 25 Jahren –die Hennetalsperre seit 16 Jahren– stabil in einem mesotrophen Zustand. Hervorzuheben ist hier die Sorpetalsperre, an der aufgrund abwassertechnischer Maßnahmen der Nährstoffeintrag so weit verringert werden konnte, dass diese sich im unteren mesotrophen und teilweise schon im oligotrophen Bereich bewegt. Die erst später einsetzende Reoligotrophierung an der Hennetalsperre ist auf die massive Entwicklung von Cyanobakterien („Blaualgae“), hier maßgeblich *Planktothrix (Oscillatoria) rubescens*, von etwa dem Jahr 1987 bis Ende der 1990er Jahre zurückzuführen. Heute spielt diese „Blaualge“ in der Hennetalsperre wie in anderen Talsperren des Ruhrverbands, in denen sie ebenfalls regelmäßig vorkommt, nur noch eine untergeordnete Rolle. Allerdings wurden bisher an diesen nicht die Massenentwicklungen wie früher an der Hennetalsperre beobachtet. Der Trophiegrad hat an den oben genannten Talsperren in den letzten fünf Jahren tendenziell abgenommen.

Die Listertalsperre, die als ein Vorbecken der Biggetalsperre betrieben wird, bewegt sich in diesem Jahr am unteren Rand der Mesotrophie, war aber in den letzten 15 Jahren zum Teil auch als oligotroph einzustufen. Die Verse- und Fürwiggetalsperre, deren Einzugsgebiete durch Wälder dominiert sind, weisen im gesamten Betrachtungszeitraum oligotrophe Verhältnisse auf. Wie bei der Verse-, Lister- und Fürwiggetalsperre hat sich in der Ennepetalsperre in den letzten drei Jahren der Trophiegrad leicht aber stetig erhöht.

Die Unterschiede in der Entwicklung der Trophie zwischen den „kleinen“ Talsperren im unteren Teil des Bildes 6.1 und den „großen“ Talsperren im oberen Teil sind in den letzten Jahren sehr auffällig. Hier spielen ursächlich die veränderten klimatischen Bedingungen mit einer früh, noch vor der thermischen Schichtung einsetzenden Vegetationsperiode zusammen mit der Größe bzw. Tiefe der Talsperre eine entscheidende Rolle. Das bedeutet, dass das Frühjahrsmaximum der Algenentwicklung mit den dominanten Diatomeen (Kieselalgen) noch im Zeitraum der Vollzirkulation auftritt. Auch der mikrobielle Abbau des abgestorbenen Phytoplanktons passiert zum Teil noch in dieser Phase. Diese Prozesse haben je nach Zeitpunkt, Tiefe und Volumen unterschiedliche Auswirkungen auf die limnologischen Verhältnisse in den einzelnen Talsperren.

In den volumenmäßig kleineren Talsperren mit einer geringeren Tiefe gelangt die abgestorbene Biomasse der Kieselalgen vergleichsweise schnell auf den Gewässergrund und wird dort mikrobiell abgebaut. Bei diesem Mineralisierungsprozess entstehen u.a. lösliche Phosphorverbindungen, die bei einer vorhandenen Vollzirkulation wieder in die trophogene Zone, in der hauptsächlich die Primärproduktion stattfindet, transportiert werden. Dieser Vorgang wird als kurzgeschlossener Nährstoffkreislauf bezeichnet. Die Erhöhung der Phosphorkonzentration in der oberflächennahen Schicht bleibt auch in der Stagnationsphase bestehen und begünstigt so weitere Algenentwicklungen. Die Folge ist ein (rechnerischer) Anstieg der Trophie.

Bei tieferen Talsperren mit einem größeren Volumen dauert einerseits das Absinken der abgestorbenen Biomasse länger und andererseits ist für eine Vollzirkulation mehr Energie erforderlich, so dass der kurzgeschlossene Nährstoffkreislauf deutlich später erfolgt. Falls die thermische Schichtung vor diesem Prozess einsetzt, gelangen die Phosphorverbindungen nicht mehr in die algenproduzierenden Wasserschichten. Die Folge ist eine abnehmende Trophie, da der Phosphor noch vor der zu bewertenden Stagnationsphase der trophogenen Zone entzogen wurde.

Allerdings führt an den mesotrophen Talsperren Henne, Möhne und Bigge der Biomasseabbau noch vor der Stagnationsphase zu einer weiteren Besonderheit. Die übliche grundsätzliche Sauerstoffzehrung, bei der sich die Fische stets oberhalb der sauerstoffärmeren Schichten aufhalten, ist in der Vegetationsperiode deutlich vermindert. Die Folge ist eine an Bedeutung gewinnende metalimnische Sauerstoffzehrung durch den Abbau des leichteren Sommerplanktons (Grün-, Gold- und auch Blaualgae) schon in höheren Wasserschichten. In etwa 10 bis 15 m Tiefe entwickelt sich eine sauerstoffarme Zone, die unter Umständen bis zur Ausbildung eines sauerstofffreien „Riegels“ führen kann. Dieser hindert die sich im kalten Hypolimnion aufhaltenden Fische, wie die Kleine Maräne, am Aufstieg in das sauerstoffreiche Epilimnion. Mit einer zwar langsam aber fortschreitenden hypolimnischen Sauerstoffzehrung können so im Spätsommer oder Herbst lebensbedrohliche Verhältnisse für die Fischfauna entstehen, die eine Sauerstoffanreicherung des Tiefenwassers erfordern. Diese Verhältnisse traten im Jahr 2016 im Hypolimnion der Möhnetalsperre auf, so dass dieses ab dem 19. August 2016 für insgesamt siebeninhalb Wochen mit reinem Sauerstoff begast wurde. An den übrigen Talsperren war dies jedoch nicht erforderlich.

In der versauerten, bis zum Jahr 2006 ultraoligotrophen Fürwiggetalsperre hat sich im Anschluss an eine in den Jahren 2006/2007 durchgeführte Sanierungsmaßnahme, für die die Talsperre entleert wurde, nach dem Wiedereinstau die Trophie nahezu stetig erhöht. Die Gründe sind vor allem die Mineralisierung der während des Abbaus gebildeten terrestrischen Biomasse und die „Evolution“ des Ökosystems, was auch eine Sukzession des Phytoplanktons beinhaltet. Die inzwischen auf 59 Taxa angestiegene Artenzahl zeigt eine blualgenarme, im

Frühjahr von Dinophyceen (Panzerflagellaten) und im Sommer von Chlorophyceen (Grünalgen) geprägte Lebensgemeinschaft. Noch sind die Diatomeen (Kieselalgen) unterrepräsentiert. Vergleicht man diese „Evolution“ mit der Entwicklung Anfang der 1980er bis Ende der 1990er Jahre, als nach fast zwei Jahrzehnten der stabile ultraoligotrophe Zustand erreicht wurde, ist davon auszugehen, dass dieser Prozess noch viele Jahre andauern wird.

Die beschriebenen Trophieschwankungen und besonderen limnischen Verhältnisse können auch als Reaktion auf klimatische Veränderungen gedeutet werden. So haben sich in den letzten Jahren durch die früher beginnende und später endende Vegetationsperiode die Bedingungen für eine planktische Primärproduktion verbessert. Bild 6.2 zeigt die mittleren Wassertemperaturen in der Möhnetalsperre für die letzten 35 Jahre. Sowohl für das Epilimnion als auch das Hypolimnion wurden aus den monatlich erstellten Tiefenprofilen (2/Winter, 7/Sommer) die meterweise bestimmten Temperaturen wassermengengewichtet gemittelt. Um die Bedeutung außergewöhnlicher meteorologischer oder hydrologischer Ereignisse zu relativieren, wurden aus den wassermengengewogenen Temperaturen Mittelwerte über einen jeweiligen Fünfjahreszeitraum (5-Jahresmittelwerte) gebildet.

In den 1980er Jahren wurden epilimnisch 12,3 °C und für das Hypolimnion 8,8 °C im Mittel nicht überschritten. In den 1990er Jahren bewegten sich die entsprechenden Werte um 13 °C im Epilimnion bzw. zwischen 8,8 und 9,1 °C im Hypolimnion. Im Zeitraum der Jahre 2002 bis 2006 lag der sogenannte Jahrhundertsummer (2003), der zwischen April und Oktober außergewöhnlich hohe Lufttemperaturen bis über 35 °C aufwies. Dies machte sich natürlich auch bei der Wassertemperatur der Talsperren im Sauerland bemerkbar. So stieg das 5-Jahresmittel im Vergleich zum vorherigen Zeitraum epilimnisch bis auf 13,6 °C und hypolimnisch sogar um über 0,5 °C auf knapp 9,6 °C an. Die beiden Folgezeiträume wiesen mittlere Temperaturen im Epilimnion um 13,4 und im Hypolimnion um 9,1 °C auf.

Vergleicht man die 1980er Jahre mit dem Zehnjahreszeitraum 2007 bis 2016, ist eine Temperaturerhöhung in der Möhnetalsperre von 1,2 °C im Epilimnion und 0,5 °C im Hypolimnion festzustellen. Diese Erwärmung geht einher mit einem seit Jahren festzustellenden früheren Beginn der Vegetationsperiode aber auch mit der Verlängerung des so genannten „Altweibersommers“ teilweise bis in den November hinein. Natürlich sind diese Verhältnisse nicht jedes Jahr vorhanden, aber die Auswertung von 5-Jahreszeiträumen zeigt anschaulich, dass die dafür erforderlichen Verhältnisse in den letzten Jahren immer häufiger auftreten. Die damit einher gehenden Veränderungen der ökologischen Verhältnisse in der Talsperre erfordern die Anpassung der Bewirtschaftung von Talsperrensystemen, wie beispielsweise Sauerstoffbegasungen im Tiefenwasser, um hypolimnischen Fischsterben vorzubeugen. Dieses war in den letzten vier Jahren zweimal in der Möhnetalsperre der Fall, einem ökologisch intakten, mesotrophen Gewässer.

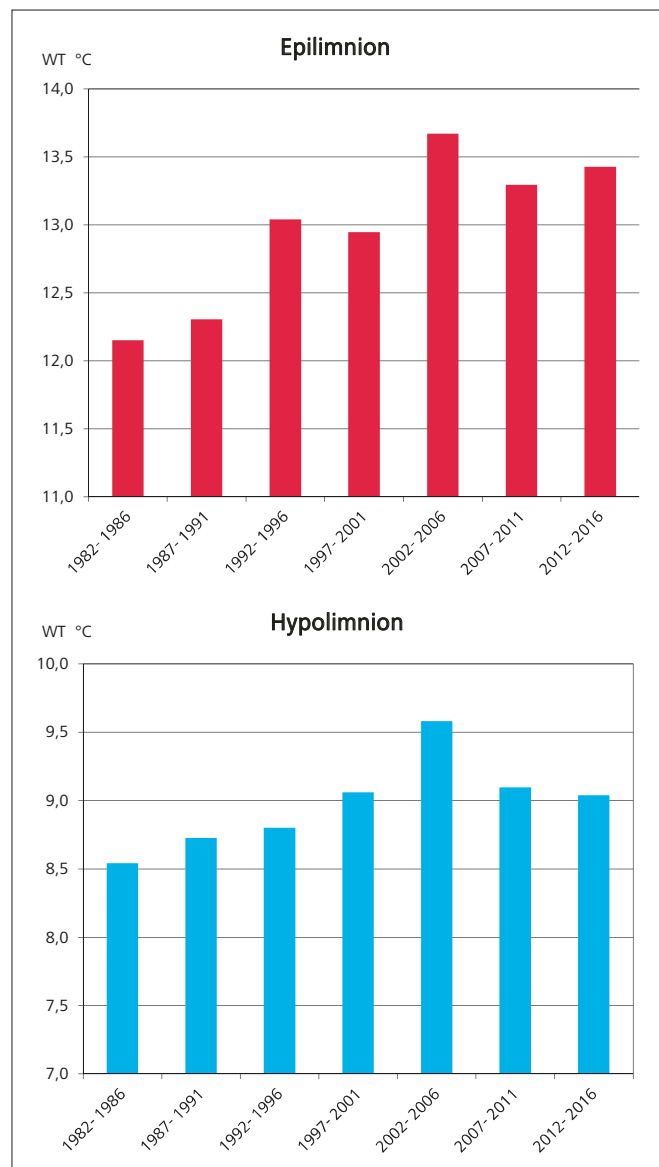


Bild 6.2: Mittlere epi- und hypolimnische Wassertemperaturen in der Möhnetalsperre in den letzten 35 Jahren
Fig. 6.2: Mean epilimnetic and hypolimnetic water temperatures in the Möhne Reservoir during the past 35 years

[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

Insgesamt stellt sich die Nährstoffsituation in den Ruhrverbandstalsperren weiterhin als gut bzw. sehr gut dar, wie die langjährige aber auch aktuelle Entwicklung der Trophie zeigt. Diese wird inzwischen nicht nur durch die vorhandenen Nährstoffkonzentrationen bestimmt, sondern seit mehreren Jahren gewinnen klimatische und dadurch bedingte ökologische Veränderungen an Bedeutung, die z.B. in den kleineren Talsperren durch kurzgeschlossene Nährstoffkreisläufe eine bessere Ausnutzung von vorhandenen Phosphorressourcen bewirken. Diese gilt es weiter zu beobachten und gegebenenfalls bei der Bewirtschaftung zu berücksichtigen. Der erfolgreiche Weg einer Verminderung der Nährstoffeinträge, der ökologisch orientierten Bewirtschaftung und des Erhalts eines funktionierenden Nahrungsnetzes, die die Grundlagen für intakte und attraktive Gewässer schaffen, ist gerade unter dem Aspekt des Klimawandels wichtig und wird weiter fortgesetzt.

Hennetalsperre

Die Hennetalsperre dient der Niedrigwasseraufhöhung der oberen Ruhr, der Energieerzeugung aus Wasserkraft und dem Hochwasserschutz. Sie ist der Mittelpunkt eines beliebten Erholungsgebiets, in dem vielfältige Freizeitaktivitäten möglich sind (Bild 6.3). Die 1955 in Betrieb genommene Talsperre weist bei einer Speicheroberfläche von 2,10 km² einen Gesamtstau-

raum von 38,4 Mio. m³ auf. Die größte Tiefe wird mit 51,8 m ca. 200 m vor dem Damm erreicht. 45 % der Fläche des Einzugsgebiets wird landwirtschaftlich genutzt.

Seit dem Jahr 2016 wird wie aus der Fürwigge-, Verse-, Lister-, Ennepe- und Sorpetalsperre auch aus der Hennetalsperre Rohwasser zur Trinkwassergewinnung entnommen. Die Idee, hier ein Wasserwerk zu errichten, ging auf den sehr trockenen „Jahrhundertsommer“ 2003 zurück. Gerade in solchen extrem trockenen Sommern sind Versorgungsengpässe mit der Trinkwassergewinnung aus der oberen Ruhr nicht gänzlich ausgeschlossen. So begann die erfolgreiche Kooperation zwischen Hochsauerlandwasser (HSW) und Ruhrverband für das Projekt eines Wasserwerks an der Hennetalsperre. Im Jahr 2009 erfolgten durch das Rheinisch-Westfälische Institut für Wasserforschung (IWW) Mülheim und den Ruhrverband umfangreiche Untersuchungen des Talsperrenwassers und der Zuläufe im Einzugsgebiet, an die sich eine gutachterliche Bewertung anschloss. Dies schuf die qualitativen Grundlagen für den Bau eines Wasserwerks an der Hennetalsperre. Im März 2014 erfolgte symbolisch der erste Spatenstich. Da die Nutzungsstruktur im Einzugsgebiet der Hennetalsperre die Einrichtung von Wasserschutz-zonen nicht zulässt, wurde das Wasserwerk mit einer umfangreichen Aufbereitungstechnik ausgestattet. Dazu gehören die Flockung, Ultramembran-, Mehrschicht- und Aktivkohlefiltration.



Bild 6.3: Luftaufnahme der Hennetalsperre
Fig. 6.3: Aerial view of the Henne Reservoir



Bild 6.4: Bild des Wasserwerks Hennetalsperre (Foto: Hochsauerlandwasser)
 Fig. 6.4: Picture of the Henne Reservoir waterworks (photo: Hochsauerlandwasser)

Die Inbetriebnahme des Wasserwerks (Bild 6.4) mit einer Aufbereitung von täglich 6.800 m³ Trinkwasser in der jetzigen Ausbaustufe erfolgte Ende Mai 2016. Durch die Option auf eine spätere Erweiterung besteht die Möglichkeit, diese Leistung bis auf 13.300 m³ pro Tag zu steigern. Im Zuge der Inbetriebnahme des Hennesee-Wasserwerks konnten die beiden Ruhrwasserwerke „Hennenohl“ in Bestwig-Velmede und „Insel“ in Freienohl außer Betrieb genommen werden. Unter Mitwirkung der Lister- und Lennekraftwerke GmbH (LLK) wurde ein Konzept entwickelt, dass es ermöglicht, neben diesem Wasserwerk auch zwei weitere wichtige Anlagen der Trinkwasserversorgung im Bedarfsfall über die Turbinen der Wasserkraftanlage an der Hennetalsperre mit Notstrom zu versorgen. Mit der Erschließung der Hennetalsperre als Rohwasserreservoir steht nunmehr ein Wasservorkommen in mehr als ausreichender Menge und guter Qualität zur Verfügung, so dass Mangelsituationen nicht mehr zu befürchten sind.

Seit 2009 bewegen sich die zufließenden Wassermengen in die Hennetalsperre auf einem nahezu konstanten Niveau um 47 Mio. m³/a (2016: 49,5 Mio. m³/a) (Bild 6.5, 6.6). Treten wie in den Jahren 2009 bis 2012 und 2014 erhöhte Abflüsse nach einer langen Trockenwetterphase auf, gelangen über oberflächennahe Abschwemmungen aus den landwirtschaftlich genutzten Flächen im Einzugsgebiet der Henne Phosphorverbindungen in stärkerem Maße in die Talsperre. Diese führen zu einer höheren mittleren Konzentration und Jahresfracht von Phosphor. Allerdings sind die meist ungelöst vorliegenden Phosphorverbindungen trophisch nicht wirksam und werden dem Wasserkörper auf dem Weg zum Auslauf im Vor- und Hauptbecken der Talsperre durch Sedimentation entzogen. Solche Verhältnisse konnten im Jahr 2016 jedoch nicht festgestellt werden.

Im Zulauf zur Hennetalsperre waren im Jahr 2016 so nur noch durchschnittlich 31 µg/l TP (wassermengengewogenes Mittel) vorhanden. Das ist nach dem Jahr 2008 der niedrigste Phosphorgehalt in den Zuläufen seit Beginn der limnologischen Un-

tersuchungen an der Hennetalsperre. Bis zum Auslauf der Talsperre verminderte sich die Konzentration bis auf 15 µg/l TP, was einer Phosphorretention von knapp über 50 % entspricht. Dagegen nahmen die Gesamt-Stickstoffkonzentrationen im Zulauf auf durchschnittlich 4,7 mg/l TN, dem höchsten Wert der letzten 24 Jahre, deutlich zu. Dies ist vermutlich auf Einträge aus Hofentwässerungen und/oder Abspülungen aus Gülleausbringungen bzw. aus in den letzten Jahren in Betrieb genommenen Biogasanlagen zurückzuführen. Ein Rückhalt der meist gelösten Stickstoffkomponenten fand naturgemäß mit 16 % kaum statt.

Die planktische Primärproduktion bewegt sich schon seit mehreren Jahren auf einem niedrigen Niveau (Bild 6.7). Bis zum Jahr 2011 waren mittlere Biovolumina über 3 mm³/l üblich und erreichten in einigen Jahren sogar Werte über 6 mm³/l. In

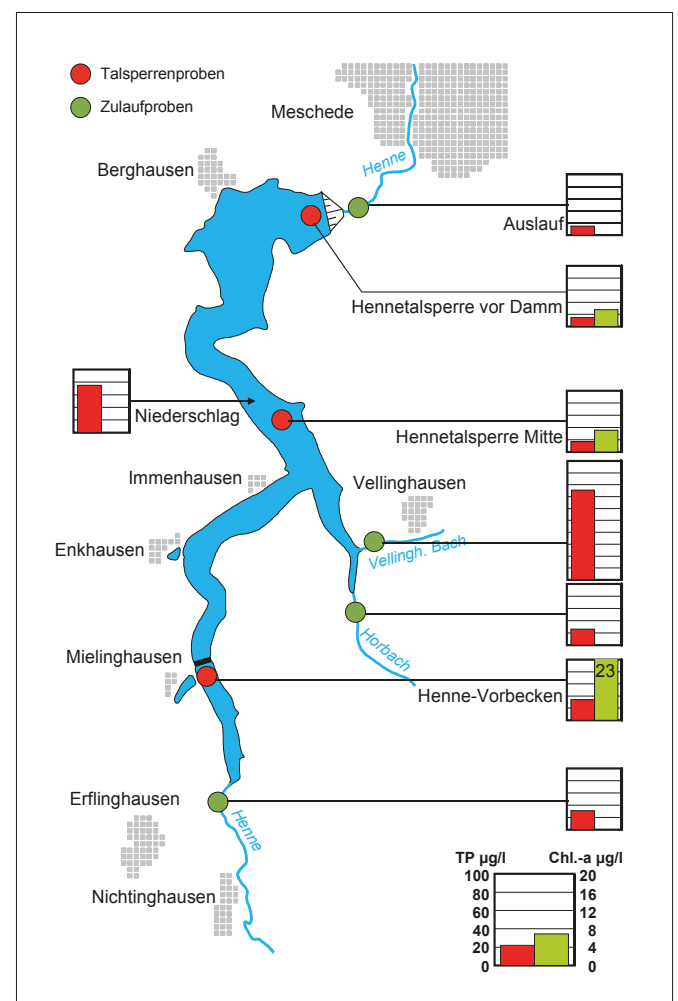


Bild 6.5: Probenahmestellen an der Hennetalsperre und Gradienten der Phosphor- und Chlorophyll-a-Konzentrationen im Talsperrensystem 2016
 Fig. 6.5: Sampling points at the Henne Reservoir and phosphorus and chlorophyll a concentrations in the reservoir system in 2016

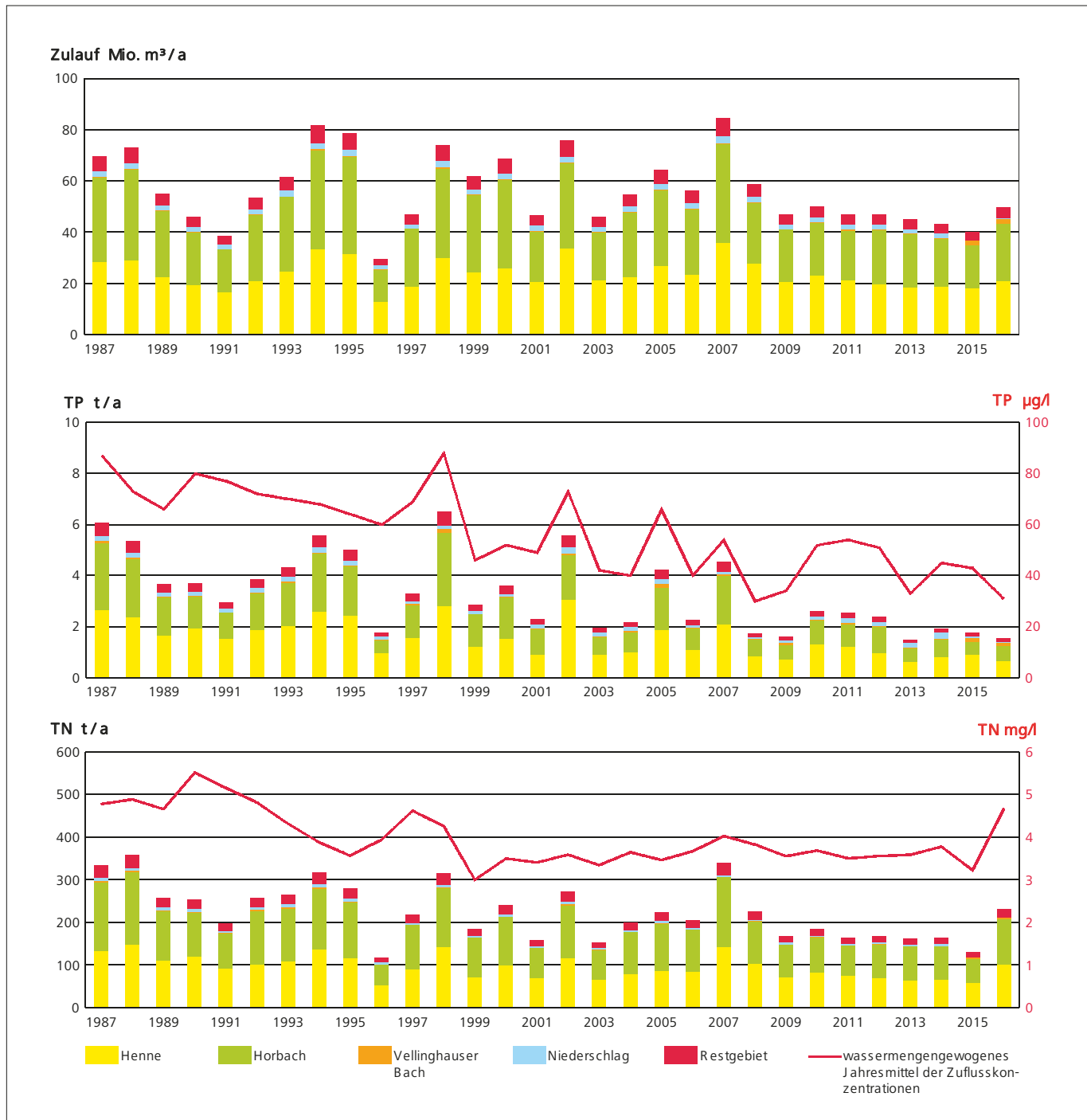


Bild 6.6: Zulauffrachten und wassermengengewichtete Jahresmittel aller untersuchten Zuflusskonzentrationen an der Hennetalsperre in den letzten 30 Jahren

Fig. 6.6: Input loads and flowweighted annual means of analysed inflow concentrations at the Henne Reservoir during the last 30 years

den letzten vier Jahren ist dann eine Abnahme auf ein Biovolumen von 1 mm³/l festzustellen. Seit inzwischen acht Jahren spielen Cyanobakterien hinsichtlich ihres Biovolumens im Gegensatz zum Zeitraum 1989 bis 2008 mit der präsenten *Planktothrix rubescens* eine untergeordnete Rolle im Phytoplankton

der Hennetalsperre. Gleiches gilt für die Eutrophie anzeigenden Grünalgen. Die dominanten Species sind nunmehr Kieselalgen mit den Gattungen *Aulacoseira*, *Melosira* und *Fragilaria*. Diese meso- bis oligotrophen Algen waren vor allem im April/Mai in größeren Mengen vorhanden, als sie bei

vergleichsweise niedrigen Temperaturen Konkurrenzvorteile gegenüber anderen Algengruppen hatten. Ebenfalls kann die seit mehreren Jahren auftretende Präsenz von Goldalgen als ein Indikator für eine fortschreitende Reoligotrophierung gewertet werden. Diese Algengruppe ist aufgrund ihrer mixotrophen Ernährungsweise – sie können also sowohl anorganische als auch organische Stoffe verwerten – an abnehmende Nährstoffgehalte angepasst.

Auch im Jahr 2016 machten sich der frühere Beginn der Vegetationsperiode aber auch die über die Jahre abgenommene Nährstoffbelastung beim Verlauf der Algenentwicklung bemerkbar. Das Frühjahrsmaximum des Phytoplanktons war mit 20 µg/l Chlorophyll-a vergleichsweise hoch, erreichte allerdings auch nicht den Wert von 2013, als Anfang April Konzentrationen bis zu 59 µg/l erreicht wurden. Diese frühen Phytoplanktonentwicklungen gehen nicht in die Bewertung der

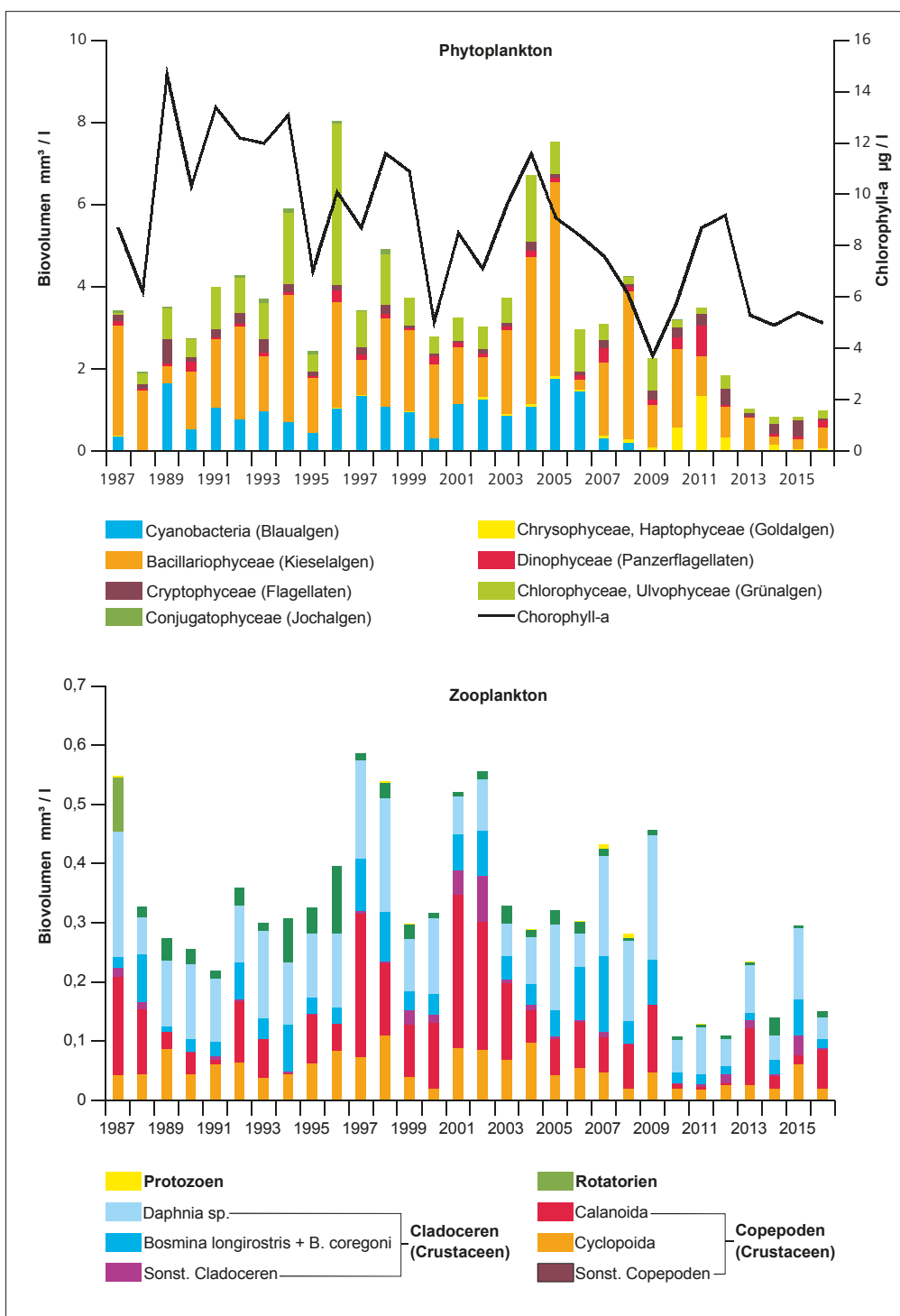


Bild 6.7: Phyto- und Zooplankton an der Probenahmestelle „Hen-netalsperre vor Damm“ in den letzten 30 Jahren (Jahresmittel)

Fig. 6.7: Phytoplankton and zooplankton at the sampling point "Henne Reservoir before the dam" during the last 30 years (annual means)

LAWA-Trophie ein, da sie noch während der Vollzirkulation und damit vor der bewertungsrelevanten Stagnationsperiode stattfinden.

Das Phytoplankton bildet die Nahrungsgrundlage für das Zooplankton. Der in den letzten Jahren eingetretene Rückgang der planktischen Algenbiomasse hatte zur Folge, dass das Zooplankton ebenfalls zurückging. War bis vor acht Jahren noch ein Zooplankton-Biovolumen von durchschnittlich 0,37 mm³/l vorhanden, ist der heutige Zooplanktonbestand auf unter die Hälfte dieses Wertes gesunken. Dieser Rückgang betraf alle Zooplanktongruppen. Wie in reoligotrophierenden Gewässern zu erwarten und wünschenswert ist, geht mit der Abnahme der Nahrungsverfügbarkeit eine Größenzunahme der Individuen einher. Diese verteilen sich gleichermaßen auf die Cladoceren und Copepoden, beides zugehörige Gruppen der Crustaceen (Kleinkrebse). Zur Zeit dominieren große Daphnien und *Eudiaptomus* das Zooplankton der Hennetalsperre. Diese stellen ihrerseits eine hochwertige Nahrung für zooplanktivore Fische dar und tragen so dazu bei, dass sich ein „natürlicher“ Fischbestand entwickeln kann.

Die geringe Biomasseproduktion in der Stagnationsphase mit einer entsprechenden geringen Abbaumenge führte auch zu einer abnehmenden Belastung des hypolimnischen Sauerstoffhaushalts. So wird eine hypolimnische Sauerstoffverbrauchsrate von 0,7 g/(m² · d) O₂ in den letzten Jahren nur sehr selten überschritten. Noch bis vor 15 Jahren bewegte sich die Verbrauchsrate im Bereich zwischen 0,8 und 1,1 g/(m² · d) O₂. Durch die geringere Präsenz der leichten, schon in 10 bis 15 m Tiefe lysierenden Blaualgen (keine Zellwand) treten zudem kritische Sauerstoffzehrungen im Metalimnion kaum noch auf. So wurden metalimnisch schon seit vielen Jahren keine sauerstofffreien Verhältnisse mehr festgestellt. Diese verbesserten Lebensbedingungen für die aquatische Fauna in der Hennetalsperre führten u.a. dazu, dass eine noch in den 1990er Jahren regelmäßig durchgeführte hypolimnische Sauerstoffbegasung nicht mehr erforderlich war.

Die Trophieverhältnisse der letzten 30 Jahre in der Hennetalsperre werden entsprechend der im Jahr 2013 überarbeiteten Richtlinie sowohl mit dem Gesamtindex als auch mit den vier Einzelindizes dargestellt und bewertet (Bild 6.8). Mit einem diesjährigen Gesamttrophieindex von 1,9 sind inzwischen seit zehn Jahren stabile trophische Verhältnisse im mittleren mesotrophen Bereich vorhanden. Der im Jahr 2013 mit 1,5 außerordentlich niedrige Gesamtindex war auf eine unter besonderen meteorologischen Randbedingungen aufgetretene, bis dahin noch nicht dagewesene Algenblüte von Kieselalgen vor der Stagnationsperiode zurückzuführen. Dadurch indizierten in dem bewertungsrelevanten Zeitraum April bis Oktober die Einzelindizes teilweise sogar einen oligotrophen Zustand des Gewässers. Insgesamt stellt die Hennetalsperre ein mesotrophes Gewässer dar, das sowohl hinsichtlich der Primär- als auch der Sekundärproduktion ausgewogene ökologische Verhältnisse aufweist.

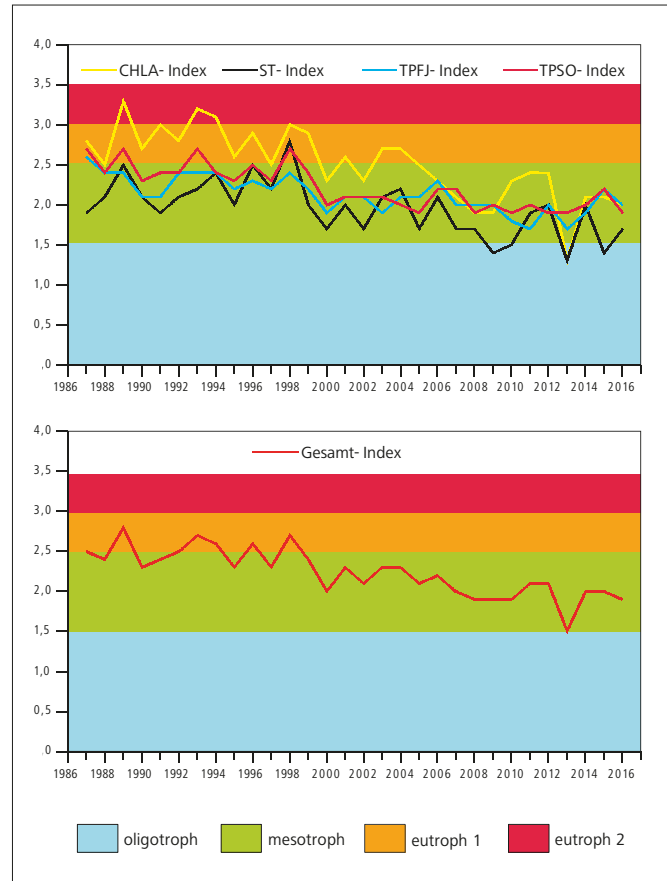


Bild 6.8: Entwicklung der Trophie in den letzten 30 Jahren in der Hennetalsperre entsprechend der überarbeiteten Richtlinie für die Trophieklassifikation von Talsperren (LAWA 2013) [CHLA: Chlorophyll-a; ST: Sichttiefe; TP: Gesamtposphor; FJ: Frühjahr; SO: Sommer]

Fig. 6.8: Development of the trophic status during the last 30 years in the Henne Reservoir according to the revised directive for the trophic classification of reservoirs (LAWA 2013) [CHLA: chlorophyll a; ST: Secchi depth; TP: total phosphorus; FJ: spring; SO: summer]

7 Organische Spurenstoffe in der Ruhr und in Biota

Im Jahr 2016 wurden über 410 Substanzen regelmäßig in der Ruhr untersucht, einem Gewässer, das nicht nur vielen Tier- und Pflanzenarten Lebensraum bietet, sondern auch die Wasserversorgung für ca. 4,6 Millionen Menschen in einem der größten Ballungsräume Europas sicherstellt. Auswirkungen von organischen Spurenstoffen auf Ökosysteme sind vielfach noch nicht vollständig erforscht. Daher ist es wichtig, das Vorkommen dieser Substanzen sowohl qualitativ als auch quantitativ zu kennen. Aus diesem Grund erweitert das Kooperationslabor ständig sein Untersuchungsspektrum. Dieses umfasst beispielsweise Pharmaka, Komplexbildner, Pestizide, Flammenschutzmittel und Weichmacher. Eine Auswahl der im Jahr 2016 regelmäßig im Wasser der Ruhr und zum Teil auch in Biotaprobe analysierten Substanzen zeigt die Tabelle 7.1.

Der Analysenumfang richtet sich dabei 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 bzw. Stoffgruppen, die mit Umweltqualitätsnormen (UQN) für Wasser versehen sind. Für elf dieser Stoffe bzw. Stoffgruppen sind auch UQN für Biota vorhanden (siehe Kapitel 2, Tabelle 2.1). Dabei beziehen sich diese UQN in der Regel auf Fische. Nur die Polyzyklischen Aromatischen Kohlenwasserstoffe (PAK), Benzo[a]pyren und Fluoranthene, werden in Weichtieren, wie z. B. Muscheln, ermittelt.

Die regelmäßig untersuchten Wasserproben und ihre im Folgenden berichteten Ergebnisse resultieren hauptsächlich aus den 13 mal pro Jahr durchgeführten Ruhrlängsuntersuchungen mit zwölf Probenahmestellen im Fließverlauf der Ruhr und aus der in der Regel wöchentlich beprobten Entnahmestelle in Essen-Rellinghausen (siehe Kapitel 3). Zusätzlich wurden im Berichtszeitraum insgesamt 26 Fische sechs verschiedener Arten, die von Oktober bis November 2015 aus dem Baldeneysee bzw. der Versetalsperre entnommen wurden, untersucht.

Pharmaka und deren Metabolite

In Deutschland werden derzeit pro Jahr etwa 8.100 t Wirkstoffe, denen eine potenzielle Relevanz für die Umwelt zugesprochen wird, zur Behandlung von Krankheiten beim Menschen eingesetzt. Hinzu kommen die Pharmaka aus der Veterinärmedizin. Arzneimittelwirkstoffe werden vom menschlichen Organismus häufig nicht oder nur unvollständig abgebaut. Meist entstehen kleinere oder größere molekulare Bruchstücke, die zum Teil auch erst die eigentlich therapeutisch wirksame Form darstellen können. Über Ausscheidungen werden diese mit dem Abwasser in die Kläranlagen transportiert, in denen nicht immer eine vollständige Elimination mög-

lich ist. Momentan gelten 150 verschiedene Wirkstoffe in Oberflächengewässern als nachgewiesen [7.5]. Die gemessenen Konzentrationen werden im Allgemeinen als zu gering angesehen, um Auswirkungen auf die menschliche Gesundheit zu haben. Denkbar sind allerdings Auswirkungen für im Wasser oder vom Wasser lebende Organismen [7.6]. Im Jahr 2016 wurden mehr als 200 Proben der Ruhr auf insgesamt 70 verschiedene Diagnostika, Arzneimittelwirkstoffe und deren Metabolite untersucht.

Zu den Diagnostika gehören u. a. die iodierten **Röntgenkontrastmittel (RKM)**. Sie werden in Krankenhäusern und radiologischen Praxen verabreicht und von den Patienten in der Regel innerhalb eines Tages vollständig wieder ausgeschieden. Durchschnittlich erhalten Patienten pro Untersuchung eine Dosis Kontrastmittel, die etwa 30 g Iod enthält [7.7]. In der konventionellen Abwasseraufbereitung werden die RKM, auf Grund ihrer besonderen Eigenschaften, kaum zurückgehalten und gelangen so ins Oberflächenwasser. Die Menge der eingesetzten RKM nimmt tendenziell zu. So wurden im Jahre 2012 in Deutschland 450 t iodierter Kontrastmittel verbraucht, 2003 waren es im Vergleich lediglich 350 t. Das ist eine Steigerung von etwa 30 % innerhalb von neun Jahren. Ökotoxikologisch besitzen die Substanzen keine bekannte Relevanz, und eine Akkumulation ist wegen ihrer hohen Polarität nicht zu erwarten [7.8].

Seit dem Jahr 2009 wird die Ruhr auf ausgewählte iodierter RKM untersucht. In der Gruppe der RKM ist Iomeprol die Verbindung mit der höchsten Fracht. Sie lag im Jahr 2016 bei 0,94 t an der Probenahmestelle Essen-Rellinghausen. Die Substanz ist im Fließverlauf der Ruhr erst im Bereich der mittleren und unteren Ruhr mit signifikanten Konzentrationen vertreten. Dies gilt prinzipiell auch für die im Folgenden beschriebenen RKM (Bild 7.1). Die Jahresfrachten und mittleren Konzentra-

[7.1] Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit (Hrsg.): Verordnung zum Schutz der Oberflächengewässer (OGewV) Berlin, Juni 2016

[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, ausgegeben am 22.12.2000

[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, ausgegeben am 24.12.2008

[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, ausgegeben am 24.08.2013

[7.5] <https://www.umweltbundesamt.de/themen/chemikalien/arszneimittel/arszneimittel-umwelt>; Zugriff 9. Februar 2017

[7.6] Richtlinie 2001/83/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 6. November 2001 zur Schaffung eines Gemeinschaftskodexes für Humanarzneimittel, ausgegeben am 28.11.2001

[7.7] <http://www.kompetenz-wasser.de/RKM-Publikationen.306.0.html>, Zugriff 15. März 2017

[7.8] Mikroschadstoffe in Gewässern, Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft Wasser, März 2016

Tabelle 7.1: Ausgewählte organische Einzelverbindungen des Untersuchungsprogramms für das Jahr 2016
Table 7.1: Selected organic compounds of the examination programme 2016

Röntgenkontrastmittel	Valsartan	Flufenacet ²	PAK
Amidotrizoesäure	Valsartansäure	Fluoroxypyr	Acenaphthen
Iohexol	Vardenafil	Flurtamone ²	Acenaphthylen
Iomeprol	Süßstoffe	Haloxypol	Anthracen ^{1,2}
Iopamidol	Acesulfam	HCH (α -, β -, δ -, ϵ - und γ -) ^{1,2}	Benzo[a]anthracen
Iopromid	Aspartam	Heptachlor, Heptachlorepoxyd ^{1,2}	Benzo[a]pyren ^{1,2}
Ioversol	Cyclamat	Hexachlorbenzol ^{1,2}	Benzo[b]fluoranthren ^{1,2}
Ioxithalaminsäure	Neohesperidin	Hexachlorbutadien ^{1,2}	Benzo[ghi]perylene ^{1,2}
Medikamente und Metabolite	Neotam	Hexazinon ²	Benzo[j]fluoranthren
10,11-Dihydro-10,11-dihydroxycarbamazepin	Saccharin	Imazalil	Benzo[k]fluoranthren ^{1,2}
4-Acetamidoantipyrin	Sucralose	Imidacloprid ²	Chrysen
4-Aminophenazon	Synthetische Komplexbildner	Ioxynil	Dibenz[ah]anthracen
4-Formylaminoantipyrin	DTPA	Isoproturon ^{1,2}	Fluoranthren ^{1,2}
Acetyl-Sulfamethoxazol	EDTA	Linuron ²	Fluoren
Amisulprid	MGDA	MCPA ²	Indeno[1,2,3-cd]pyren ^{1,2}
Atenolol	NTA	MCPB	Naphthalin ^{1,2}
Bezafibrat	Pestizide und ihre Metabolite	Mecoprop (MCP) ²	Phenanthren ²
Bisoprolol	2,4,5-T	Mesotrion	Pyren
Buflomedil	2,4,5-TP	Metalaxyl	Bisphenole, Alkylphenole, -ethoxylate
Candesartan	2,4-D ²	Metamitron	Bisphenol A
Carbamazepin	2,4-DB	Metazachlor ²	Bisphenol F
Carbamazepinepoxyd	2,4-DP (Dichlorprop)	Metazachlor ESA	Nonylphenol ^{1,2}
Carprofen	Acetamidiprid	Methabenzthiazuron ²	4-tert-Octylphenol ^{1,2}
Clenbuterol	Acclonifen ^{1,2}	Methiocarb	4-OP-1-EO
Clofibrinsäure	Alachlor ^{1,2}	Methoxychlor	4-NP-1-EO
Desmethyltramadol	alpha-, beta-Endosulfan	Methyldesphenylchloridazon	4-OP-2-EO
Diazepam	Atrazin, Simazin ^{1,2}	Metobromuron	4-NP-2-EO
Diclofenac	Azinphos-methyl-, -ethyl ²	Metolachlor ²	Benzotriazole
Fenoprofen	Azoxystrobin	Metolachlor CGA 37735	1H-Benzotriazol
Gabapentin	Bentazon ²	Metolachlor CGA 50267	4-Methyl-1H-Benzotriazol
Gemfibrozil	Bifenox ^{1,2}	Metolachlor ESA	5-Methyl-1H-Benzotriazol
Guanylharnstoff	Boscalid	Metoxuron	Moschus-Duftstoffe
Hydrochlorothiazid	Bromacil ²	Metribuzin ²	Galaxolide® (HHCB)
Hydroxydiclofenac	Bromocyclen	Mirex	Tonalide® (AHTN)
Hydroxymetoprolol	Bromoxynil ²	Monolinuron ²	Weitere org. Spurenstoffe
Ibuprofen	Carbendazim ²	Nicosulfuron ²	Anilin ²
Indometazin	Carbetamid	Nitenpyram	Chlornitrobenzole ²
Indoprofen	Carfentrazon-ethyl	Phenmedipham	Nitrobenzol ²
Irbesartan	Carflutrazon-ethyl	Prometryn ²	TMDD
Ketoprofen	Chlorfenvinphos ^{1,2}	Propazin	Triclosan ²
Lamotrigin	Chloridazon ²	Propiconazol ²	Flammenschutzmittel, Weichmacher
Metamizol	Chloroxuron	Prosulfocarb	BDE 28, 47, 99, 100, 153, 154 ^{1,2} , 183
Metformin	Chlorpropham	Quinmerac	Butylbenzylphthalat
Metoprolol	Chlorpyrifos-ethyl ^{1,2}	Quinoxifen ^{1,2}	Di(2-ethylhexyl)adipat
N4-Acetylsulfamethoxazol	Chlorthalonil	Sebutylazin	Di(2-ethylhexyl)phthalat ^{1,2}
Nadolol	Chlortoluron ²	Sulcotrion ²	Diethylphthalat
Naproxen	Clodinafop	Tebuconazol	Dimethylphthalat
N-Desethylvardenafil	Clopyralid	Terbutylazin ²	Di-n-butylphthalat
N-Desmethylsildenafil	Clothianidin	Terbutryn ^{1,2}	Di-n-octylphthalat
Oxazepam	Cyanazin	Thiacloprid	Hexachlorbromcyclododecan (HBCDD) ^{1,2}
Oxipurinol	Cybutryn ^{1,2}	Thiamethoxam	Kurzkettige Chloralkane (SCCP) ^{1,2}
Paracetamol	Cyclodien Pestizide ²	Trifluralin ^{1,2}	PCB 28, 52, 101, 138, 153, 180 ² , 194
Phenazon	Desethyl-, Desisopropylatrazin	Leichtfl. org. Stoffe, VOC	Tributylphosphat, TBP
Phenylethylmalonamid	Desethylterbutylazin	1,1,1-Trichlorethan	Triethylphosphat, TEP
Pregabalin	Desmedipham	1,2-Dibromethan	Triphenylphosphat, TPP
Primidon	Desphenylchloridazon	1,2-Dichlorethan ^{1,2}	Tripropylphosphat
Propranolol	Diazinon ²	Benzol ^{1,2}	Tris(butoxyethyl)phosphat, TBEP
Propyphenazon	Dichlorvos ^{1,2}	Chlorbenzol ²	Tris(chlorethyl)phosphat, TCEP
Ramipril	Dicofol ^{1,2}	Dichlormethan ^{1,2}	Tris(chlorisopropyl)phosphat, TCPP
Ritalinsäure	Diflufenican ²	ETBE	Tris(dichlorisopropyl)phosphat, TDCP
Salbutamol	Dimethylsulfamid	Ethylbenzol	Tritylphosphat
Sildenafil	Dimoxystrobin ²	Hexachlorbutadien ^{1,2}	Perfluorierte Verbindungen
Sotalol	Dinoterb	Isopropylbenzol	1H,1H,2H,2H-PFOS
Sulfamethoxazol	Diuron ^{1,2}	m/p-Xylol	Perfluorbutansäure (PFBA)
Sulfamethoxazol-Glucuronid	DNOC	MTBE	Perfluorbutansulfonsäure (PFBS)
Sulpirid	Epoxiconazol ²	o-Xylol	Perfluordecansäure (g-PFDA)
Tadalafil	Ethidimuron	Tetrachlorethen ²	Perfluorheptansäure (g-PFHpA)
Telmisartan	Ethofumesat	Tetrachlormethan ²	Perfluorhexansäure (g-PFHxA)
Temazepam	Fenoprop	Toluol	Perfluorhexansulfonsäure (g-PFHxS)
Timolol	Fenoxaprop	Tribrommethan	Perfluornonansäure (g-PFNA)
Tolbutamid	Fenpropimorph ²	Trichlorbenzole ^{1,2}	Perfluorooctansäure (g-PFOA)
Tolfenaminsäure	Fipronil	Trichlorethen ²	Perfluorooctansulfons. (g-PFOS) ^{1,2}
Tramadol	Fluazifop	Trichlormethan (Chloroform) ^{1,2}	Perfluorpentansäure (PFPeA)

¹ prioritärer Stoff der EG-WRRL und/oder OGEW

² Substanz besitzt eine UQN gemäß EG-WRRL und/oder OGEW

tionen, bestimmt durch die Analyse von über 50 Proben der Probenahmestelle Essen-Rellinghausen, von Iopamidol, Iopromid, Amidotrizoesäure und Iohexol stiegen im Vergleich zum Vorjahr, wenn auch unterschiedlich ausgeprägt, an. Die gesundheitlichen Orientierungswerte (GOW) von je 1 µg/l für Amidotrizoesäure und Iopamidol, die das Umweltbundesamt (UBA) festgelegt hat, werden für die Mittelwerte an allen Probenahmestellen der Ruhr unterschritten [7.9].

Das Schmerzmittel **Metamizol** war vor mehr als 100 Jahren eines der ersten Medikamente, das ohne ein Naturstoffvorbild zu besitzen, synthetisiert und eingesetzt wurde. Die Substanz ist ein sogenanntes Prodrug, d. h. Metamizol wird auf unterschiedlichen Wegen, je nach Applikation im Organismus, zu verschiedenen, zum Teil therapeutisch wirksamen Metaboliten umgesetzt [7.10]. Während Metamizol in vielen Ländern, wie z. B. den USA und Großbritannien, nicht mehr zugelassen ist und obwohl es in Deutschland nur bei starken Schmerzen und hohem Fieber verschrieben werden darf, nahm die Substanz im Jahr 2015 unter den Analgetika mit 193 Mio. verordneten Tagesdosen (DDD = Defined Daily Dose) innerhalb der gesetzlichen Krankenversicherung (GKV) den ersten Platz ein [7.11]. Wird die Anzahl der rezeptierten DDD mit der zugehörigen Masse, laut WHO 3 g, multipliziert, ergeben sich rund 580 t nur aus dem Bereich der GKV in Deutschland [7.12]. Die Metabolite des Metamizols, 4-Acetamidoantipyrin (AAA) und 4-Formylaminoantipyrin (FAA), konnten im Längsverlauf der Ruhr bereits ab der zweiten Probenahmestelle nahezu in allen Proben oberhalb der Bestimmungsgrenze von 0,01 µg/l nachgewiesen werden. Ab der Probenahmestelle Brücke Oeventrop entwickelt sich der Konzentrationsverlauf unter-

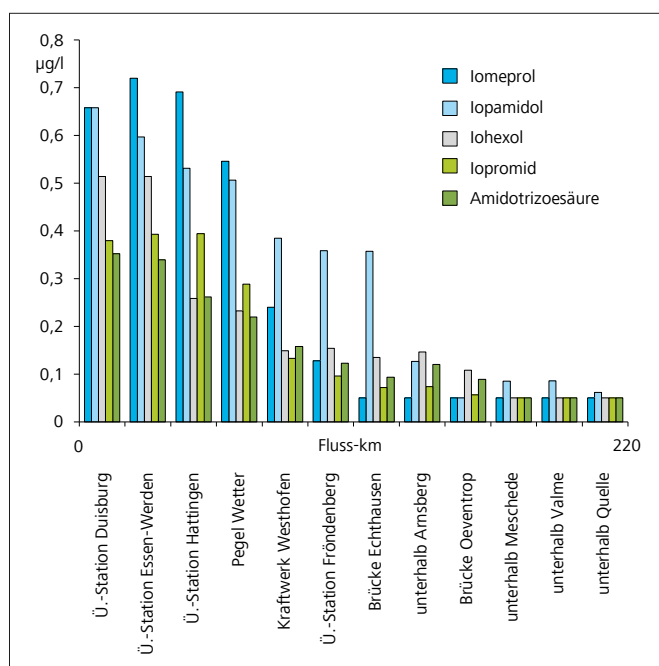


Bild 7.1: Mittlere Konzentrationen von fünf ausgewählten RKM im Ruhr-längsverlauf
Fig. 7.1: Mean concentrations of five selected RKM along the Ruhr

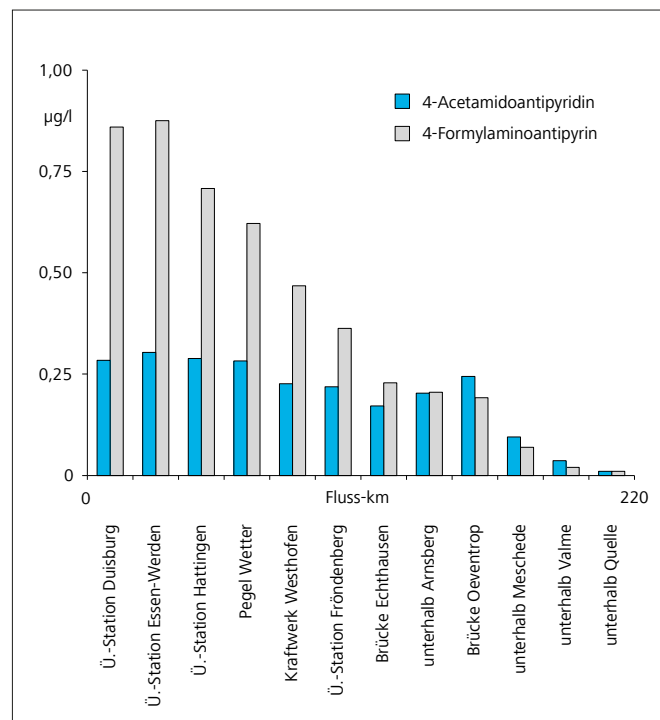


Bild 7.2: Mittlere Konzentrationen von AAA und FAA im Ruhr-längsverlauf

Fig. 7.2: Mean concentrations of AAA and FAA along the Ruhr

schiedlich (Bild 7.2). Während die mittleren Konzentrationen von FAA im weiteren Verlauf bis zur Mündung bei Duisburg kontinuierlich bis auf etwa 0,9 µg/l steigen, pendeln sie sich für AAA bei etwa 0,3 µg/l ein. Da sich das Verhältnis der Metabolite, die beide über das gereinigte Abwasser in die Ruhr gelangen, mit zunehmendem Abwasseranteil eigentlich nicht verändern sollte, kann der beschriebene Umstand nur mit einem unterschiedlichen Abbau- oder Sorptionsverhalten bei der Substanzen im Gewässer erklärt werden.

Zu den Arzneimitteln, die als Therapeutika bei Epilepsie Verwendung finden, gehört u. a. der Wirkstoff **Pregabalin**, der am meisten verschriebene in diesem Segment [7.11]. Bei einer DDD von 0,3 g [7.12] ergeben sich 26 t Pregabalin, die im Jahr 2015 in Deutschland im Bereich der GKV verschrieben wurden. Im Längsverlauf der Ruhr konnte die Substanz ab der Probenahmestelle unterhalb Arnsberg in fast allen Proben oberhalb der Bestimmungsgrenze von 0,01 µg/l nachgewiesen

[7.9] <https://www.umweltbundesamt.de/themen/wasser/trinkwasser/trinkwasserqualitaet/toxikologie-des-trinkwassers>, Liste der nach GOW bewerteten Stoffe von Mai 2016, Aktualisiert am 23.01.2017, Zugriff 22. März 2017

[7.10] Reinhardt, N., Jantos, R., Sinning, C., Imming P.: Metamizol – Renaissance eines Analgetikums. In: Pharmazeutische Zeitung, 2006, 32

[7.11] <http://www.arzneimittel-atlas.de>, Zugriff 15. März 2017

[7.12] https://www.whocc.no/atc_ddd_index, Zugriff 15. März 2017

werden. Alle Proben, die an der Messstelle Essen-Rellinghausen entnommen wurden, zeigten positive Befunde. Im Jahr 2016 betrug der Jahresmittelwert 0,057 µg/l.

Gabapentin, ebenfalls eingesetzt zur Behandlung von Epi-lepsie, wird nach der Einnahme nahezu unverändert ausgeschieden. Der biologische Abbau ist gering [7.13]. Der höchste Jahresmittelwert, gemessen bei Essen-Werden, betrug 0,72 µg/l. Der GOW des UBA von 1,0 µg/l wird somit im Mittel sicher eingehalten.

Weitere in der Ruhr untersuchte Antiepileptika sind **Lamotrigin** und **Carbamazepin**. Lamotrigin ist hinsichtlich seines Vorkommens in der Ruhr vergleichbar mit dem oben beschriebenen, doppelt so häufig verordneten Pregabalin. Für Carbamazepin werden seit vielen Jahren recht konstante Frachten und mittlere Konzentrationen in der Ruhr bei Essen-Rellinghausen ermittelt. Im Jahr 2016 lag die mittlere Konzentration bei 0,077 µg/l. Im Längsverlauf der Ruhr nahm die Konzentration des auch als Psychopharmakon eingesetzten Carbamazepins bis zur Mündung gleichmäßig zu und erreichte eine maximale mittlere Konzentration an der Überwachungsstation Duisburg von 0,080 µg/l. Nach der oralen Einnahme des Carbamazepins verlassen etwa 25 % unverändert den menschlichen Organismus. Der Rest wird metabolisiert. Mengenmäßig bedeutsam ist das 10,11-Dihydro-10,11-dihydroxycarbamazepin. Ein sehr kleiner Teil wird zu Carbamazepinepoxid umgesetzt [7.13]. An der Probenahmestelle Essen-Rellinghausen konnte Carbamazepinepoxid nur in 24 % der Proben oberhalb der Bestimmungsgrenze von 0,01 µg/l ermittelt werden. 10,11-Dihydro-10,11-dihydroxycarbamazepin hingegen war dort in allen 50 untersuchten Proben nachweisbar und erreichte im Jahr 2016 mit einem Mittelwert von 0,24 µg/l das Dreifache der Ausgangssubstanz. Mit einem maximalen Jahresmittelwert von 0,28 µg/l an der Überwachungsstation Essen-Werden wurde der GOW von 0,3 µg/l für 10,11-Dihydro-10,11-dihydroxycarbamazepin für alle Probenahmestellen eingehalten. Hier wird deutlich, dass eine einfache Bilanzierung eines Einzelstoffes ohne Betrachtung von Transformationsprodukten dem komplexen Wirkungsgefüge und der human- und ökotoxikologischen Relevanz nicht gerecht wird.

Bereits in der oberen Ruhr treten Befunde des Antiphlogistikums und Analgetikums **Diclofenac**, das auch auf der sogenannten Watch-List der EU steht [7.14], oberhalb der Bestimmungsgrenze von 0,01 µg/l auf. Die gemessenen Konzentrationen des Arzneiwirkstoffes bewegen sich auf dem Niveau der letzten Jahre. An der Probenahmestelle bei Essen-Rellinghausen wurde die Substanz im Jahr 2016 in nahezu allen untersuchten Proben nachgewiesen. Der Maximalwert lag dort bei 0,32 µg/l. Mit einem Jahresmittelwert von 0,11 µg/l wurde der GOW des UBA von 0,3 µg/l dort und an allen anderen Probenahmestellen deutlich unterschritten.

Das Schmerz- und Fiebermittel **Ibuprofen** wurde in der Ruhr in geringeren Konzentrationen als Diclofenac bestimmt. Es fand sich ab Fluss-km 175,32 in allen untersuchten Proben der

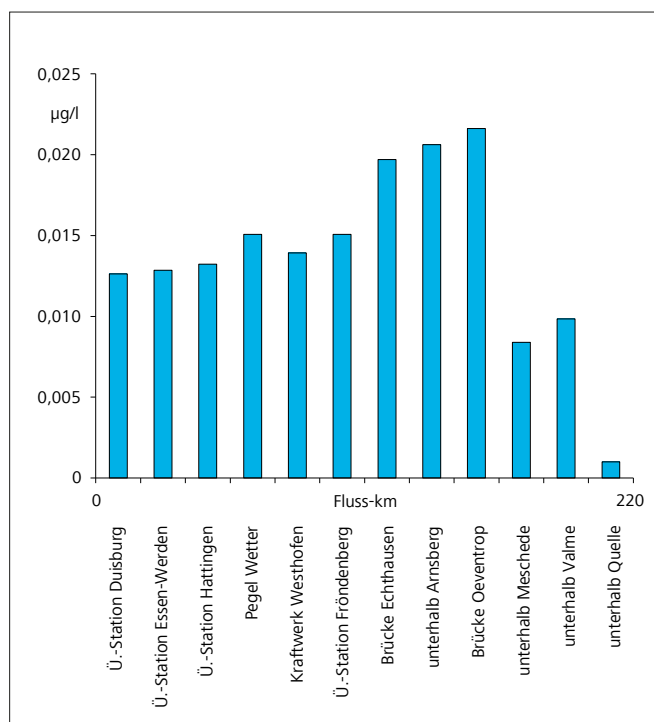


Bild 7.3: Mittlere Konzentrationen von Ibuprofen im Ruhrlängsverlauf
Fig. 7.3: Mean concentrations of ibuprofen along the Ruhr

Ruhr in Konzentrationen oberhalb der Bestimmungsgrenze von 0,001 µg/l. Interessant ist der Konzentrationsverlauf über den Fließweg. Anders als bei vielen anthropogenen Substanzen, die wie das Ibuprofen, als Humanarzneimittel, über das Abwasser ihren Weg in die Ruhr finden, steigt die Konzentration des Ibuprofens ab der Probenahmestelle Brücke Oeventrop im Bereich der oberen Ruhr nicht weiter an, sondern sinkt bis zur Mündung in Duisburg (Bild 7.3). Dieser Umstand könnte für einen Abbau bzw. Rückhalt der Substanz im Gewässer sprechen.

Metoprolol, im Bereich der GKV im Jahr 2015 mengenmäßig mit rund 130 t das am meisten eingesetzte Hypertonikum [7.11], ist, wie in den Vorjahren, schon in der oberen Ruhr zu messen. Es erreicht nach kontinuierlichem Anwachsen der Konzentrationen im Fließverlauf mit 0,19 µg/l den maximalen Jahresmittelwert an der Mündung in Duisburg.

Metoprolol wird vom menschlichen Organismus u. a. zu **Hydroxymetoprolol** metabolisiert. Auch diese Substanz kann in der Ruhr nachgewiesen werden. Allerdings liegen erst im Bereich der unteren Ruhr merkliche Befunde oberhalb der Bestimmungsgrenze von 0,01 µg/l vor. Der maximale Jahresmittelwert, ermittelt an der Probenahmestelle Essen-Werden, lag im Jahr 2016 bei 0,018 µg/l.

Sowohl die Konzentrationen als auch die Frachten des ebenfalls als Blutdrucksenker eingesetzten **Sotalols** sind weiter rückläufig. So betrug die Fracht von Sotalol im Jahr 2016 an

der Probenahmestelle Essen-Rellinghausen nur noch 38 kg. Dies ist ein Drittel des Wertes des Jahres 2010.

Der Blutdrucksenker **Valsartan**, dessen Vorkommen in der Ruhr seit dem Jahr 2014 vom Kooperationslabor untersucht wird, zeigt hinsichtlich seiner mittleren Konzentration an der Messstelle Essen-Rellinghausen eine steigende Tendenz. Seit dem Jahr 2014 ist ein Anwachsen um rund 60 % auf nunmehr 0,30 µg/l festzustellen.

Metformin ist ein Medikament zur Behandlung von Diabetes Typ 2 und gehört zu den meist verschriebenen Wirkstoffen weltweit. In Deutschland werden pro Jahr mehr als 1.000 t verordnet [7.8]. In den letzten Jahren ist die Substanz zusätzlich als krebshemmendes Medikament Gegenstand einiger Studien. Metformin wird vom menschlichen Körper vollständig und unverändert ausgeschieden. Als relativ kleines und polares Molekül ist es gut wasserlöslich. Eine Sorption an Schwebstoffe und/oder eine Bioakkumulation sind nicht zu erwarten. Metformin wird in der Regel in Kläranlagen zu über 90 % entfernt [7.15]. In der Ruhr war es aber wegen der hohen Verschreibungsmenge außer im Quellbereich an jeder der folgenden Probenahmestelle in allen Proben oberhalb der Bestimmungsgrenze nachweisbar. Die Konzentration nahm im Fließverlauf zu und erreichte bereits am Pegel Wetter die höchste mittlere Konzentration von 0,71 µg/l. An der Messstelle Essen-Rellinghausen beträgt der Jahresmittelwert 0,66 µg/l, bei einer Schwankungsbreite von 0,36 bis 1,3 µg/l. Der für das Metformin geltende GOW von 1,0 µg/l wird im Mittel an allen Probenahmestellen sicher eingehalten.

Das Hauptabbauprodukt des Metformins, der **Guanylharnstoff**, fand sich in deutlich höheren Konzentrationen in der Ruhr. So lag der Mittelwert für das Jahr 2016 an der Messstelle Essen-Rellinghausen bei 3,6 µg/l. Für die Probenahmestelle Kraftwerk Westhofen bei Fluss-km 95,15 konnte ein maximaler Jahresmittelwert von 4,4 µg/l ermittelt werden. Im weiteren Fließverlauf verringern sich die jeweiligen Mittelwerte. An der Mündung der Ruhr beträgt die durchschnittliche Jahreskonzentration 2,8 µg/l. Unter den regelmäßig bestimmten Spurenstoffen ist Guanylharnstoff mit 5,6 t derjenige mit der höchsten Jahresfracht. Im Vergleich zum Vorjahr ist jedoch ein leichter Rückgang zu beobachten. Auch für Metformin selbst ist eine Verringerung der Fracht auf 1,5 t/a festzustellen. Nach Erkenntnissen des UBA ist Guanylharnstoff von geringer akuter Humantoxizität. Eine Gentoxizität und Mutagenität sind nicht zu erwarten [7.16].

Seit Mitte des Jahres 2015 ist die Substanz **Oxipurinol** im Untersuchungsprogramm des Kooperationslabors. Selbst kein Arzneimittel ist der Stoff der sogenannte aktive Metabolit des verbreiteten Gichtmittels Allopurinol und wird erst nach dessen Einnahme durch das Enzym Xanthinoxidase gebildet. Oxipurinol hemmt das genannte Enzym und verhindert so die Synthese von Harnsäure [7.17]. In der Ruhr konnte Oxipurinol ab der Probenahmestelle unterhalb Meschede bei Fluss-km 175,32 in allen untersuchten Proben oberhalb der Bestim-

mungsgrenze von 0,01 µg/l nachgewiesen werden. Die mittleren Konzentrationen steigen im Fließverlauf kontinuierlich an und erreichen ihr Maximum bei Duisburg mit einem Jahresmittelwert von 2,7 µg/l. Damit ist der GOW von 0,3 µg/l dort und an vielen anderen Probenahmestellen der Ruhr deutlich überschritten. Mit einer Fracht von 1,1 t/a zählt Oxipurinol zu den Stoffen, die eine hohe Fracht in der Ruhr aufweisen (Bild 7.4).

Süßstoffe

Künstliche Süßstoffe, welche in zahlreichen Produkten, wie Softdrinks und Süßwaren, enthalten sind, wurden bereits vor mehr als 100 Jahren entdeckt. Momentan sind in der EU elf Süßstoffe in Lebensmitteln zugelassen [7.18].

Sieben dieser Substanzen werden regelmäßig vom Kooperationslabor in der Ruhr bestimmt. Die Vertreter Cyclamat, Saccharin, Sucralose und Acesulfam, die über gereinigtes kommunales Abwasser in die Ruhr gelangen, ließen sich praktisch in allen untersuchten Proben nachweisen. Nur in Proben der ersten Probenahmestelle unterhalb der Quelle bei Fluss-km 217,72 lagen kaum Befunde oberhalb der jeweiligen Bestimmungsgrenzen vor. Ab der zweiten Probenahmestelle waren bei diesen vier Süßstoffen signifikante Konzentrationen festzustellen, die im weiteren Fließverlauf mit steigendem Abwasseranteil in der Ruhr zunahmen. Eine Ausnahme bildet das Cyclamat, das mit einer mittleren Konzentration von 0,14 µg/l an der zweiten Probenahmestelle im Fließverlauf (unterhalb Valme) einen Wert erreicht, der dann weitestgehend bis zur Mündung der Ruhr in Duisburg konstant bleibt. Im Vergleich zu den Vorjahren nahm die Fracht von Acesulfam weiter ab, und zwar von rund 4 t im Jahre 2012 auf nun 1,3 t im Jahre 2016 (Bild 7.5).

-
- [7.13] 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
 - [7.14] Durchführungsbefehl (EU) 2015/495 der Kommission vom 20. März 2015 zur Erstellung einer Beobachtungsliste von Stoffen für eine unionsweite Überwachung im Bereich der Wasserpollution gemäß der Richtlinie 2008/105/EG des Europäischen Parlaments und des Rates, ausgegeben am 24.03.2015
 - [7.15] 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
 - [7.16] Kümmerer, K., Schuster, A., Längin, A., Happel, O., Thoma, A., Schneider, K., Hassauer, M., Gartscher, S., Hafner, C.: Identifizierung und Bewertung ausgewählter Arzneimittel und ihrer Metaboliten (Ab- und Umbauprodukte) im Wasserkreislauf. In: *Texte 46/2011*, Umweltbundesamt, Ausgabe August 2011
 - [7.17] 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
 - [7.18] 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

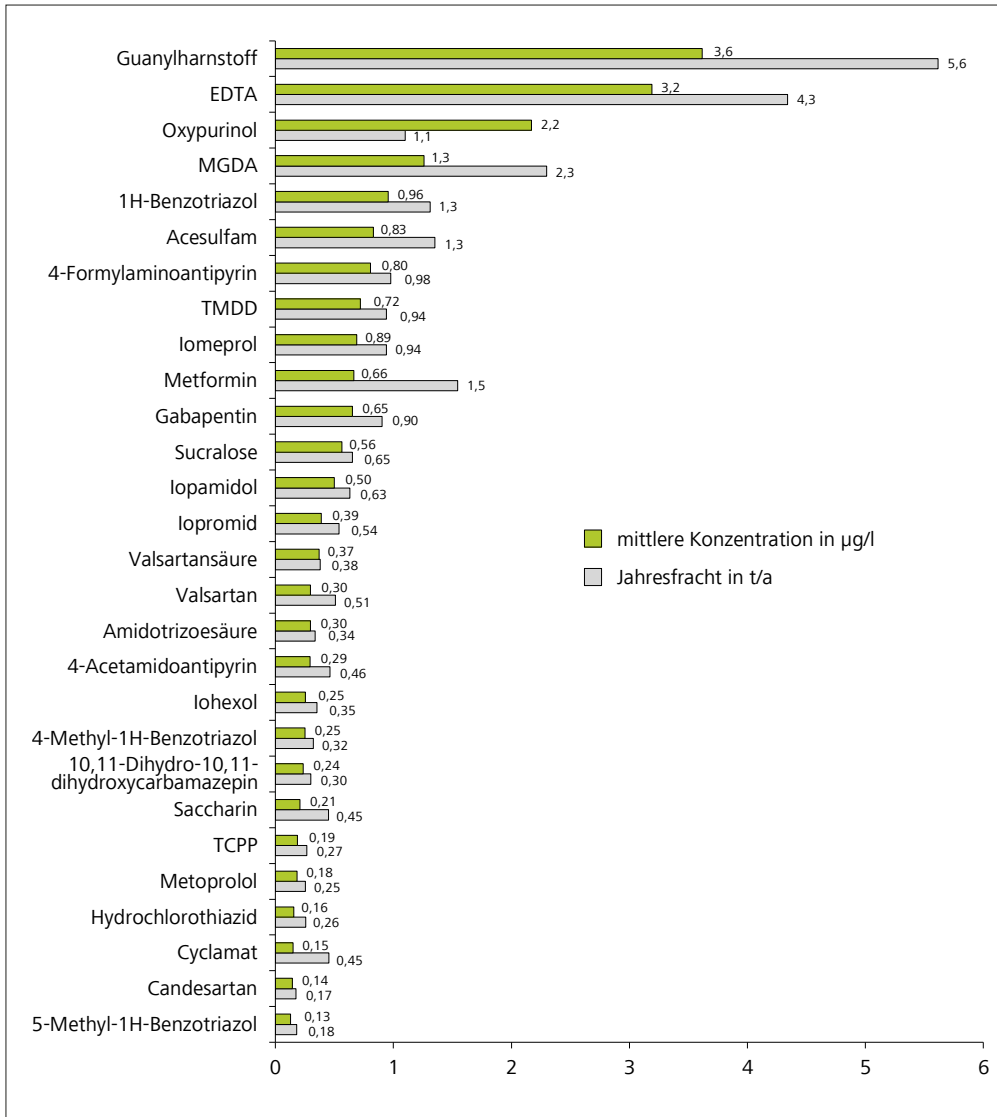


Bild 7.4: Jahresfrachten und Mittelwerte ausgewählter organischer Spurenstoffe in der Ruhr bei Essen-Rellinghausen im Jahr 2016

Fig. 7.4: Annual loads and mean concentrations of selected organic trace substances in the Ruhr at Essen-Rellinghausen 2016

Anders verhält es sich bei Sucralose, dessen Jahresfracht sich im selben Zeitraum mehr als verdoppelte. Für Saccharin und Cyclamat lässt sich kein eindeutiger Trend ablesen. Die ebenfalls im Untersuchungsprogramm enthaltenen Substanzen Aspartam, Neohesperidin und Neotam werden schon im menschlichen Organismus fast komplett umgesetzt und lagen somit in der Ruhr alle unterhalb ihrer Bestimmungsgrenze [7.18].

Komplexbildner

Die hier betrachteten synthetischen Komplexbildner sind vom Typ der Aminopolycarbonsäuren. Zu dieser Gruppe gehören u. a. EDTA (Ethyldiamintetraessigsäure), DTPA (Diethylen-triaminpentaessigsäure), NTA (Nitrilotriessigsäure) und MGDA (Methylglycindiessigsäure). Sie werden in privaten Haushalten in Reinigungs- und Waschmitteln eingesetzt und in der Indus-

trie bei Reinigungs- oder Produktionsprozessen in metallverarbeitenden oder papierproduzierenden Betrieben zur Maskierung unerwünschter und störender Erdalkali-, Metall- und Schwermetall-Kationen verwendet. 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 Verwendung findet. NTA, einst als Substituent für EDTA eingeführt, wird aktuell nach Gefahrstoffrecht als „Kann vermutlich Krebs erzeugen“ eingestuft [7.19].

Die Konzentrationen der genannten Komplexbildner werden zum Teil seit dem Jahr 1983 vom Labor des Ruhrverbands in der Ruhr untersucht. Insbesondere das Vorkommen von EDTA und DTPA in der Ruhr hat sich in den letzten Jahren vollkommen geändert (Bild 7.6). Im Jahr 2012 war DTPA noch die Substanz mit der höchsten Jahresfracht von 14 t unter den damals

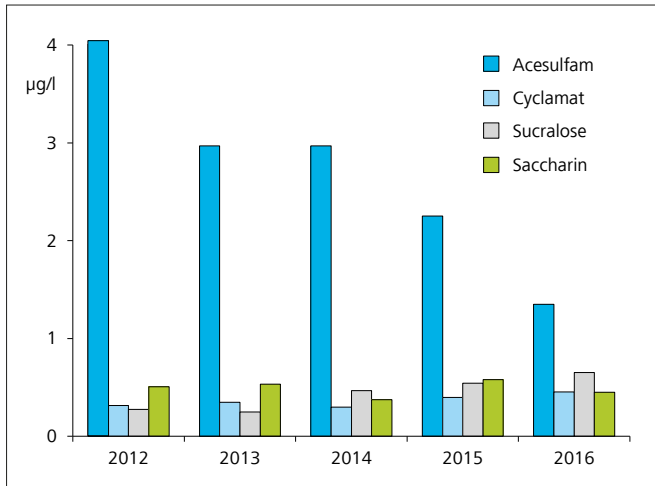


Bild 7.5: Entwicklung der Jahresfrachten von ausgewählten Süßstoffen in der Ruhr bei Essen-Rellinghausen

Fig. 7.5: Development of annual loads of selected sweeteners in the Ruhr at Essen-Rellinghausen

untersuchten Spurenstoffen. Im zurückliegenden Jahr konnte die Substanz nur noch in einer der 135 untersuchten Proben der Probenahmestelle Essen-Rellinghausen über der Bestimmungsgrenze von 1 µg/l detektiert werden.

NTA trat, wie in den letzten Jahren, nur sehr selten oberhalb der im Jahr 2016 erneut abgesenkten Bestimmungsgrenze von 0,5 µg/l auf. Die mittlere Konzentration des Komplexbildners EDTA in der Ruhr bei Essen-Rellinghausen liegt mit 3,2 µg/l immerhin 0,5 µg/l unter der des Vorjahres. Der Anstieg der Konzentration von EDTA im Ruhrlängsverlauf am Pegel Wetter ist weniger ausgeprägt als in den Vorjahren.

Neu im Untersuchungsprogramm des Ruhrverbandes ist seit Herbst 2015 MGDA, welches u. a. von der BASF unter dem Namen Trilon® M vertrieben wird. Der starke Komplexbildner,

der auch als Alternative zu EDTA einsetzbar ist, zeichnet sich gegenüber diesem durch die leichte biologische Abbaubarkeit aus. MGDA, das ebenfalls ein günstiges Toxizitätsprofil aufweist, wird sowohl bei technischen Prozessen als auch in Privathaushalten eingesetzt. So kann es beispielsweise das noch oft in Spülmaschinenreinigern enthaltene Phosphat ersetzen [7.19]. MGDA wurde im Berichtszeitraum, wie die anderen betrachteten Komplexbildner, in fast 400 Wasserproben der Ruhr analysiert. Bereits im Bereich der oberen Ruhr befand sich mit der Probenahmestelle unterhalb Arnsberg diejenige mit dem höchsten Mittelwert von 2,1 µg/l. In der mittleren und unteren Ruhr bewegten sich die Jahresdurchschnittswerte um etwa 1,3 µg/l. Erst an der Mündung der Ruhr in Duisburg wurde mit 1,9 µg/l wieder ein ähnlich hoher Wert verzeichnet wie im oberen Teil der Ruhr. Eine Zunahme der Konzentration am Pegel Wetter, wie bei EDTA oder früher bei DTPA, ist für MGDA nicht zu beobachten (Bild 7.7). Für die Ruhr bei Essen-Rellinghausen liegt der Mittelwert ebenfalls bei 1,3 µg/l, der zusammen mit dem Abfluss eine errechnete Fracht von 2,3 t MGDA für das Jahr 2016 ergibt. Damit gehört MGDA trotz seiner guten biologischen Abbaubarkeit zu den Spurenstoffen mit einer hohen Fracht in der Ruhr (Bild 7.4).

Pestizide und deren Metabolite

Als Pestizide werden chemische und biologische Produkte bezeichnet, die zur Bekämpfung von pflanzlichen und tierischen Schädlingen verwendet werden. Ihre Einteilung erfolgt entsprechend ihrer Anwendungsgebiete. So können beispielsweise Fungizide sowohl den Bioziden als auch den Pflanzenschutzmitteln (PSM) zugerechnet werden [7.20]. Im Jahr 2015 waren

[7.19] 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. UBA-FB 3709 65 430, Umweltbundesamt, 2012

[7.20] <http://www.wasser-wissen.de/abwasserlexikon/p/pestizide.htm>; Zugriff 31. März 2017

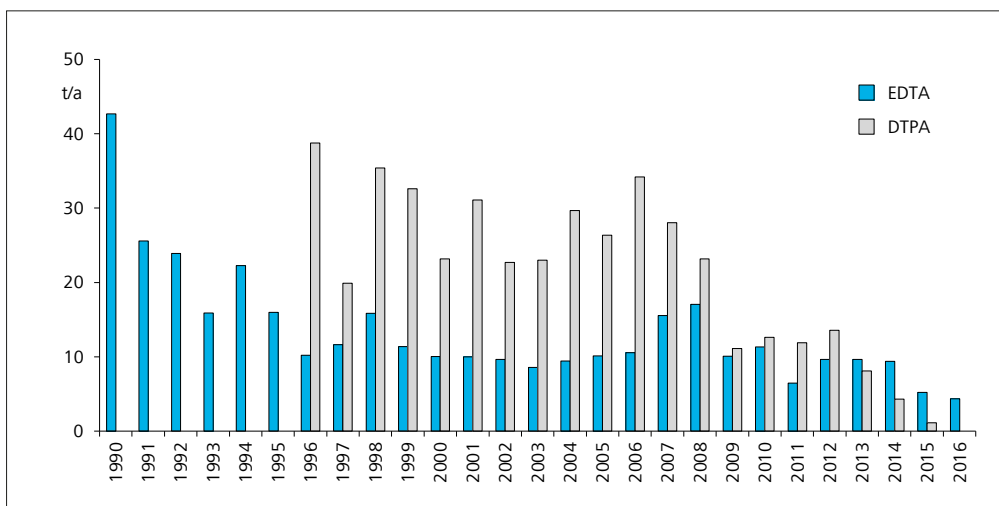


Bild 7.6: Entwicklung der Jahresfrachten von EDTA und DTPA seit 1990 in der Ruhr bei Essen-Rellinghausen (DTPA-Analytik seit 1996)

Fig. 7.6: Development of annual loads of EDTA and DTPA in the Ruhr at Essen-Rellinghausen since 1990 (analysis of DTPA since 1996)

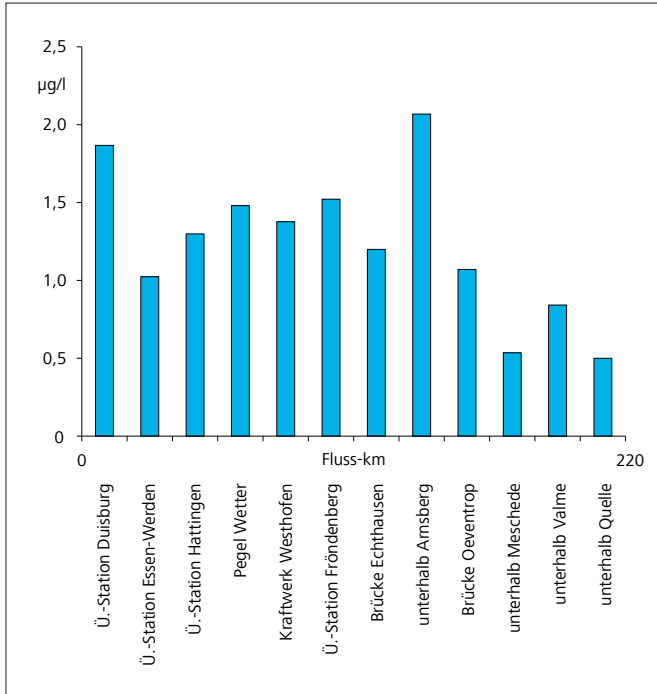


Bild 7.7: Mittlere Konzentrationen von MGDA im Ruhrlängsverlauf
Fig. 7.7: Mean concentrations of MGDA along the Ruhr

766 PSM mit 277 verschiedenen Wirkstoffen unter 1.490 verschiedenen Handelsnamen zugelassen. Ihre Anzahl ist in den letzten Jahren nahezu konstant geblieben. Während ihrer Ausbringung auf die Felder oder durch Abschwemmung von Ackerflächen können sie in die benachbarten Saumbiotope oder die Gewässer gelangen. Eine systematische Untersuchung auf PSM wird derzeit im Rahmen der EG-WRRRL nur für größere Gewässer durchgeführt [7.21]. Diese sieht sowohl die Untersuchung der Wasserphase als auch von Biota vor [7.1].

In diesem Kontext wurde das Wasser der Ruhr im Jahr 2016 auf über 140 verschiedene Substanzen untersucht. Neben den Pestiziden selbst umfasst das Untersuchungsspektrum auch Ausgangs- und Zwischenprodukte ihrer Herstellung sowie Abbauprodukte der Pestizide (Tabelle 7.1). An der Messstelle Essen-Rellinghausen wurden 17 Substanzen oberhalb ihrer Bestimmungsgrenze von 0,01 µg/l nachgewiesen. Mittelwerte und Maximalkonzentrationen dieser Substanzen sind in Bild 7.8 dargestellt. Die Metabolite des im Rübenanbau verwendeten Chloridazons (GOW: 3 µg/l), Desphenylchloridazon sowie die der meist im Mais- und Rapsanbau verwendeten Herbizide Metazachlor und Metolachlor, Metazachlor ESA (GOW: 3 µg/l) und Metolachlor ESA (GOW: 3 µg/l) wurden in mehr als 40 % der untersuchten Proben nachgewiesen. Die jahresdurchschnittliche Umweltqualitätsnorm (JD-UQN), der GOW sowie der gesetzliche Grenzwert für oberflächennahes Grundwasser von 0,1 µg/l je Einzelsubstanz wurden in der Ruhr für alle untersuchten Substanzen jeweils sicher eingehalten [7.1; 7.22].

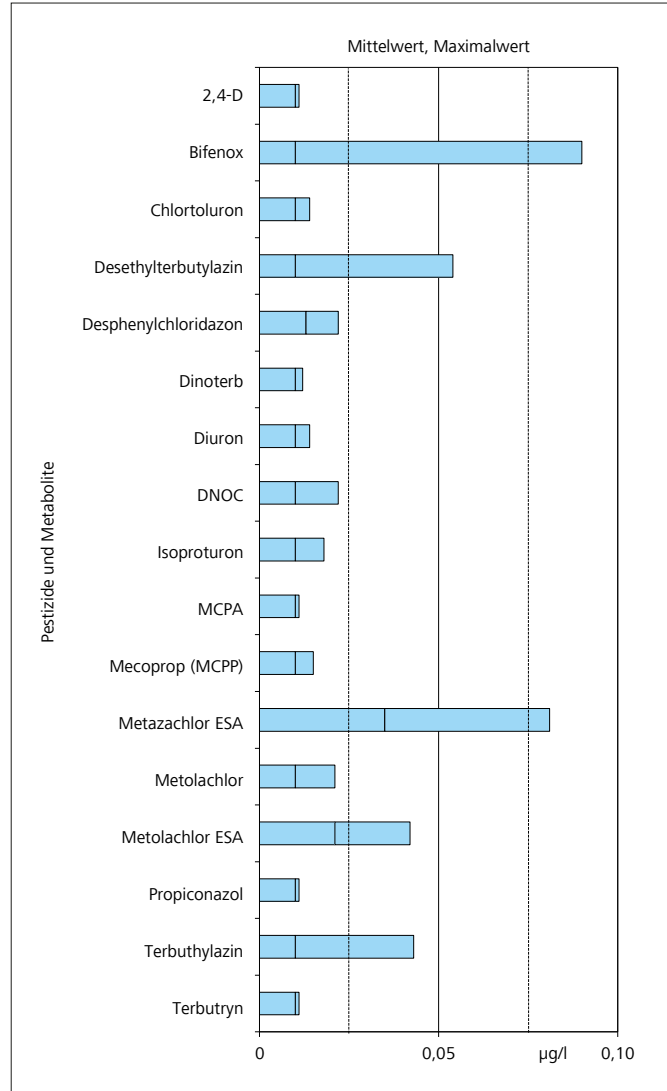


Bild 7.8: Mittelwerte und Maximalkonzentrationen ausgewählter Pestizide und Metabolite in der Ruhr bei Essen-Rellinghausen
Fig 7.8: Means and maximum concentrations of selected pesticides and metabolites in the Ruhr at Essen-Rellinghausen

Im Jahr 2016 wurden zusätzlich zu den Wasserproben Filets von Fischen auf die Insektizide Dicofol, Heptachlor und Heptachlorepoxyd, das Fungizid Hexachlorbenzol (HCB) und das Biozid Hexachlorbutadien untersucht. Für Dicofol (UQN: 33 µg/kg Frischgewicht, FG), HCB (UQN: 10 µg/kg FG) und Hexachlorbutadien (UQN: 55 µg/kg FG) lagen die Werte unterhalb der Bestimmungsgrenze von 9 µg/kg FG. Die jeweilige UQN wird somit sicher eingehalten. Für Heptachlor und Heptachlorepoxyd lagen die Werte ebenfalls unterhalb der Bestimmungsgrenze von 9 µg/kg FG. Die UQN von 0,0067 µg/kg FG liegt jedoch drei Zehnerpotenzen unterhalb der Bestimmungsgrenze des verwendeten Verfahrens, weshalb eine Überprüfung dieser UQN nicht möglich ist.

Triclosan

Triclosan wird in Personal Care Produkten, zur Flächendesinfektion und zur antimikrobiellen Ausrüstung von Textilien verwendet. Die Substanz ist als chronisch giftig für die aquatische Umwelt eingestuft, wird aber in Kläranlagen gut zurückgehalten [7.23]. Wie im Ruhrgütebericht 2015 vermutet [7.24], hat sich die Menge an Triclosan in der Ruhr weiter verringert (Bild 7.9). Die mittlere Konzentration sank im Jahr 2016 an der Messstelle Essen-Rellinghausen auf 0,0079 µg/l. Triclosan ist als flussgebietsspezifischer Schadstoff mit einer JD-UQN von 0,02 µg/l Bestandteil der OGewV. Mit 0,0095 µg/l wurde der höchste Jahresmittelwert aller 13 untersuchten Probenahmestellen am Pegel-Wetter gemessen. Auch der Maximalwert in der Ruhr von 0,035 µg/l trat an dieser Stelle auf. Damit werden die JD-UQN und die zulässige Höchstkonzentration-UQN (ZHK-UQN) von 0,2 µg/l sicher eingehalten.

Leichtflüchtige organische Verbindungen (VOC)

In der OGewV sind neun VOC (Volatile Organic Compounds) mit JD-UQN zwischen 0,4 und 20 µg/l belegt [7.2]. Bei den in der Ruhr in diesem Zusammenhang untersuchten Substanzen handelt es sich beispielsweise um Chlorbenzol, Benzol, Dichlormethan und Tetrachlorethen. Diese neun Substanzen wurden zusammen mit 55 anderen VOC mit einer Bestimmungsgrenze von jeweils 0,1 µg/l analysiert. In keiner der im Berichtszeitraum untersuchten 135 Proben der Ruhr wurden Befunde festgestellt. Alle UQN konnten somit sicher eingehalten werden.

Polyzyklische Aromatische Kohlenwasserstoffe (PAK)

Die ubiquitär vorkommende, etwa 10.000 Einzelverbindungen umfassende Gruppe der Polyzyklischen Aromatischen Kohlen-

wasserstoffe (PAK) gelangt heutzutage hauptsächlich aus meist privaten Kleinf Feuerungsanlagen in die Umwelt [7.25]. In Deutschland wurden im Jahr 2014 rund 160 t PAK in die Atmosphäre freigesetzt und damit annähernd so viel wie im Jahr 2000 [7.26]. Der größte Teil der meist partikelgebundenen PAK gelangt über diffuse Quellen in die Oberflächengewässer. Davon sind letztendlich über 80 % atmosphärischen Ursprungs. Viele PAK sind persistent und bioakkumulierend, d. h. sie reichern sich in Organismen an. Europaweit sind acht PAK mit zum Teil toxischem und krebserregendem Potenzial als prioritär gefährliche Stoffe eingestuft, sieben davon sind mit einer UQN versehen [7.25]. Zusätzlich gilt in Deutschland für Phenanthren eine UQN.

Der Ruhrverband untersucht seit mehr als 20 Jahren die Stoffgruppe der PAK anhand von 16 Einzelsubstanzen. Im Jahr 2016 erfolgte die Analyse von 220 Ruhrwasserproben. PAK sind in der gesamten Ruhr nachweisbar. Mit zunehmendem Fließweg und Anteil an gereinigtem Abwasser steigen die Konzentrationen der PAK nur leicht an, was für ihren überwiegend diffusen Eintrag spricht. Die JD-UQN von Fluoranthen von 0,0063 µg/l wird nur an einer von 13 Probenahmestellen, der Überwachungsstation Hattingen, mit 0,0064 µg/l knapp überschritten. An allen anderen Stellen werden die JD-UQN sowie die ZHK-UQN von 0,12 µg/l durchgehend eingehalten. Die Einhaltung der sehr niedrigen JD-UQN in Höhe von 0,00017 µg/l für Benzo[a]pyren kann aufgrund der Bestimmungsgrenze von 0,001 µg/l an keiner der Probenahmestellen nachgewiesen werden. Die JD-UQN und ZHK-UQN der anderen PAK werden sicher eingehalten.

Im Mai 2016 wurden aus dem Baldeneysee und im Oktober 2016 an vier Stellen in unterschiedlichen Tiefen und Positionen entlang der Ruhr, unterhalb des Sees, Körbchenmuscheln (*Corbicula*) entnommen (siehe Kapitel 8). Bei den Untersuchungen der Muschelproben zeigte sich, dass die Probe aus dem Baldeneysee deutlich stärker mit PAK belastet ist als die insgesamt zehn Proben, die unterhalb entnommen wurden. So überschreitet die Konzentration von Fluoranthen in der Probe aus dem Baldeneysee die UQN von 30 µg/kg FG mit 100 µg/kg FG

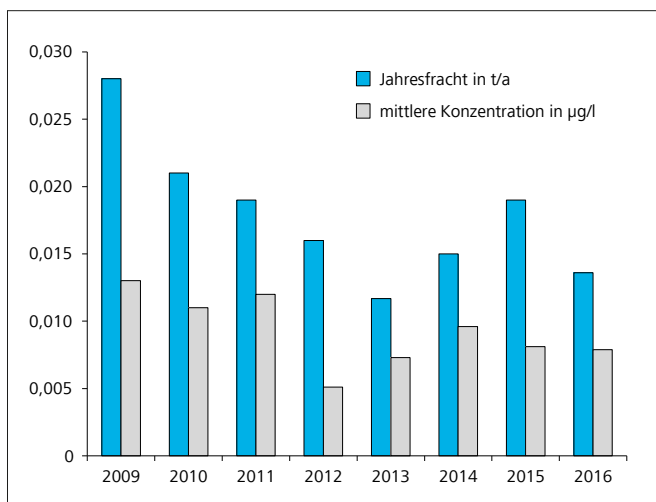


Bild 7.9: Entwicklung der Jahresfrachten und mittleren Konzentrationen von Triclosan seit 2009 in der Ruhr bei Essen-Rellinghausen
Fig 7.9: Development of annual loads and mean concentrations of triclosan in the Ruhr at Essen-Rellinghausen since 2009

- [7.21] <https://www.umweltbundesamt.de/daten/land-forstwirtschaft/landwirtschaft/pflanzenschutzmittelverwendung-in-der#textpart-1>; Zugriff 31. März 2017
- [7.22] <http://www.umweltbundesamt.de/themen/wasser/trinkwasser/trinkwasserqualitaet/toxikologie-des-trinkwassers>; Liste nach GOW bewerteten Stoffen Januar 2017; Zugriff 31. März 2017
- [7.23] Rüdell, H., Böhrer, W., Müller, M., Fliedner, A., Ricking, M., Schröter-Kermani, C.: Retrospective study of triclosan and methyl-triclosan residues in fish and suspended particulate matter: Results from the German Environmental Specimen Bank. In: Chemosphere, 2013, 91, S. 1517-1524
- [7.24] Ruhrverband: Organische Mikroverunreinigungen in der Ruhr. In: Ruhrgütebericht 2015, Essen, S. 62-63
- [7.25] Polyzyklische Aromatische Kohlenwasserstoffe. Hintergrundpapier, Umweltbundesamt, Januar 2016
- [7.26] Nationale Trendtabellen für die deutsche Berichterstattung atmosphärischer Emissionen (Persistente Organische Schadstoffe, engl.: POPs) 1990-2014, Umweltbundesamt, Stand Januar 2017

deutlich. Die UQN für Benzo[a]pyren von 5 µg/kg FG wird mit 4,2 µg/kg FG knapp unterschritten. Die Konzentrationen der Proben unterhalb des Baldeneysees überschreiten mit einem Mittelwert von 32 µg/kg FG knapp die UQN für Fluoranthen. Die UQN für Benzo[a]pyren wird mit 1,2 µg/kg FG sicher eingehalten. Eine mögliche Erklärung für die unterschiedliche Belastung der Muscheln aus dem Baldeneysee bzw. des darunter liegenden Ruhrabschnittes liegt in der Ernährung der Muscheln, die feinste Partikel aus dem Wasser filtrieren. Der Baldeneysee, angelegt als Schwebstoffabsatzbecken, hält einen Anteil der belasteten Kleinstpartikel zurück, die dann nicht mehr als Nahrung für die Muscheln im weiteren Verlauf der Ruhr zu Verfügung stehen.

Bisphenol A und Alkylphenole

Auf der Suche nach einem Ersatzstoff für natürliches Östrogen konnte bereits in den 30er Jahren des letzten Jahrhunderts eine schwach östrogene Wirkung für **Bisphenol A (BPA)** nachgewiesen werden. Kurz danach wurden allerdings potentere Substanzen entdeckt [7.27]. BPA verschwand aber nicht, sondern setzte sich in anderen Einsatzfeldern weltweit durch. So wird die Substanz heute nahezu ausschließlich zur Herstellung von Kunststoffen, wie Polycarbonaten und Epoxidharzen, verwendet. Ein kleinerer Teil des BPA wird in Bremsflüssigkeiten sowie in Thermopapieren, z. B. für Kassenzettel, und zur Produktion des Flammenschutzmittels Tetrabrombisphenol A (TBBPA) verwendet, welches in der Umwelt wiederum zum Ausgangsprodukt abgebaut werden kann. BPA gelangt überwiegend aus Kläranlagen, in denen es zwischen 60 bis nahezu 100 % zurückgehalten wird, in die Oberflächengewässer [7.27].

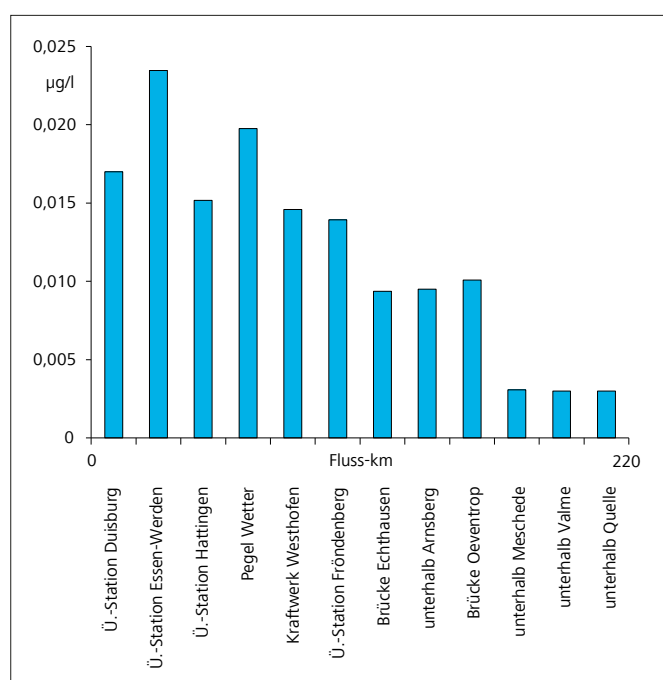


Bild 7.10: Mittlere Konzentrationen von BPA im Ruhrlängsverlauf
Fig. 7.10: Mean concentrations of BPA along the Ruhr

BPA wird in der Ruhr im Rahmen der Längsuntersuchungen regelmäßig analysiert. Die Mittelwerte der gemessenen Konzentrationen an den ersten drei Probenahmestellen im Fließverlauf liegen im Bereich der Bestimmungsgrenze von 0,003 µg/l. Erst an der Probenahmestelle Brücke Oeventrop bei Fluss-km 160,72 steigt die Konzentration merklich an (Bild 7.10). Der höchste Jahresmittelwert im Berichtszeitraum konnte an der Probenahmestelle der Überwachungsstation Essen-Werden mit 0,024 µg/l bestimmt werden. Im Verlauf der letzten fünf Jahre ist eine Abnahme der BPA-Konzentrationen in der Ruhr zu beobachten. Ein Grund für den beobachteten Rückgang könnte die Substitution der vielfach kritisch diskutierten Substanz durch alternative Substanzen, wie das strukturell ähnliche **Bisphenol F (BPF)**, sein, welches ebenfalls in vielen Kompartimenten der Umwelt zu finden ist, wenn auch in kleineren Konzentrationen. Da die hormonellen Wirkungen von BPA und BPF mindestens als gleichwertig anzusehen sind [7.28], wird hier die Problematik der Stoffsubstitution deutlich.

Seit Mitte des Jahres 2016 wird BPF in der Ruhr analysiert. Befunde knapp oberhalb der sehr niedrigen Bestimmungsgrenze von 0,0005 µg/l sind vereinzelt bereits in der oberen Ruhr festzustellen. Die meisten Werte im Ruhrlängsverlauf liegen aber unterhalb der Bestimmungsgrenze und deutlich unter denen der zu substituierenden Chemikalie BPA.

Im Jahre 2016 wurden rund 160 Proben auf **Nonyl-** und **Octylphenole** sowie deren Ethoxylate untersucht. Eine nennenswerte Anzahl an Befunden trat lediglich bei Nonylphenol und Nonylphenol-1-ethoxylat auf, obwohl ihr Einsatz in Deutschland und der EU für die meisten Anwendungen verboten oder stark eingeschränkt wurde. Grund hierfür sind wahrscheinlich importierte Textilien, bei deren Herstellung im EU-Ausland geringere Umweltstandards gelten. Außerdem dürfen Nonylphenole in Lacken und Farben verwendet werden [7.29]. Die mittleren Konzentrationen an den einzelnen Probenahmestellen lagen dabei im Bereich von 0,01 µg/l, im Fall des Nonylphenol sogar darunter. Die jeweiligen festgelegten JD-UQN von 0,3 µg/l für Nonylphenol und 0,1 µg/l für Octylphenol werden in der Ruhr damit sicher eingehalten.

Benzotriazole

Die wichtigsten Vertreter dieser Stoffgruppe sind 1H-Benzotriazol und die beiden Tolyltriazole 4-Methyl- und 5-Methyl-1H-Benzotriazol. Die Substanzen dienen hauptsächlich als Korrosionsschutzmittel für Metalle in Haushalt und Industrie. Enthalten sind die gut wasserlöslichen und schwer abbaubaren Verbindungen z. B. in Farben und Lacken, Frostschutz- und Kühlschmierflüssigkeiten sowie Spülmaschinenreinigern [7.30].

Seit dem Jahr 2010 werden die Substanzen in der Ruhr an insgesamt 13 Probenahmestellen regelmäßig untersucht. Seitdem ist festzustellen, dass sich die Frachten der drei Stoffe in den wöchentlich untersuchten Proben der Ruhr bei Essen-Rellinghausen unterschiedlich entwickeln. Während die Frachten der

zwei Tolyltriazole tendenziell abnehmen, stieg die von 1H-Benzotriazol bis zum Jahr 2014 an und stagniert seitdem (Bild 7.11). Alle drei Vertreter gehören zu den Substanzen mit hohen Frachten in der Ruhr (Bild 7.4). Außer im unmittelbaren Quellbereich der Ruhr bei Fluss-km 217,72 konnte 1H-Benzotriazol in jeder Probe der Ruhr oberhalb der Bestimmungsgrenze von 0,01 µg/l nachgewiesen werden. Ab Fluss-km 160,72 galt dies auch für die beiden Tolyltriazole.

Die mittleren Konzentrationen an 1H-Benzotriazol stiegen bis zum Mündungsbereich kontinuierlich an und erreichten an den letzten beiden Probenahmestellen einen maximalen Wert von 1,0 µg/l. Der GOW von 3,0 µg/l wird jedoch sicher eingehalten. Die Tolyltriazole erreichten ihre maximalen Konzentrationen im Längsverlauf etwas früher, 4-Methyl-1H-Benzotriazol mit 0,25 µg/l bei Fluss-km 56,70 an der Überwachungsstation Hattingen und 5-Methyl-1H-Benzotriazol bei Fluss-km 31,18 bei Essen-Werden mit 0,13 µg/l.

TMDD

Als nicht ionisches Tensid wird TMDD (2,4,7,9-Tetramethyl-5-decin-4,7-diol) in wässrigen Lösungen und Dispersionen eingesetzt. Die sehr gut wasserlösliche Substanz findet z. B. Anwendung in Tinten, Farben und Klebstoffen. Hohe Konzentrationen an TMDD werden häufig in den Abwässern der Papierrecycling- und der Lack- und Druckfarbenindustrie gemessen. Die Substanz, das belegen Studien u. a. mit Daphnien und Fischen, ist erst in höheren mg/l-Konzentrationen schädlich für im Wasser lebende Tiere [7.31].

Im Längsverlauf der Ruhr ist TMDD ab der Probenahmestelle Brücke Oeventrop bei Fluss-km 160,72 in allen untersuchten Proben oberhalb der Bestimmungsgrenze von 0,01 µg/l nachweisbar. Der höchste Jahresmittelwert mit 1,4 µg/l wurde im

Jahr 2016 ebenfalls an dieser Probenahmestelle gemessen. TMDD zählt in der Ruhr zu den Stoffen mit hohen Transportraten. Für das Jahr 2016 ist die Fracht des Tensids, ermittelt für die Probenahmestelle Essen-Rellinghausen, gegenüber dem Vorjahr leicht auf 0,94 t gestiegen. Die mittlere Konzentration im Berichtszeitraum betrug dort 0,72 µg/l, rund 20 % mehr als im Jahr 2015 (Bild 7.4).

Moschus-Duftstoffe

Duftstoffe finden sich in vielen Alltagsprodukten wie Reinigern, Waschmitteln und Personal Care Produkten. Vertreter dieser Substanzgruppe sind Nitro- und Polyzyklische Moschus-Duftstoffe. Während die Nitro-Moschus-Verbindungen u. a. aus toxikologischen Gründen mittlerweile keine Verwendung mehr finden, werden die Polyzyklischen Moschus-Duftstoffe, von denen Galaxolide® (HHCB) und Tonalide® (AHTN) einen Anteil von 95 % ausmachen, nach wie vor in großen Mengen eingesetzt. Die lipophilen und schwer abbaubaren Stoffe reichern sich in aquatischen und terrestrischen Organismen an. Beide Substanzen dürfen uneingeschränkt in Körperpflege- und Haushaltsprodukten eingesetzt werden [7.32; 7.33]. Die beschriebenen Duftstoffe gelangen über das gereinigte kommunale Abwasser ins Oberflächenwasser, wobei sie im Allgemeinen zu etwa 80 bis 90 % durch Sorption mit dem Klärschlamm aus dem Abwasser entfernt werden [7.34].

Polyzyklische Moschus-Duftstoffe werden vom Labor des Ruhrverbands seit Mitte der 1990er Jahre analysiert [7.35]. HHCB und AHTN wurden im Jahr 2016 in 190 Proben der Ruhr untersucht. Befunde oberhalb der Bestimmungsgrenze von 0,001 µg/l konnten in allen Proben festgestellt werden.

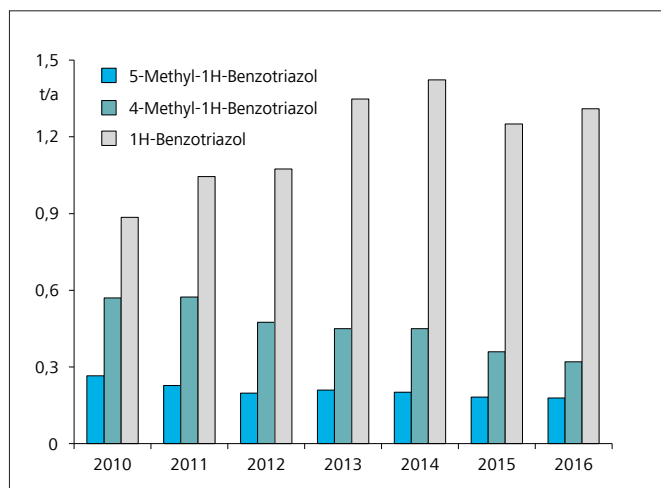


Bild 7.11: Entwicklung der Jahresfrachten der Benzotriazole in der Ruhr bei Essen-Rellinghausen
Fig. 7.11: Development of annual loads of benzotriazols in the Ruhr at Essen-Rellinghausen

- [7.27] Bisphenol A-Massenchemikalie mit unerwünschten Nebenwirkungen. Hintergrundpapier, Umweltbundesamt, Juli 2010
- [7.28] Rochester, J. R., Bolden, A. L.: Bisphenol S and F: a systematic review and comparison of the hormonal activity of bisphenol A substitutes. In: *Environmental Health Perspectives*, 2015, 123, S. 643-650
- [7.29] www.reach-info/alkylphenole.htm, Zugriff 16. Februar 2017
- [7.30] 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
- [7.31] Guede, 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
- [7.32] Lange, C., Kuch, B., Metzger, J. W.: Occurrence and fate of synthetic musk fragrances in a small German river. In: *Journal of Hazardous Materials*, 2015, 282, S. 34-40
- [7.33] Frister, T., Beutel, S.: Moschusduft und Patchouliöl. In: *Chemie in unserer Zeit*, 2015, 49, S. 294-301
- [7.34] Luo, Y., Guo, W., Ngo, H., Nghiem, L., D., Hai, F., I., Zhang, J., Liang, S., Wang, X., C.: A review on the occurrence of micropollutants in the aquatic environment and their fate and removal during wastewater treatment. In: *Science of the Total Environment*, 2014, 473-474, S. 619-641
- [7.35] Eschke, H.-D., Traud, J., Dibowski, H.-J.: Untersuchungen zum Vorkommen polycyclischer Moschus-Duftstoffe in verschiedenen Umweltkompartimenten. In: *Umweltwissenschaften und Schadstoff-Forschung*, 1994, 6, S. 183-189

Bei beiden Substanzen ist ein Anwachsen der jeweiligen Konzentration im Fließverlauf zu beobachten, bei HHCB wesentlich ausgeprägter als bei AHTN. So steigern sich die mittleren Konzentrationen von HHCB von der Probenahmestelle unterhalb Valme bis zur Mündung der Ruhr in den Rhein um den Faktor fünf, bei AHTN ist eine Verdopplung zu beobachten.

Der maximale Jahresmittelwert von HHCB beträgt in der unteren Ruhr 0,062 µg/l. AHTN erreicht dort eine maximale Konzentration von 0,008 µg/l (Bild 7.12).

Nitrobenzole und Anilin

In der OGewV sind vier flussspezifische Schadstoffe aufgeführt, die in der chemischen Industrie als Ausgangs- und Zwischenstoffe eingesetzt werden. Diese Substanzen, es handelt sich um Anilin, Nitrobenzol und zwei Chlornitrobenzole, sind alle als humantoxikologisch und zum Teil als vermutlich krebserregend für den Menschen sowie als schädlich für Wasserorganismen eingestuft [7.36]. Sämtliche Messwerte (n = 190) im Jahre 2016 lagen unter der Bestimmungsgrenze von jeweils 0,01 µg/l und unterschritten die jeweils geltenden UQN deutlich.

Flammschutzmittel und Weichmacher

In vielen Bereichen unseres Alltages sind Flammschutzmittel und Weichmacher allgegenwärtig. Enthalten sind sie z. B. in Kunststoffen, Textilien, Baumaterialien und Kühlflüssigkeiten.

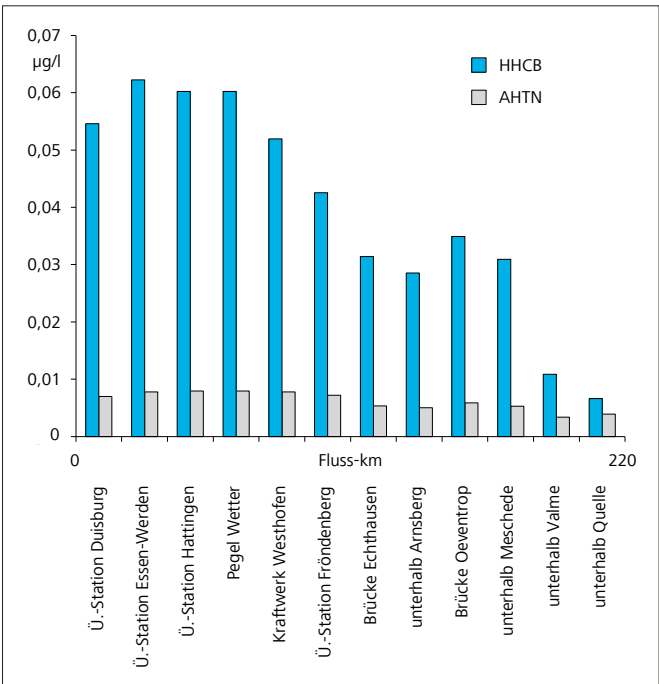


Bild 7.12: Mittlere Konzentrationen von Galaxolide® (HHCB) und Tonalide® (AHTN) im Ruhrlängsverlauf
Fig. 7.12: Mean concentrations of galaxolide® (HHCB) and tonalide® (AHTN) along the Ruhr

Durch die europäische Gesetzgebung sind ihre Anwendungen teilweise reguliert und für verschiedene Umweltkompartimente wurden UQN festgelegt. Viele dieser Substanzen sind inzwischen ubiquitär in unserer Umwelt nachweisbar. Im Folgenden werden Organophosphate, Phthalate, Kurzketten Chlorparaffine (SCCP), Polybromierte Diphenylether (PBDE) und Hexabromcyclododecan (HBCDD) sowie Polychlorierte Biphenyle (PCB) betrachtet.

Organophosphate werden beispielsweise in Kunststoffen, Textilien, Möbeln und in der Elektronik als Flammschutzmittel und Weichmacher verwendet. Die nicht chemisch gebundenen Additive können wie die PBDE leicht in die Umwelt gelangen und sind dort ubiquitär in verschiedenen Umweltkompartimenten nachweisbar. Organophosphate sind rein anthropogenen Ursprungs. Teilweise sind die halogenierten Organophosphate persistent und können während der Abwasserbehandlung nicht oder nur in geringem Maße abgebaut werden. Ihre Humantoxizität ist nach wie vor unzureichend erforscht. Es sind jedoch nachteilige gesundheitliche Effekte, wie beispielsweise die Beeinflussung des Hormonhaushaltes, bekannt oder werden vermutet [7.37].

Die Wasserproben der Ruhrlängsuntersuchungen und der Messstelle Essen-Rellinghausen wurden auf neun Organophosphate untersucht. Sechs dieser Verbindungen konnten an der Messstelle Essen-Rellinghausen regelmäßig oberhalb ihrer analytischen Bestimmungsgrenzen von 0,010 bis 0,025 µg/l nachgewiesen werden (Bild 7.13). Der allgemeine Vorsorgewert von 0,1 µg/l wird von vier Organophosphaten Tris(2-chlorisopropyl)phosphat (TCPP), Tributylphosphat (TBP), Triethylphosphat (TEP) und Tris(2-butoxyethyl)phosphat (TBEP) temporär überschritten. Nur TCPP (GOW: 1,0 µg/l) überschreitet diesen mit einem Jahresmittelwert von 0,19 µg/l, wie bereits im Vorjahr, regelmäßig.

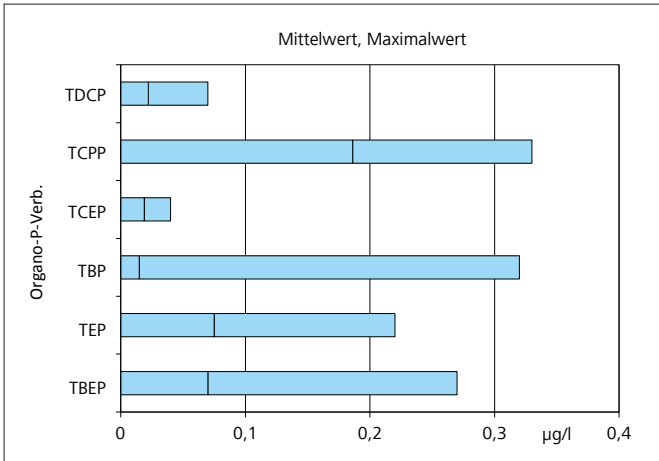


Bild 7.13: Mittelwerte und Maximalkonzentrationen ausgewählter Phosphororganischer Flammschutzmittel in der Ruhr bei Essen-Rellinghausen
Fig. 7.13: Means and maximum concentrations of selected organic phosphorus trace substances in the Ruhr at Essen-Rellinghausen

Phthalate kommen in vielen Industrie- und Haushaltsprodukten, wie Kunststoffen, Klebstoffen, Farben und Tinten auf Grund ihrer Stabilität zur Anwendung. Ihre weltweite Produktionsmenge von 6 Mio. Tonnen pro Jahr ist in den letzten 20 Jahren nahezu konstant geblieben. Im Vergleich zu anderen endokrin wirksamen Substanzen können Phthalate ubiquitär in höheren Konzentrationen in der Umwelt nachgewiesen werden. Phthalate werden häufig im Abwasser detektiert. In Folge ihres stark hydrophoben Charakters und der damit verbundenen Sorptionsaffinität an Schwebstoffen kann die Phthalatkonzentration durch die Abwasserreinigung jedoch reduziert werden [7.38]. Bis(2-ethylhexyl)phthalat (DEHP) wurde von der EU als prioritär gefährliche Substanz eingestuft [7.1; 7.4].

Bei den durchgeführten Untersuchungen an der Probenahmestelle Essen-Rellinghausen (n = 34) und denen der Ruhrlängsuntersuchungen lagen die ermittelten Konzentrationen der Phthalate in der Regel unterhalb der analytischen Bestimmungsgrenze von 0,1 µg/l. In etwa 10 % der im Jahr 2016 untersuchten Proben konnte DEHP nachgewiesen werden. Mit einem Mittelwert von 0,1 µg/l wurde die JD-UQN von 1,3 µg/l jedoch sehr sicher eingehalten.

Kurzkettige Chloralkane bzw. polychlorierte Paraffine (short chain chlorinated paraffins, SCCP) sind chlorierte n-Alkane aus 10 bis 13 Kohlenstoffatomen mit einem Chlorgehalt von 30 bis 70 % [7.39]. SCCP werden als Flammschutzmittel in Textilien, Kunststoffen und Papier sowie in der Metallverarbeitung verwendet [7.40]. SCCP werden wegen ihrer Persistenz, chronischen Toxizität und Bioakkumulation durch die EG-WRRL als prioritär gefährliche Stoffe eingestuft, deren JD-UQN von 0,4 µg/l und ZHK-UQN von 1,4 µg/l in Wasser nicht überschritten werden darf. Seit dem Jahr 2002 sind die Verwendung und das Inverkehrbringen, insbesondere in der Metall- und Lederindustrie, in der EU stark eingeschränkt [7.41].

Für alle der über 120 untersuchten Wasserproben der im Jahr 2016 durchgeführten Ruhrlängsuntersuchungen und der wöchentlichen Untersuchungen an der Messstelle Essen-Rellinghausen wurden die oben genannten UQN sicher eingehalten.

PBDE und HBCDD sind Flammschutzmittel, welche beispielsweise Anwendung in Textilien, Kunststoffen und Elektronikbauteilen finden. Da sie in den Materialien chemisch nicht gebunden sind, können sie leicht in die Umwelt gelangen. Durch ihren stark hydrophoben Charakter können diese Substanzen am Klärschlamm sorbieren und über diesen aus dem Abwasser entfernt werden. Bei anschließender Verbrennung des Klärschlammes, wie sie beim Ruhrverband praktiziert wird, werden sie aus dem Stoffkreislauf entfernt. Die ubiquitäre Präsenz, Persistenz, Toxizität und Akkumulation in der Umwelt führten zur Einstufung der PBDE und HBCDD als prioritär gefährliche Substanzen in der EG-WRRL, deren Einleitung, Emission oder Verlust bis zum Jahr 2028 eingestellt werden muss (Phasing-out). Seit 2004 gibt es für die PBDE ein Anwendungsverbot in der EU [7.42]. Die technischen Mischungen PentaBDE und OktaBDE stehen auch auf der Liste der persistenten organischen Schadstoffe (Persistent Organic Pollutants, POPs) der Stockholmer Konvention von 2009 [7.43].

nischen Schadstoffe (Persistent Organic Pollutants, POPs) der Stockholmer Konvention von 2009 [7.43].

Auch im Jahr 2016 lagen die im Rahmen der Ruhrlängsuntersuchungen ermittelten Konzentrationen von BDE 28, 47, 99, 100, 153, 154 und 183 unterhalb der Bestimmungsgrenze von 0,0002 µg/l je Einzelsubstanz. Die ZHK-UQN der OGewV von 0,14 µg/l wurde auch im Jahr 2016 für die Summe der sechs PBDE (siehe oben, ohne BDE 183) in Wasser sicher eingehalten. Die ZHK-UQN für HBCDD von 0,5 µg/l in Wasser wurde in keiner der untersuchten Proben überschritten.

In den im Jahr 2016 untersuchten Biotaprobe lag die Summe der PBDE zwischen 0,19 und 14 µg/kg FG und ist damit vergleichbar mit den im Jahr 2013 ermittelten Werten [7.44]. Die UQN von 0,0085 µg/kg FG wurde damit überschritten. Auch Untersuchungen in anderen Ländern zeigen deutliche Überschreitungen der UQN. So wurden bei einem in Österreich im Jahr 2013 durchgeführten Fischuntersuchungsprogramm für die Summe der PBDE Werte zwischen 0,041 und 7,9 µg/kg FG ermittelt [7.45].

Die als Flammschutzmittel, Weichmacher, Hydrauliköl, Isolier- und Kühlflüssigkeit eingesetzten **PCB** umfassen 209 Einzelsubstanzen [7.46]. Bereits mit der PCB-, polychlorierten Terphenylen- (PCT-), Vinylchlorid (VC)-Verbotsverordnung aus dem Jahre 1989 wurde die Produktion von PCB sowie die Anwendung und Zubereitung PCB-haltiger Stoffe wegen ihrer hohen Persistenz,

[7.36] <http://www.dguv.de/ifa/gestis/gestis-stoffdatenbank/index.jsp>, Zugriff 9. Februar 2017

[7.37] Teo, T., L., McDonald, J., A., Coleman, H., M., Khan, S., J.: Analysis of organophosphate flame retardants and plasticisers in water by isotope dilution gas chromatography-electron ionization tandem mass spectrometry. In: *Talanta*, 2015, 143, S. 114-120

[7.38] Bergé, A., Gasperi, J., Rocher, V., Gras, L., Coursimault, A., Moille-ron, R.: Phthalates and alkylphenols in industrial and domestic effluents: Case of Paris conurbation (France). In: *Science of the Total Environment*, 2014, 488-489, S. 26-35

[7.39] https://www.lgl.bayern.de/gesundheitsarbeitsplatz_umwelt/projekte_a_z/ueb_chlorparaffine.htm; Zugriff 30. Mai 2017

[7.40] http://www.bfr.bund.de/cm/343/risikobewertung_kurzkettiger_chlorparaffine.pdf, Zugriff 31. März 2017

[7.41] Richtlinie 2002/45/EG des europäischen Parlaments und des Rates vom 25. Juni 2002 zur 20. Änderung der Richtlinie 76/769/EWG des Rates hinsichtlich der Beschränkung des Inverkehrbringens und der Verwendung gewisser gefährlicher Stoffe und Zubereitungen (kurzkettige Chlorparaffine), ausgegeben am 6.7.2002

[7.42] Stiborova, H., Vrsklavova, J., Pulkrabova, J., Poustka, J., Hajslova, J., Demnerova, K.: Dynamics of brominated flame retardants removal in contaminated wastewater sewage sludge under anaerobic conditions. In: *Science of the Total Environment*, 2015, 533, 439-445

[7.43] <http://chm.pops.int/Home/tabid/2121/Default.aspx>, Zugriff 24. März 2017

[7.44] Ruhrverband: Vorkommen von organischen Mikroverunreinigungen und Metallen in Biota. In *Ruhrgütebericht 2013*, Essen, S. 100-104

[7.45] Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft, Österreich: Fisch Untersuchungs-Programm 2013 GZÜV-Untersuchungen, Juni 2015

[7.46] <http://www.wasser-wissen.de/abwasserlexikon/p/pcb.htm>, Zugriff 31. März 2017

starken Bioakkumulation und chronischen Toxizität untersagt [7.47]. Seitens der OGewV sind PCB 28, 52, 101, 138, 153 und 180 in Schwebstoff bzw. alternativ in der Wasserphase zu überwachen. Dabei gilt eine JD-UQN von 0,02 mg/kg in Schwebstoffen und 0,0005 µg/l in Wasser je Einzelsubstanz.

Wie bereits in den Vorjahren wurden die Konzentrationen von PCB 28, 52, 101, 118, 153, 138, 180 und 194 an den im Rahmen der Ruhrlängsuntersuchung betrachteten zwölf Messstellen in der Ruhr bestimmt. Die analytischen Bestimmungsgrenzen für die acht PCB von jeweils 0,001 µg/l in Wasser und die JD-UQN bei der oberhalb des Baldeneysees durchgeführten Schwebstoffuntersuchung wurden auch im Jahr 2016 nicht überschritten.

Dioxine in Biota

Unter dem Begriff Dioxine werden zwei unterschiedliche Gruppen von chlorierten Verbindungen zusammengefasst: Dibenzodioxine (PCDD) und Dibenzofurane (PCDF). Aufgrund des unterschiedlichen Chlorierungsgrads umfasst jede der beiden Gruppen eine Vielzahl von Kongeneren, welche ähnliche physikalische, chemische und toxikologische Eigenschaften haben. Zusätzlich weisen viele PCB aufgrund ihrer verwandten Struktur ähnliche Eigenschaften wie die PCDD/F auf. Diese Vertreter werden deswegen als dioxinähnliche (dioxin-like) Verbindungen (dl-PCB) bezeichnet [7.48].

Da die Toxizität der einzelnen Kongenere der Dioxine und der dl-PCB unterschiedlich ist und die Verbindungen meistens in Mischungen auftreten, werden diese Gemische anhand ihrer Toxizitätsäquivalente bewertet. Dafür wurden den einzelnen Verbindungen der dl-PCB und der Dioxine im Jahr 2005 von der Weltgesundheitsorganisation (WHO) festgesetzte Toxizitätsäquivalenzfaktoren (TEF) zugeordnet. Die Toxizität des bekanntesten und giftigsten Dioxins, 2,3,7,8-Tetrachlordibenzodioxin, auch bekannt als „Seveso-Gift“, wird dabei mit eins als höchst möglichem Faktor bewertet. Für die Berechnung wird die gemessene Konzentration der einzelnen Verbindungen mit dem jeweiligen TEF multipliziert und das Produkt aufsummiert. Dabei ergeben sich ein Summenparameter für die PCDD und PCDF, der als WHO (2005) - PCDD/F TEQ bezeichnet wird, sowie einer für die dl-PCB, der sogenannte WHO (2005) - PCB TEQ. Die Summe aus den beiden Werten ergibt das Gesamt-Dioxinäquivalent [7.48].

In einem externen Labor wurden insgesamt drei Fischfilets auf den Gehalt von 17 Kongeneren der PCDD/F sowie auf zwölf Kongenere der dl-PCB untersucht. Bei zwei Proben, Hechte aus dem Baldeneysee und der Versetalsperre, lagen die Werte mit 3,51 ng TEQ/kg FG und 0,596 ng TEQ/kg FG unterhalb der UQN von 6,5 ng TEQ/kg FG. Das Messergebnis der untersuchten Brasse aus dem Baldeneysee liegt mit 20,5 ng TEQ/kg FG deutlich über der UQN. Dieser Wert wird vor allem von den dl-PCB mit einer WHO (2005) - PCB TEQ von 19,0 ng TEQ/kg FG dominiert. In der Gruppe der dl-PCB trägt dabei insbesondere das PCB 126 mit einer Konzentration von 159 ng/kg FG

und einem TEF von 0,1 zu dem hohen Wert bei. Bei den Biotauntersuchungen in der Ruhr im Jahr 2013 überschritten die Messergebnisse von zwei Aalen die UQN. Auch hier wurde der erhöhte Wert vor allem durch den Gehalt an PCB 126 verursacht [7.49]. Die Ergebnisse bezüglich des PCB 126 decken sich mit vielen Studien aus den letzten zwei Jahrzehnten. U. a. wurde bereits im Jahre 1993 eine Untersuchung an Fischen aus den Niederlanden veröffentlicht, die zeigt, dass der TEQ vor allem von den dl-PCB und dort ebenfalls durch das PCB 126 dominiert wird [7.50].

Perfluorierte Tenside (PFT) in Biota

Perfluorooctansulfonsäure (PFOS) ist eine Verbindung aus der Gruppe der perfluorierten Tenside (PFT). Seine für die technische Verwendung hervorragenden Eigenschaften, wie beispielsweise die extrem hohe chemische Beständigkeit, gehen mit den für die Umwelt negativen Eigenschaften, wie z. B. bioakkumulierend und umweltsensibel, einher. Im Laufe der Zeit wurden die negativen Folgen einer Verwendung immer deutlicher. Infolgedessen wurde im Jahr 2009 PFOS der POP-Konvention unterstellt [7.43]. Da in vielen Bereichen auf die positiven Eigenschaften von PFOS nicht verzichtet werden kann, werden an dessen Stelle ähnliche Verbindungen wie z. B. das H4PFOS eingesetzt [7.51] (siehe Kapitel 10).

In Fischen aus dem Baldeneysee wurde für 65 % der Filetproben eine Überschreitung der UQN von 9,1 µg/kg FG ermittelt. Der höchste Gehalt konnte mit 74 µg/kg FG bei einer Brasse festgestellt werden. In der abwasserfreien Versetalsperre lagen in den untersuchten Filetproben alle Werte unterhalb der Bestimmungsgrenze. Zusätzlich zu den Filetproben wurde bei fünf Fischen aus dem Baldeneysee auch deren Leber auf PFT analysiert. In diesen Proben waren die Gehalte an PFT deutlich höher. Der höchste Wert wurde mit 1.100 µg/kg FG ebenfalls in der oben erwähnten Brasse bestimmt. Überschreitungen der UQN sind auch bei anderen Untersuchungen dokumentiert. U. a. bei einem Fischuntersuchungsprogramm im Jahr 2013 in Österreich, bei dem mit Ausnahme von vier Proben in allen 33 untersuchten Biotaprobe n PFOS im Bereich zwischen < 2 und 47 µg/kg FG nachgewiesen wurde [7.45]. Neben PFOS konnte von elf untersuchten PFT-Verbindungen nur Perfluordecansäure, und diese nur in den untersuchten Leberproben, nachgewiesen werden. Der Ersatzstoff H4PFOS lag in allen untersuchten Proben unterhalb der Bestimmungsgrenze von 10 µg/kg FG.

Quecksilber in Biota

Quecksilber ist ein toxisches Schwermetall. Es gelangt zum einen durch natürliche Quellen, wie z. B. Vulkanausbrüche oder mineralische Vorkommen, in die Umwelt und zum anderen wird es durch den Menschen freigesetzt. In Deutschland wurde im Jahr 2014 eine Freisetzung durch die Industrie von etwa 6,67 t Quecksilber in die Atmosphäre dokumentiert. Der größte Anteil mit ca. 75 % wurde dabei von Kraftwerken und Verbrennungsanlagen emittiert [7.52]. Die UQN für Quecksilber in

Biota ist mit 20 µg/kg FG deutlich niedriger als die Lebensmittelgrenzwerte von 500 bzw. 1.000 µg/kg. Diese um mindestens den Faktor 25 niedrigere UQN wurde zum Schutz der Spitzenprädatoren, wie Otter und Seeadler, erlassen. Die niedrige UQN wird auf Grund der ubiquitären Verteilung und der Umweltpersistenz in Deutschland flächendeckend überschritten, während die Lebensmittelgrenzwerte eingehalten werden [7.53].

In den im Jahr 2016 untersuchten Fischproben aus dem Baldeysee (n = 20) wird die UQN für Quecksilber im Durchschnitt um den Faktor 2 überschritten, in der abwasserfreien Versetalsperre (n = 6) bemerkenswerterweise sogar im Durchschnitt um den Faktor 10. Diese Werte spiegeln nahezu die Ergebnisse aus dem Jahr 2013 wider, als die UQN im Baldeysee um den Faktor 2,5 und in der Versetalsperre ebenfalls um den Faktor 10 überschritten wurde. Untersuchungen von Wasserproben im Februar 2015 zeigten für die Versetalsperre sowie für den Zu- bzw. Ablauf des Baldeysees Werte unterhalb der Bestimmungsgrenze von 0,005 µg/l. Da bei den Quecksilberkonzentrationen in der Wasserphase kein Unterschied zu erkennen ist, könnte der höhere Quecksilbergehalt in den Fischen der Versetalsperre aus einer höheren Belastung des Sedimentes in diesem Bereich stammen. Mögliche Ursachen für die Quecksilberkonzentration im Sediment könnten die Quecksilbervorkommen im Sauerland und/oder die Quecksilberbelastung des Waldbodens in diesem Bereich sein [7.54; 7.55].

- [7.47] Verordnung zum Verbot von polychlorierten Biphenylen, polychlorierten Terphenylen und zur Beschränkung von Vinylchlorid; PCB-, PCT-, VC-Verbotsverordnung vom 18. Juli 1989, Bundesgesetzblatt
- [7.48] http://www.bvl.bund.de/DE/01_Lebensmittel/02_UnerwünschteStoffeOrganismen/05_Dioxine/Im_dioxineUndAndere_node.html, Zugriff 25. Januar 2017
- [7.49] Will, J., Klopp, R.: Vorkommen von organischen Mikroverunreinigungen und Quecksilber in Biota. In: Korrespondenz Wasserwirtschaft, 2014, 7, S. 594-599
- [7.50] de Boer, J., Stronck, C., J., N.: Non-ortho and mono-ortho substituted chlorobiphenyls and chlorinated dibenzo-p-dioxins and dibenzofurans in marine and freshwater fish and shellfish from the Netherlands. In: Chemosphere, 1993, 26, S. 1823-1842
- [7.51] Blepp, M., Willand, W., Weber R.: Verwendung von PFOS in der Galvanik - Kennzeichen eines geschlossenen Kreislaufs, Verwendung von Ersatzstoffen. In: Texte 63/2016, Umweltbundesamt, Ausgabe August 2016
- [7.52] <http://prtr.ec.europa.eu/#/pollutantreleases>, Zugriff 14. Februar 2017
- [7.53] Wellmitz, J.: Vergleich der EU-Umweltqualitätsnorm (UQN) für Quecksilber in biologischen Matrices mit der Belastungssituation in deutschen Oberflächengewässern – aktualisierter Stand der Belastung in Fischen und Schwebstoff. Berichte Umweltbundesamt, Dezember 2015
- [7.54] <http://www.steine-und-minerale.de/atlas.php?f=1&l=Q&name=Quecksilber>, Zugriff 26. März 2017
- [7.55] Ministerium für Klimaschutz, Umwelt, Landwirtschaft, Natur- und Verbraucherschutz des Landes Nordrhein-Westfalen: Schwermetalle in nordrhein-westfälischen Waldböden auf Basis der Bodenzustandserhebung – BZE. In: Waldzustandsbericht 2013 – Langfassung –, S. 48-58

Tabelle 7.2: Ausgewählte Substanzen und die Einhaltung der UQN in der Ruhr bei Essen-Rellinghausen

Table 7.2: Selected substances and compliance with UQN in the Ruhr at Essen-Rellinghausen

Stoffname	JD - UQN µg/l	JD - Ruhr µg/l	ZHK - UQN µg/l	ZHK - Ruhr µg/l
Benzo[k]fluoranthren			0,017	0,001
Benzo[a]pyren	0,00017	< 0,001	0,27	0,002
Benzo[b]fluoranthren			0,017	0,002
Benzo[g,h,i]perylene			0,0082	0,002
Fluoranthren	0,0063	0,0048	0,12	0,007
Naphthalin	2	0,0032	130	0,007
2,4-D	0,2	< 0,01	1	0,011
Diuron	0,2	< 0,01	1,8	0,014
Isoproturon	0,3	< 0,01	1	0,018
Triclosan	0,02	0,0079	0,2	0,024
Bifenox	0,012	< 0,01	0,04	0,09
Hexachlorbenzol			0,05	< 0,001
Bromierte Diphenylether			0,14	< 0,0014
Heptachlor und -epoxid	0,0000002	< 0,002	0,0003	< 0,002
Anthracen	0,1	< 0,001	0,1	< 0,01
Terbutryn	0,065	< 0,01	0,34	< 0,01
Benzol	10	< 0,1	50	< 0,1
C10-13 Chloralkane	0,4	< 0,1	1,4	< 0,1
Hexachlorbutadien			0,6	< 0,1
Pentachlorphenol	0,4	< 0,1	1	< 0,1
1-Chlor-2-nitrobenzol	10	< 0,02		
1-Chlor-4-nitrobenzol	30	< 0,02		
Anilin	0,8	< 0,01		
Chlorbenzol	1	< 0,1		
Chlortoluron	0,4	< 0,01		
MCPA	2	< 0,01		
Mecoprop	0,1	< 0,01		
Metazachlor	0,4	< 0,01		
Metolachlor	0,2	< 0,01		
Nitrobenzol	0,1	< 0,01		
Phenanthren	0,5	0,0042		
Propiconazol	1	< 0,01		
Chloridazon	0,1	< 0,01		
Terbutylazin	0,5	< 0,01		
Tetrachlorkohlenstoff	12	< 0,1		
1,2-Dichlorethan	10	< 0,1		
Dichlormethan	20	< 0,1		
DEHP	1,3	< 0,1		
Tetrachlorethen	10	< 0,1		
Trichlorethylen	10	< 0,1		
Trichlorbenzole	0,4	< 0,3		
Trichlormethan	2,5	< 0,1		

	= UQN eingehalten
	= Einhaltung UQN nicht sicher
	= UQN nicht eingehalten

Zusammenfassung

Im Jahr 2016 wurden mehr als 410 verschiedene organische Substanzen (Tabelle 7.1) im Rahmen der 13 mal durchgeführten Ruhrlängsuntersuchung mit zwölf Probenahmestellen und der wöchentlich beprobten Entnahmestelle Essen-Rellinghausen untersucht. Hinzu kamen Proben von aus dem Baldeneysee und der Versetalsperre entnommenen Fischen und Muscheln (Biota). Mehr als 200 Proben wurden auf 70 verschiedene Arzneimittel überprüft. Dazu gehörte beispielsweise das Iomeprol, welches unter den Röntgenkontrastmitteln die höchste Fracht in der Ruhr aufwies (Bild 7.4). Auch die Metaboliten des Metamizol, FAA und AAA, wurden ebenso wie die Antiepileptika Pregabalin und Gabapentin in der Ruhr bei Essen-Rellinghausen nachgewiesen. Das am häufigsten eingesetzte Hypertonikum Metoprolol wurde wie das ebenfalls als Blutdrucksenker verwendete Valsartan in der Ruhr detektiert. Der Metabolit Guanylharnstoff des zur Behandlung von Diabetes eingesetzten Metformins wurde mit der höchsten Fracht aller organischen Spurenstoffe an der Messstelle Essen-Rellinghausen nachgewiesen (Bild 7.4). Sofern für die genannten Substanzen Gesundheitliche Orientierungswerte (GOW) existieren, wurden diese mit Ausnahme des aktiven Metaboliten des Gichtmittels Allopurinol, Oxipurinol, eingehalten. In nahezu allen Proben konnten die künstlichen Süßstoffe Cyclamat, Saccharin, Sucralose und Acesulfam nachgewiesen werden, deren Konzentrationen mit dem Abwasseranteil in der Ruhr korrelieren. Die Komplexbildner DTPA und NTA konnten hingegen nur selten in der Ruhr detektiert werden. MGDA, welches neben NTA als Ersatz für EDTA, dem Komplexbildner mit der höchsten Fracht in der Ruhr, verwendet wird, wurde in mehr als 80 % der untersuchten Proben nachgewiesen (Bild 7.4). Für die etwa 140 untersuchten Pestizide und ihre Metabolite wurden die jahresdurchschnittlichen Umweltqualitätsnormen (JD-UQN) der OGewV und der GOW in allen Ruhrwasserproben sicher eingehalten (Tabelle 7.2). Von den insgesamt 64 analysierten VOC sind neun mit einer JD-UQN in der OGewV versehen, die ebenfalls sicher eingehalten werden. Die 16 untersuchten PAK konnten in der gesamten Ruhr nachgewiesen werden. Die JD-UQN für Fluoranthen wird nur an der Messstation Hattingen knapp überschritten. Sicher können die UQN für die als Flammschutzmittel und Weichmacher eingesetzten PBDE, SCCP, DEHP sowie der GOW für das Organophosphat TCPP eingehalten werden (Tabelle 7.2). Das ursprünglich als Hormonersatzstoff angedachte Bisphenol A wurde in der Ruhr, ebenso wie die drei untersuchten Benzotriazole, welche hauptsächlich als Korrosionsschutzmittel verwendet werden, detektiert. 1H-Benzotriazol, dessen GOW sehr sicher eingehalten wird, gehört genauso wie das in Tinten, Farben und Klebstoffen verwendete TMDD zu den Substanzen mit den höchsten Frachten in der Ruhr. Bei den durchgeführten Untersuchungen von Biota konnten mit Ausnahme der in Bild 7.14 dargestellten Substanzen die UQN der OGewV eingehalten werden.

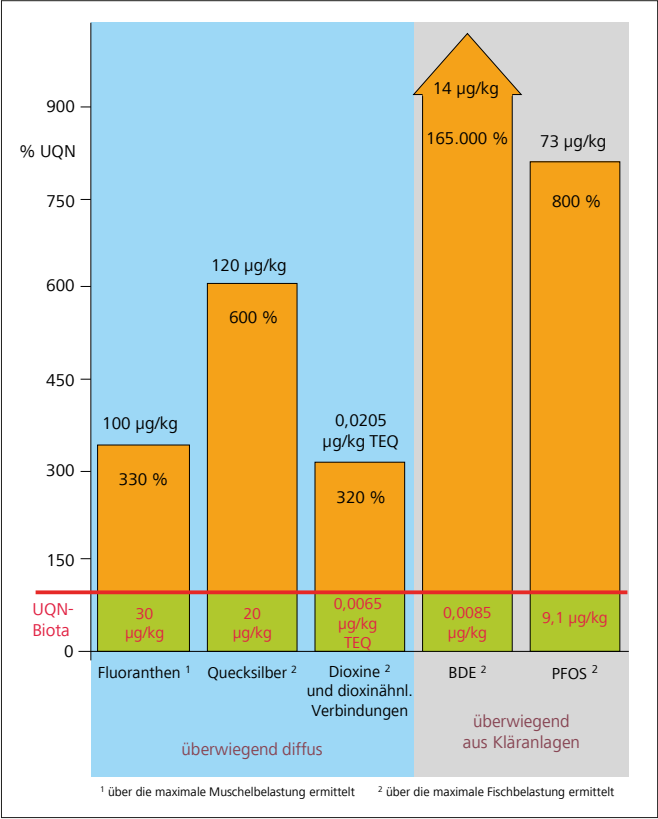


Bild 7.14: Maximalwerte und prozentuale Überschreitung des Grenzwerts von Parametern, die eine UQN in Biota aus der Ruhr nicht einhalten

Fig. 7.14: Maximum values and percentages above the limits of parameters that do not meet one of the UQN in biota from the Ruhr

8 Vorkommen und Bedeutung der neozoischen Körbchenmuschel *Corbicula* in der Ruhr

Einleitung

Bereits seit langem beobachtet der Ruhrverband die Entwicklung der pflanzlichen und tierischen Artenzusammensetzung in der Ruhr. Von besonderem Interesse ist dabei die Einwanderung nicht-heimischer Tier- und Pflanzenarten, sogenannter Neozoen und Neophyten [8.1, 8.2, 8.3]. Finden diese Neubesiedler dann geeignete Lebensraumbedingungen vor und werden nicht durch heimische Arten, z. B. durch Fraßdruck, sofort wieder dezimiert, können sie sich in der bestehenden Biozönose erfolgreich und dauerhaft etablieren. Besonders konkurrenzstarke Arten mit großem Ausbreitungspotenzial können so in kurzer Zeit hohe Dichten erreichen, heimische Arten verdrängen und sich ggf. auch negativ auf die Nutzungen der Gewässer auswirken. Eine solche Einwanderung wird als „invasiv“ bezeichnet. Beispiel für die Einwanderung eines invasiven Neophyten ist die Ausbreitung der aus Nordamerika stammenden Schmalblättrigen Wasserpest *Elodea nuttallii* in den Ruhrstauseen (siehe Kapitel 5). Diese beeinträchtigt mit ihren ausgedehnten Beständen massiv die Wassersportnutzung und kann bei ihrem herbstlichen Abtreiben die Wasserkraftnutzung an den Wehranlagen zum Erliegen bringen. Das zu Beginn der Ausbreitung von *Elodea* befürchtete Verdrängen bis hin zum Aussterben heimischer Wasserpflanzenarten trat jedoch nicht ein [8.4, 8.5].

Auch das plötzliche Auftreten der Schwebgarnele *Hemimysis anomala* in der Möhnetalsperre, eine Art, die ebenfalls als invasiv beschrieben ist, hätte gravierende Auswirkungen auf den trophischen Zustand des von ihr besiedelten Gewässers haben können [8.3]. Um zu prüfen, ob das Vorkommen der Schwebgarnelen die Wasserqualität und die Trophie der Möhnetalsperre beeinträchtigt, führte der Ruhrverband über mehrere Jahre Untersuchungen durch. Entgegen ersten Befürchtungen trat keine Beeinträchtigung des trophischen Zustands der Talsperre auf, da die aus der Schwarzmeerregion stammenden Schwebgarnelen zur bevorzugten Beute der heimischen Flussbarsche der Möhnetalsperre geworden waren. Der Fraßdruck dieser Fische verhinderte somit eine Massenentwicklung der Neozoe.

Bereits in den letzten Jahren häuften sich die Anzeichen, dass die Invasion eines weiteren Neozoen, die sich vom Rhein her in die Ruhr ausbreitende Asiatische Körbchenmuschel *Corbicula*, das Nahrungsnetzgefüge in der unteren Ruhr beeinflusst [8.6, 8.7, 8.8]. Zur Klärung der Sachlage führte der Ruhrverband in Zusammenarbeit mit der Bezirksregierung Düsseldorf in den Jahren 2015 und 2016 spezielle Probenahmen zur quantitativen Erfassung der Verbreitung und Bestandsdichten der Körbchenmuscheln durch. Zudem beauftragte der Ruhr-

verband die Universität Duisburg-Essen, Abteilung Aquatische Ökologie, mit experimentellen Untersuchungen zur Filtrationsleistung der Muscheln.

Herkunft und mögliche Einwanderungspfade

Ursprünglich stammt die Körbchenmuschel *Corbicula spec.* (Bild 8.1) aus dem asiatischen Raum, ist aber bis Afrika und Australien verbreitet. Von Asien aus ist sie wahrscheinlich im Ballastwasser von Schiffen oder als Larve im Aufwuchs von Schiffen zunächst nach Nordamerika verschleppt oder durch menschliche Aktivitäten (Nahrungsreserve chinesischer Einwanderer, touristisches Andenken, Freilassung aus Aquarien) dort eingeführt worden. Ihr erster Nachweis an der pazifischen



Bild 8.1: *Corbicula spec.*, Asiatische Körbchenmuschel aus dem Kemnader See

Fig. 8.1: *Corbicula spec.*, Asian clam from Lake Kemnade

- [8.1] Nusch, E.A.: Neozoen in und an der Ruhr. – Natur am Niederrhein N.F. 16 (Festschrift G. Friedrich) 2001: S. 94 - 100, Krefeld
- [8.2] Ruhrverband: Neozoen im Einzugsgebiet der Ruhr. Ruhrgütebericht 2007: S. 99 – 107
- [8.3] Ruhrverband: Das Vorkommen der Neozoe *Hemimysis anomala* – Schwebgarnele – in der Möhnetalsperre. Ruhrgütebericht 2011: S. 106 – 113
- [8.4] Ruhrverband: Untersuchungen zur Massenentwicklung von Wasserpflanzen in den Ruhrstauseen und Gegenmaßnahmen. Abschlussbericht des Forschungsvorhabens im Auftrag des Ministeriums für Umwelt und Naturschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz des Landes NRW 2008, 364 S.
- [8.5] Ruhrverband: Untersuchungen zur Massenentwicklung von Wasserpflanzen in den Ruhrstauseen und Gegenmaßnahmen. Broschüre der Kurzfassung des Forschungsvorhabens im Auftrag des Ministeriums für Umwelt und Naturschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz des Landes NRW 2009, 32 S.
- [8.6] Ruhrverband: Die Ruhr und ihre Nebengewässer – Trophische Situation der Ruhr. Ruhrgütebericht 2013, S. 60 – 75
- [8.7] Ruhrverband: Die Ruhr und ihre Nebengewässer – Trophische Situation der Ruhr. Ruhrgütebericht 2014, S. 63 – 72
- [8.8] Ruhrverband: Hydrobiologische Untersuchungen der Ruhr und ihrer Nebengewässer – Trophie der Ruhr. Ruhrgütebericht 2015, S. 78 – 95

Küste der USA stammt aus den 1920er Jahren [8.9]. In Mitteleuropa wurde sie in den 1980er Jahren entdeckt, mit einem Erstnachweis im Rhein im Jahr 1985 [8.10]. In der Zwischenzeit hat die Muschel den Rhein, einschließlich des Bodensees, bis zum Hochrhein hinauf besiedelt und ist auch in viele der größeren Rheinzuflüsse eingewandert. In der Ruhr sind erste Funde der Körbchenmuschel seit Anfang des Jahres 2000 bekannt. Im Jahr 2003 hatten sich die Muscheln bereits lokal stark vermehrt, so dass Bänke ausgewachsener Schalen gefunden werden konnten [8.2]. Im Jahr 2005 hatte die Muschel bei ihrer Ausbreitung ruhraufwärts bereits mehrere Wehre überwunden und wurde im Kemnader Stausee nachgewiesen. Die sehr schnelle Ausbreitung gegen die Fließrichtung erfolgte entweder wissentlich durch Menschen oder aber durch Wasservögel, die die Larven an Füßen oder Federn haftend gewässeraufwärts transportierten [8.9].

Ökologie

Der Lebenszyklus der Körbchenmuschel weist einige Besonderheiten auf, die ihre erfolgreiche invasive Ausbreitung mit erklären. So handelt es sich bei den Körbchenmuscheln meist um Hermaphroditen, d.h. zweigeschlechtliche Tiere, die sowohl Spermien als auch Eier produzieren können. Die befruchteten Eier entwickeln sich zwischen den Kiemenlamellen der Muttertiere zu Jungtieren mit Schalen. Diese sogenannten Pediveliger-Larven werden in das Gewässer entlassen. Kleinere Pediveliger-Larven (Schalenlänge < 2 mm) können frei im Wasser schwebend über weite Strecken in Flüssen verdriftet werden.

Mit Hilfe ihres starken Fußes sind diese Larvenstadien aber auch in der Lage über den Gewässergrund zu kriechen. Durch diese Bewegungsmöglichkeiten zusammen mit der hohen Reproduktionsrate lässt sich die zunehmende Ausbreitung der Körbchenmuschel erklären. Die Fortpflanzung erfolgt im Allgemeinen zweimal pro Jahr. Sie kann aber auch ein- bis dreimal pro Jahr erfolgen, wobei die Häufigkeit vermutlich von der Wassertemperatur und/oder dem Futterangebot abhängt, d.h. eine häufigere Reproduktion pro Jahr tritt bei höherer Temperatur und gutem Futterangebot auf [8.9]. Schon früh – im Alter von 3 bis 5 Monaten – ist *Corbicula* fortpflanzungsfähig. Ein Muttertier kann mehrere Tausend Pediveliger-Larven im Jahr produzieren. Ebenso werden für *Corbicula* auch sehr hohe Wachstumsraten beschrieben. So erreichen in europäischen Gewässern Muscheln innerhalb eines Jahres Größen von 10 bis 13 mm. Das maximale Lebensalter von *Corbicula* wird mit 1,5 bis 3 Jahren angegeben, wobei maximale Schalengrößen von 32 bis 36 mm Länge erreicht werden. Bei Untersuchungen im Rhein fanden sich jedoch auch deutlich ältere Tiere von bis zu fünf Jahren [8.11].

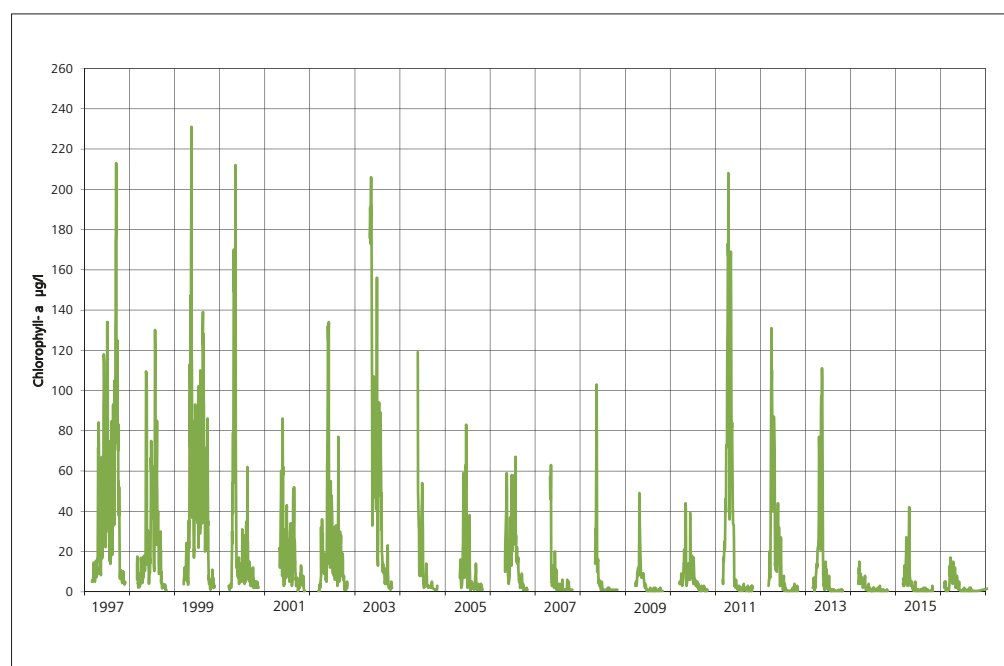


Bild 8.2: Entwicklung der Chlorophyll-a-Konzentration in der Ruhr bei Essen-Rellinghausen von 1997 bis 2016

Fig. 8.2: Development of chlorophyll-a concentrations in the Ruhr at Essen-Rellinghausen from 1997 to 2016

Als Filtrierer ernährt sich die Muschel in erster Linie von Phytoplankton, Bakterien und organischen Partikeln. Die Muschel transportiert aber auch mit Hilfe ihres Fußes Partikel aus dem Sediment in ihren Mund („Pedal-Feeding“). So kann sie organische Sedimentpartikel als Nahrungsquelle nutzen und dadurch schneller wachsen, was ihr zu einem weiteren Vorteil bei der Ausbreitung verhilft [8.12]. Als Lebensraum bevorzugt *Corbicula* im Allgemeinen sandige und kiesige Gewässerböden, in denen sich die Muscheln mit Hilfe ihres kräftigen Fußes eingraben können. Dies sind zumeist die Uferzonen mit niedriger Strömungsgeschwindigkeit und nicht die tiefere, schnell durchflossene Gewässersohle eines Flusses. Vielfach wird beschrieben, dass die größten Dichten von *Corbicula* in sauerstoffhaltigen Sedimenten in flachen Gewässerzonen (= lenitische Bereiche) auftreten [8.11].

Situation in der unteren Ruhr

In den letzten drei Jahren hat die Phytoplanktondichte in der unteren Ruhr drastisch abgenommen. (Bild 8.2). Als Ursache wurde das Auftreten der invasiven Körbchenmuschel *Corbicula* vermutet. Entsprechende Bestandsaufnahmen wurden mittels vom Boot genommener Greiferprobenahmen (Bild 8.3) in den Jahren 2015 und 2016 an acht Stellen im Fließverlauf der unteren Ruhr durchgeführt (Bild 8.4). Die Befunde zeigten hohe Dichten sowohl an lebenden Muscheln als auch an leeren Schalen (Bild 8.5). Im Mittel wurden lebende Individuendichten von 417 Individuen/m² ermittelt. Eine Analyse der Größenklassen und damit der Altersstruktur der Muscheln bei der Untersuchungsjahre ergab einen hohen Anteil von etwa zweijährigen Tieren mit einer Größe von 2 bis 2,5 cm. Deutlich geringer war der Anteil der älteren Tiere, was bei einem maximalen Lebensalter von bis zu drei Jahren verständlich ist. Die Anzahl der einjährigen oder jüngeren Tiere erscheint dagegen niedrig, zumal die Probenahme im September bzw. Oktober stattfand und damit alle in diesem Jahr geborenen Tiere hätten erfasst werden können. Vermutlich wurde mit der Probe-



Bild 8.4: Karte der unteren Ruhr mit Probenahmestellen der Sedimentbeprobung der Jahre 2015 und 2016. Quelle (Karte): Land NRW (2017) Datenlizenz Deutschland - Namensnennung - Version 2.0 (www.govdata.de/dl-de/by-2-0)

Fig. 8.4: Map of the lower Ruhr with sampling points for sediment sampling in 2015 and 2016. Source (map): Land NRW (2017) Datenlizenz Deutschland - Namensnennung - Version 2.0 (www.govdata.de/dl-de/by-2-0)



Bild 8.3: Greifer-Probenahme vom Boot (links), Sedimentprobe (rechts)
Fig. 8.3: Gripper sampling per boat (left), sediment sample (right)

- [8.9] Sousa, R., Antunes, C., Guilhermino, L.: Ecology of the invasive Asian Clam *Corbicula fluminea* (Müller, 1774) in aquatic ecosystems: An overview. In: Ann. Limnol. – Int. J. Lim. 2008, 44 (2), S. 85 – 94
- [8.10] Baur, B., Schmidlin, S.: Effects of Invasive Non-Native Species on the Native Biodiversity in the River Rhine. Ecological Studies, 2007, Vol. 193 Biological Invasions, S. 257 – 273
- [8.11] Viergutz, C., Weitere, M.: Ökologie von *Corbicula fluminea* und *Corbicula fluminalis* als Grundlage für die Gewässergütemodellierung – Literaturstudie und Datenauswertung. . KLIWAS 10, 2013, 39 S.
- [8.12] Vaughn, C. C., Hakenkamp, C. C.: The functional role of burrowing bivalves in freshwater ecosystems. In: Freshwater Biology, 2001, 46, S. 1431 – 1446

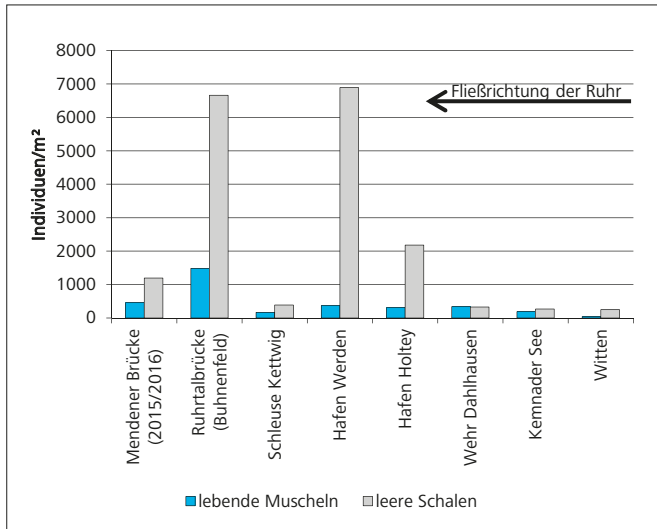


Bild 8.5: *Corbicula*-Besiedlung an acht Stellen in der unteren Ruhr in den Jahren 2015 und 2016: Individuenanzahl lebender Muscheln bzw. leerer Muschelschalen pro Quadratmeter (Mittelwerte)

Fig. 8.5: *Corbicula* population at eight locations in the lower Ruhr in the years 2015 and 2016: Number of living clams and empty shells respectively per square metre (mean values)

nahmetechnik und der Wahl der Probenahmestellen die „Kinderstube“ der Muscheln nicht erfasst (Bild 8.6). Herausragend hohe Dichten lebender Muscheln wurden im Bühnenfeld an der Ruhrtalbrücke in Mülheim gefunden. Dies und auch hohe Befunde im Bühnenfeld am Hafen Holtey bei Essen-Überruhr bestätigen die Vermutung, dass diese Bereiche einen besonders günstigen Lebensraum für die Muscheln darstellen. Ein Vergleich der Größenklassen von lebenden Muscheln der beiden Untersuchungsjahre 2015 und 2016 an der Probenahmestelle Mendener Brücke in Mülheim erbrachte keine populationsdynamische Entwicklung der Altersstruktur der Muscheln (Bild 8.7). In beiden Jahren wurden nur die rund zweijährigen Muscheln in großer Zahl gefunden, was möglicherweise auf eine hohe räumliche Heterogenität und Mobilität der Muscheln hinweist. Die Muscheln besiedeln in der Ruhr bevorzugt kiesige Substrate, wobei die meisten lebenden Muscheln im Feinkies gefunden wurden. Auch in der Literatur werden sandig-kiesige Sedimente als zumeist bevorzugtes Habitat von *Corbicula* beschrieben [8.11]. Eine eindeutige Präferenz der Muscheln in Bezug auf die Wassertiefe konnte nicht festgestellt werden. Vielmehr bestätigte sich, dass in der Ruhr als vollaufgemischter Wasserkörper sowohl die Sauerstoffverhältnisse als auch mit dem Phytoplankton die Futterdichte ausreichen, um in Tiefen bis zu fünf Metern größere *Corbicula*-Bestände wachsen zu lassen.

Auswirkungen auf die Ökologie in der unteren Ruhr

Untersuchungen zur Filtrationsleistung von *Corbicula* an der Universität Duisburg-Essen, Abteilung Aquatische Ökologie, sollten prüfen, ob die nur wenige Zentimeter großen Muscheln mit ihren Bestandsdichten in der Lage sind die Phyto-

planktondichten in der gesamten unteren Ruhr zu beeinflussen. Im Labor der Universität wurden Filtrationsraten pro Muschel von rund 300 ml/(Ind • h) ermittelt. Dies stimmt gut mit Literaturangaben überein, die in Abhängigkeit vom Alter der Tiere, von der Temperatur und Nahrungsdichte über Filtrationsraten von 11 bis 850 ml/(Ind • h) berichten [8.11]. Wird diese an der Universität Duisburg-Essen experimentell ermittelte Filtrationsleistung mit mittleren Dichten von 417 Ind./m² multipliziert, so ergibt sich für die untere Ruhr eine mittlere Filtrationsrate von 125 l/(h • m²). Unter Berücksichtigung der für die Besiedlung zur Verfügung stehenden Fläche der unteren Ruhr zwischen Einlauf Hengsteysee und Auslauf Baldeysee von rund 9.140.000 m² ergibt sich damit eine Gesamtfiltrationsleistung aller Muscheln in der unteren Ruhr von 318 m³/s. Mit Abflusswerten der Ruhr (Pegel Hattingen) von 18,9 m³/s bei MNQ, 69,4 m³/s bei MQ und 546 m³/s bei MHQ wird deutlich, dass die *Corbicula*-Bestände der unteren Ruhr sogar bis zu Abflüssen höher als MQ in der Lage sind, den gesamten Abfluss im Verlauf der betrachteten Fließstrecke zu filtrieren und dabei die planktischen Algen aus der Wassersäule zu entfernen. Damit ist der Rückgang der Phytoplanktondichte (Bild 8.2) rechnerisch mit der Filtrationsleistung der eingewanderten Körbchenmuscheln zu erklären. Auch für den Rhein, bei dem ein deutlicher Rückgang des Potamoplanktons seit über zehn Jahren beobachtet wurde, konnte dies auf das Massenaufkommen von *Corbicula* zurückgeführt werden [8.11].

Dass Massenvorkommen von *Corbicula* vielfältige, negative Auswirkungen auf die Ökologie der besiedelten Gewässer haben können, wurde vielfach beobachtet. Aber auch positive Effekte, wie z.B. die Bedeutung leerer Schalen als neue Hartsubstrate zur Besiedlung für das Makrozoobenthos [8.13], konnten nachgewiesen werden. Als negativer Effekt ist vor allem der Rückgang des Planktons zu nennen. Hierdurch wird z.B. das Nahrungsangebot für die heimischen Muschelarten sowie deren z.T. planktische Larvenstadien reduziert, was zu einem Rückgang der Dichten führt. Dokumentiert ist dies vor allem für Großmuscheln aus der Familie der Unioniden [8.9]. Diese besiedeln auch den Baldeysee sowie die anderen Ruhrstauseen und zeigen mit ihrem Vorkommen die gute Wasserqualität und die Qualität der Sedimente an, die bei Verschlammung und anaeroben Bedingungen nicht von den teilweise eingegraben lebenden Großmuscheln besiedelt werden würden. Ob sich der Rückgang des Phytoplanktons bereits negativ auf die Bestandsdichten der Großmuscheln in der unteren Ruhr ausgewirkt hat, ist nicht bekannt. Der Rückgang des Phytoplanktons führte jedoch zu einer deutlichen Verringerung der Dichte des phytoplanktonfressenden Zooplanktons in den Ruhrstauseen (vgl. Kapitel 5). Diese Veränderung kann sich potenziell weiter im Nahrungsnetz auswirken. So ist bei Massenentwicklungen der neozoischen Dreikant-Wandermuschel *Dreissena polymorpha* dokumentiert, dass deren Filtrationsleistung über die Reduzierung des Phytoplanktons zu einem Rückgang des Zooplanktons führte, das wiederum die Hauptnahrung für Jungfische darstellt. Dies hatte in den untersuchten Gewässern in den USA einen dramatischen Rückgang der Fischreproduktion und damit auch der Gesamtfischbio-

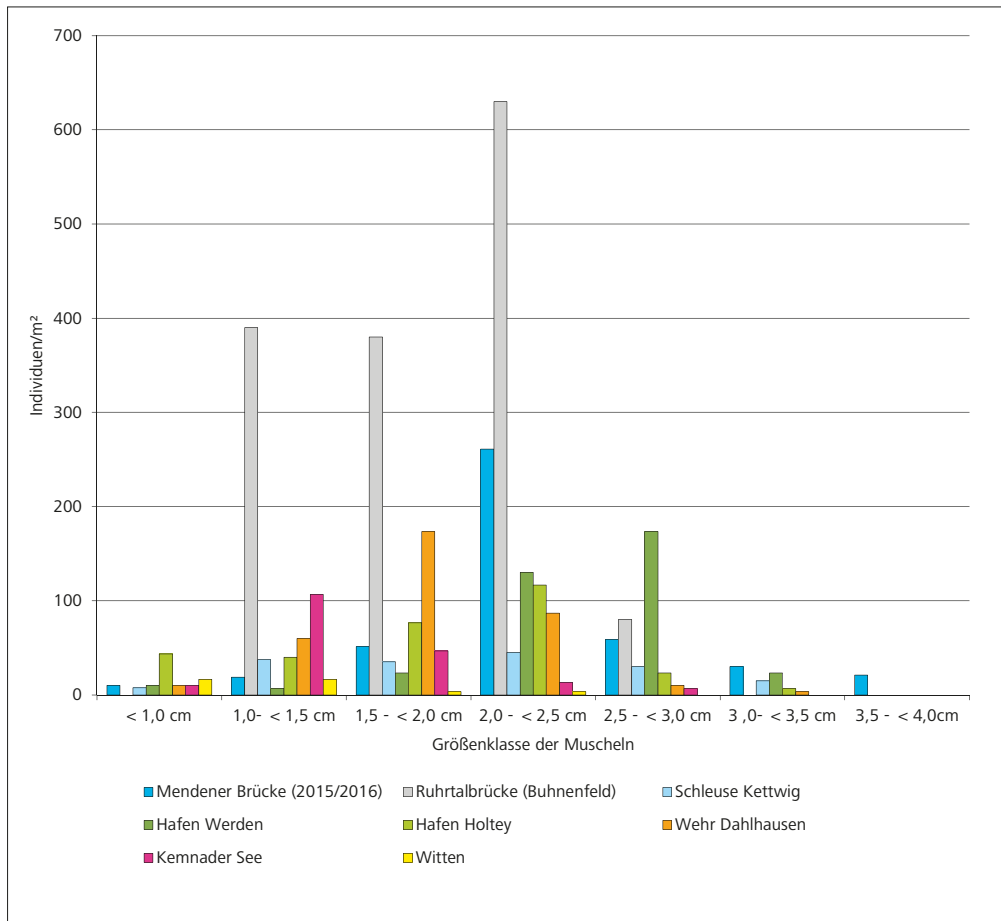


Bild 8.6: *Corbicula*-Besiedlung an acht Stellen der Unteren Ruhr in den Jahren 2015 und 2016: Individuenanzahl lebender Muscheln pro Quadratmeter (Mittelwerte) mit Zuordnung zu Größenklassen der Muscheln

Fig. 8.6: *Corbicula* population at eight locations in the lower Ruhr in the years 2015 and 2016: Number of living clams and empty shells respectively per square metre (mean values) broken down by clam size

masse in den Gewässern zur Folge [8.14]. Seit dem Auftreten von *Corbicula* beobachtet der Ruhrverband daher auch die Reproduktion und die Dichten der Fischbestände der Ruhrstauseen besonders genau. Aber obwohl der Rückgang des Zooplanktons offensichtlich ist, sind negative Auswirkungen auf die Fischdichte und deren Reproduktion bisher nicht erkennbar. Erklärbar ist dies durch einen weiteren Effekt des Phytoplanktonrückgangs: Die geringen Phytoplanktondichten führen dazu, dass das Wasser weniger getrübt ist und somit noch mehr Licht bis zum Gewässergrund gelangt als bereits in den Jahren vor der Masseninvasion von *Corbicula*. Hierdurch wurden Bedingungen geschaffen, die ein verstärktes Pflanzenwachstum, nun auch von weiteren Arten mit höherem Lichtbedarf als *Elodea nuttallii*, ermöglichten. Das erste Aufkommen heimischer, wintergrüner Wasserpflanzenarten im Baldeneysee seit dem Jahr 2015 ist mit hoher Wahrscheinlichkeit hierauf zurückzuführen. Diese für den Baldeneysee neuen Pflanzenbestände sind ein guter Versteck- und Lebensraum für Jungfische, da sie dort vor dem Fraß durch andere Fische geschützt sind. Die auf Grund der neuen Versteckmöglichkeiten reduzierte Jungfischmortalität überlagert damit eine mögliche erhöhte Mortalität auf Grund von Nahrungsmangel durch die reduzierten Zooplanktondichten.

Damit sind zum aktuellen Zeitpunkt die primären Effekte des Massenvorkommens von *Corbicula* durch Rückgang von Phyto- und Zooplankton in der unteren Ruhr offensichtlich. Als sekundärer Effekt führte dies vor allem in dem bis dahin weitgehend makrophytenfreien Baldeneysee zu einer Ausdehnung der Wasserpflanzenbestände. Ob sich die Effekte der Filtrationsleistung von *Corbicula* mittelfristig auch auf die Fischpopulationen der Ruhrstauseen und die Dichten der heimischen Muscheln, v.a. der Großmuscheln, auswirken werden, muss durch weitere Untersuchungen überprüft werden.

- [8.13] Werner, S., Rothhaupt, K.-O.: Effects of the invasive bivalve *Corbicula fluminea* on settling juveniles and other benthic taxa. In: J.N.Am. Benthol. Soc., 2007, 26 (4): S. 673 – 680
- [8.14] Johannsson, O. E., Dermott, R., Graham, D. M., Dahl, J. A., Millard, E. S., Myles, D. D., LeBlanc, J.: Benthic and Pelagic Secondary Production in Lake Erie after the Invasion of *Dreissena* spp. with Implications for Fish Production. In: J. Great Lakes Res., 2000, 26(1). S. 31 – 54

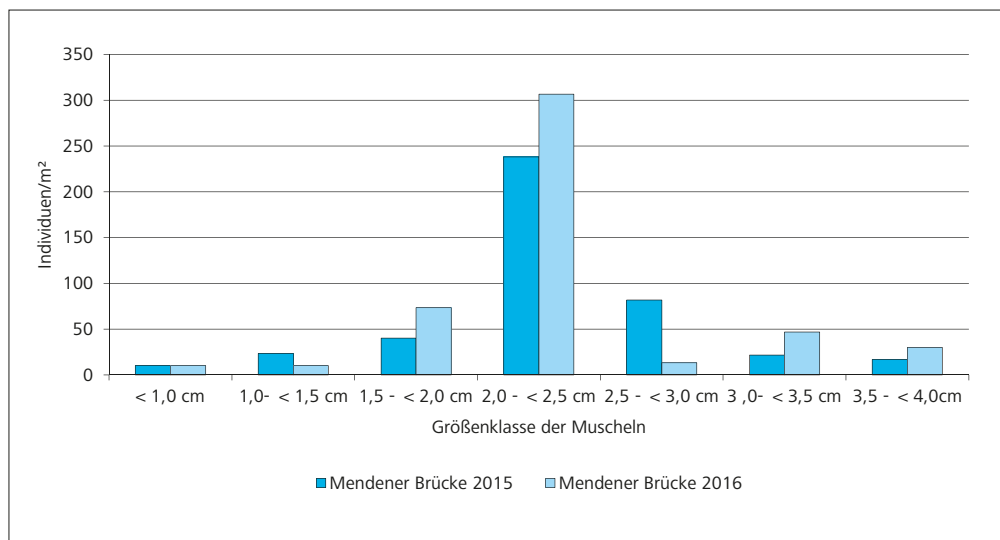


Bild 8.7: *Corbicula*-Besiedlung an der Ruhr an der Probenahme-stelle Mendener Brücke in den Jahren 2015 und 2016: Vergleich der Größenklassen von lebenden Muscheln (Mittelwerte)

Fig. 8.7: *Corbicula* population in the Ruhr at the sampling point Mendener Brücke in the years 2015 and 2016: Comparison of sizes of living clams (mean values)

Ausblick

Die seit über zehn Jahren weitgehend konstant hohen Dichten von *Corbicula* im Rhein belegen, dass es aktuell noch keine relevanten Fraßfeinde für diese Muschel in ihrem neuen Verbreitungsgebiet gibt, die in der Lage sind, die hohen Dichten zu regulieren. Einbrüche in den Dichten der Muscheln wurden bis jetzt nur bei extremen Niedrigwassersituationen beobachtet, wenn die bevorzugt besiedelten sandig-kiesigen Bereiche in Ufernähe trocken fallen. Verstärkt wird dieser Effekt zudem bei sehr niedrigen Temperaturen, wenn die wechselwarmen Muscheln nicht in der Lage sind, dem Absinken des Wasserspiegels durch aktive Wanderung zu folgen [8.15]. Da starke Wasserspiegelschwankungen, wie sie auch beim Rhein zu beobachten sind, an der Ruhr aufgrund der Niedrigwasseraufhöhung aus Talsperren fehlen, treten bis jetzt trockenfallende Uferbänke mit absterbenden *Corbicula*-Beständen nur selten auf [8.2]. Der überwiegende Teil der *Corbicula*-Population in der unteren Ruhr wird hiervon nicht beeinflusst. Damit ist davon auszugehen, dass die Bestandsdichten der Muscheln erhalten bleiben oder sogar noch zunehmen, so lange es nicht zur Nahrungslimitierung auf Grund fehlenden Planktons kommt oder zu geringe organische Sediment-Beläge für „Pedal-Feeding“ verfügbar sind. Die weitere Ausbreitung von *Corbicula* ruhraufwärts und in Nebengewässer wie z.B. die Lenne ist zukünftig zwar möglich, jedoch ist das Nahrungsangebot an Plankton dort so gering, dass größere Muscheldichten nicht zu erwarten sind. Damit wird das Wasser der unteren Ruhr mit hoher Wahrscheinlichkeit weiterhin phytoplanktonarm und klar bleiben, so lange nicht Niederschläge für eine überwiegend anorganische Trübung sorgen. Der klimatische Faktorenkomplex, der die Bestandsentwicklung der Makrophyten bestimmt (vgl. Kapitel 5), wird mit der Körbchenmuschel *Corbicula* um einen weiteren Akteur erweitert, der durch seine

Filtrationsleistung das Makrophytenwachstum weiter fördert. Zudem ermöglicht die aktuelle Klarheit des Ruhrwassers auch Wasserpflanzenarten mit einem höheren Lichtbedarf als *Elo-dea nuttallii*, die Ruhr und die Ruhrstauseen zu besiedeln. Daher ist davon auszugehen, dass ohne wirksame Gegenmaßnahmen das Ausmaß des Pflanzenbewuchses in den Ruhrstauseen zunehmen wird.

Danksagung

Diese Untersuchungen wurden in Zusammenarbeit mit der Universität Duisburg-Essen, Abteilung Aquatische Ökologie, durchgeführt. Für die Unterstützung bei den Probenahmen bedanken wir uns bei der Bezirksregierung Düsseldorf.

[8.15] Werner, S., Rothhaupt, K.-O.: Mass mortality of the invasive bivalve *Corbicula fluminea* induced by a severe low-water event and associated low water temperatures. – eds. Karl M. Wantzen et. al.: *Ecological Effects of Water-Level Fluctuations in Lakes*. Hydrobiologia, 2008, 613, S. 143–150

9 Stoffflussanalyse und -modellierung von Ruhr und Lenne

Stoffflussanalyse

Der Eintrag von Spurenstoffen in Oberflächengewässer geschieht auf sehr unterschiedlichen Wegen. Grundsätzlich kann man hierbei zwischen Einträgen aus diffusen Quellen und Einträgen aus Punktquellen differenzieren. Einträge aus diffusen Quellen erfolgen aus der Fläche des Einzugsgebietes eines Gewässers. Zu typischen diffusen Quellen zählen unter anderem Einträge aus Altlasten, aus der Erosion von Böden oder aus atmosphärischen Depositionen. Zu den punktuellen Einleitungen zählen Abläufe von Kläranlagen, industrielle Direktleitungen und Überläufe von Niederschlagsbehandlungsanlagen [9.1]. Eine Reihe der so eingetragenen chemischen Verbindungen wird bei der konventionellen Abwasserbehandlung nur unzureichend abgebaut (vgl. Kap. 7).

Auch die Kläranlagen des Ruhrverbandes sind daher eine Quelle für die kontinuierliche Emission von Spurenstoffen in die Gewässer und stehen im Fokus der zuvor geschilderten Diskussion. Die Feststellung einer Emission aus Kläranlagen allein ist jedoch zur Gewässerbewirtschaftung bei weitem nicht ausreichend. Der Ruhrverband setzt eine Stoffflussanalyse

se zur quantitativen Bestimmung der Bedeutung von Einleitungen im Gesamtsystem des Fließgewässereinzugsgebiets und zur Betrachtung möglicher Szenarien ein. Im Rahmen der Analyse werden Einzelstoffe in Oberflächengewässern hinsichtlich ihrer Konzentration, Fracht und Eintragspfade untersucht. Ziel der Stoffflussanalyse ist die Identifikation von Belastungsschwerpunkten entlang der Fließgewässerstrecke. Anhand der Ergebnisse dieser Bewertung werden die Notwendigkeit und die Priorität möglicher Maßnahmen festgelegt.

Modellierung

Im Rahmen der Integralen Entwässerungsplanung wird die Modellierungssoftware GREAT-ER (Geography-Referenced Regional Exposure Assessment Tool for European Rivers) in der erweiterten Version 4.0 [9.2] verwendet. Bei dem Programm handelt es sich um eine GIS-gestützte Anwendung, die bereits erfolgreich eingesetzt wurde, um die Konzentrationen von Diclofenac in der Ruhr sowie deren Nebengewässern abzubil-

[9.1] Bergmann, A. 2011. *Organische Spurenstoffe im Wasserkreislauf*. Acatech Materialien. 2011, Bd. 12.

[9.2] Universität Osnabrück. 2014. Forschungsprojekt GREAT-ER. [Online] Universität Osnabrück, 2014. [Zugriff: 18. April 2017.] https://www.usf.uni-osnabrueck.de/forschung/angew_systemwissenschaft/great_er.html.

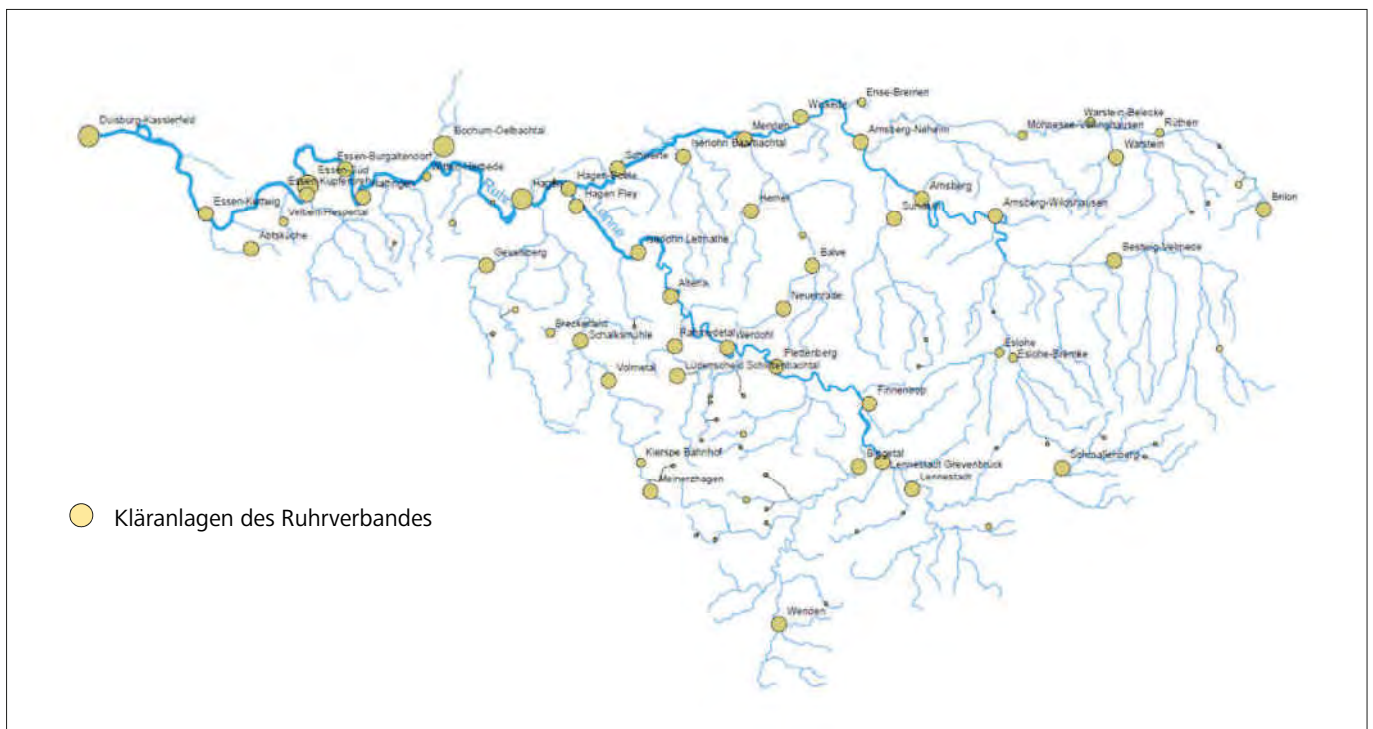


Bild 9.1: Fließgewässernetz des Rheineinzugsgebiets
Fig. 9.1: Network of flowing waters in the Ruhr catchment area

den [9.3]. Die Software erlaubt eine georeferenzierte Berechnung der Einzelstoffkonzentration im Gewässer und eine weitere Verschneidung mit anderen georeferenzierten Daten. Die Ermittlung der Gesamtfrachten einzelner Kläranlagen erfolgt zunächst anhand von einwohnerbezogenen Frachten. Das Fließgewässernetz wird mit diesen Frachten beaufschlagt und die Konzentration der Einzelstoffe entlang der Fließgewässerstrecke errechnet. Eliminationsprozesse, die zu einer Verringerung der transportierten Fracht führen, können hierbei berücksichtigt werden.

Für die Verwendung im Einzugsgebiet des Ruhrverbandes wurde das zugrundeliegende Fließgewässernetz durch die Universität Osnabrück aktualisiert und die Abflüsse anhand der Abflussgeschehen Q_{183} und MQ kalibriert. Das Abflussgeschehen MQ bezeichnet den arithmetischen Mittelwert der Abflüsse eines Jahres. Im Fall von Q_{183} handelt es sich um den Median der Abflüsse eines Jahres. Durch die fehlende Berücksichtigung von hohen Abflussereignissen ergibt sich für Q_{183} eine deutlich geringere Wassermenge und höhere Konzentrationen. Das Abflussgeschehen Q_{183} wurde durch das MKULNV als Bezugsabfluss für Mischungsrechnungen festgelegt [9.4].

Bild 9.1 zeigt das genutzte Fließgewässernetz sowie die Standorte der Kläranlagen des Ruhrverbandes (gelbe Punkte). Als Grundlage für die Modellierung dienen Daten aus dem Untersuchungsprogramm der Ruhrlängsuntersuchung (2014 bis 2016) und der Lennelängsuntersuchung (2014) sowie Mes-

Tabelle 9.1: Modellerte Stoffe
Table 9.1: Modelled substances

Einzelstoff	Verwendung
1H-Benzotriazol	Korrosionsschutzmittel
Carbamazepin	Antiepileptikum
Clarithromycin	Antibiotikum
Diclofenac	Analgetikum
Metoprolol	Betablocker
Sotalol	Betablocker
Sulfamethoxazol	Antibiotikum

sungen zu den Ablaufkonzentrationen an mehreren Kläranlagen des Ruhrverbandes. Anhand der vorhandenen Datenbasis wurden kalibrierte Modellierungen für die in Tabelle 9.1 aufgeführten Stoffe erstellt.

Bei den aufgeführten Stoffen handelt es sich um eine begrenzte Auswahl aus der Fülle möglicher Einzelsubstanzen, deren Betrachtung durch das Kompetenzzentrum für Mikroschadstoffe in NRW empfohlen wird [9.5]. Weitere Stoffe können nach Bedarf ergänzt werden, sofern eine ausreichende Datengrundlage zur Kalibration verfügbar ist.

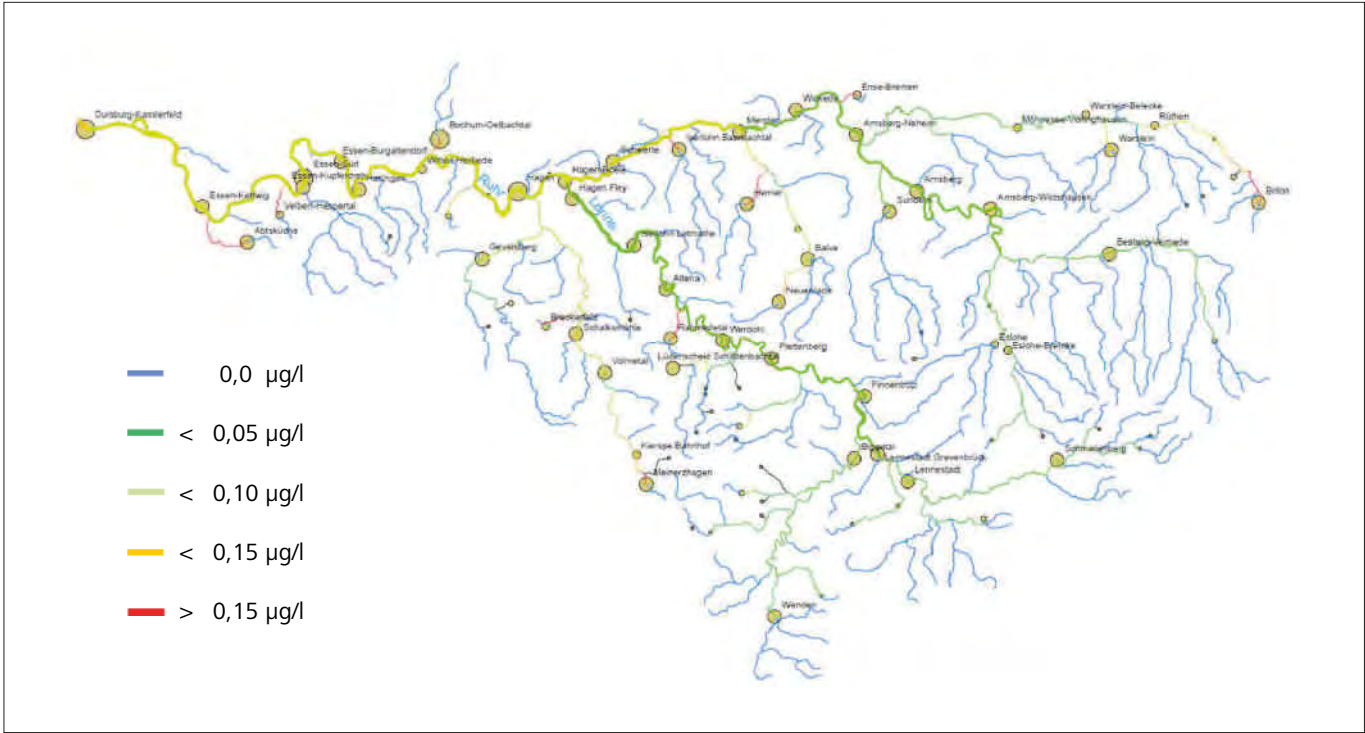


Bild 9.2: Grafische Darstellung der simulierten Konzentration von Diclofenac im Ruhr-EZG bei Bezugsabfluss MQ
Fig. 9.2: Graphic illustration of the simulated concentrations of diclofenac in the Ruhr catchment area with reference to MQ

Ergebnisse der Simulation

Anhand der beschriebenen Eingangsgrößen werden die Emissionsfrachten der einzelnen Punktquellen ermittelt und die Stoffflüsse im Fließgewässernetz errechnet. Das Ergebnis der Simulation ist somit ein konsistentes Frachtprofil, welches das gesamte Einzugsgebiet der Ruhr erfasst. In Kombination mit dem gewählten Abflussgeschehen und den dazugehörigen Abflüssen der einzelnen Gewässerabschnitte ergeben sich so die simulierten Einzelstoffkonzentrationen entlang der Fließgewässerstrecke. Als Beispiel ist in Bild 9.2 das Ergebnis eines Simulationslaufes dargestellt. Die Abbildung zeigt die Konzentration von Diclofenac beim Abflussgeschehen MQ im gesamten Ruhr-Einzugsgebiet. Die errechnete Einzelstoffsimulation wird hierbei durch die fünfstufige Farbindikation angezeigt. Der Orientierungswert (Mittelwert gem. D4-Liste) für Diclofenac liegt bei 0,1 µg/l und wird im Großteil der Gewässerabschnitte beim Abflussgeschehen MQ unterschritten.

Neben der im Bild 9.2 gewählten Darstellung in Form einer Karte kann das Konzentrationsprofil jedes abgebildeten Gewässerabschnittes selektiert und im Verhältnis zur Fließgewässerstrecke dargestellt werden. Bild 9.3 zeigt das Konzentrati-

onsprofil von Diclofenac entlang der Lenne für den oben beschriebenen Simulationslauf.

Die Darstellung verdeutlicht die hohe Auflösung des erzeugten Konzentrationsprofils. Die Länge der einzelnen Gewässerabschnitte variiert zwischen 0,1 und 1,9 km. Die Emissionen der einzelnen Kläranlagen zeigen ein typisches „Sägezahnprofil“. Hierbei führt die eingeleitete Fracht der Kläranlagen zu einem Anstieg der Gesamtfracht und somit zu einem Anstieg der Konzentration. Während die Fracht unterhalb der Kläranlage konstant bleibt, nimmt die Wassermenge sukzessiv zu. Aus

- [9.3] Kehrein, Nils, Berlekamp, Jürgen und Klasmeier, Jörg. 2015. Modeling the fate of down-the-drain chemicals in whole watersheds: New Version of GREAT-ER software. Environmental Modelling Software. 2015, 64.
- [9.4] Ministerium für Klimaschutz, Umwelt, Landwirtschaft, Natur- und Verbraucherschutz des Landes NRW. 2016. Prüfung der Gewässerträglichkeit von Kläranlagen gemäß § 57 Absatz 1 Nr. 2 WHG Bezugsabfluss für die Mischrechnung bei Jahresdurchschnittswerten. IV-7-032 026 0030, Düsseldorf: s.n., 2016.
- [9.5] Kompetenzzentrum-Mikroschadstoffe.NRW. 2016. www.masterplan-wasser.nrw.de. [Online] ARGE Kompetenzzentrum Mikroschadstoffe.NRW GbR, 2016.

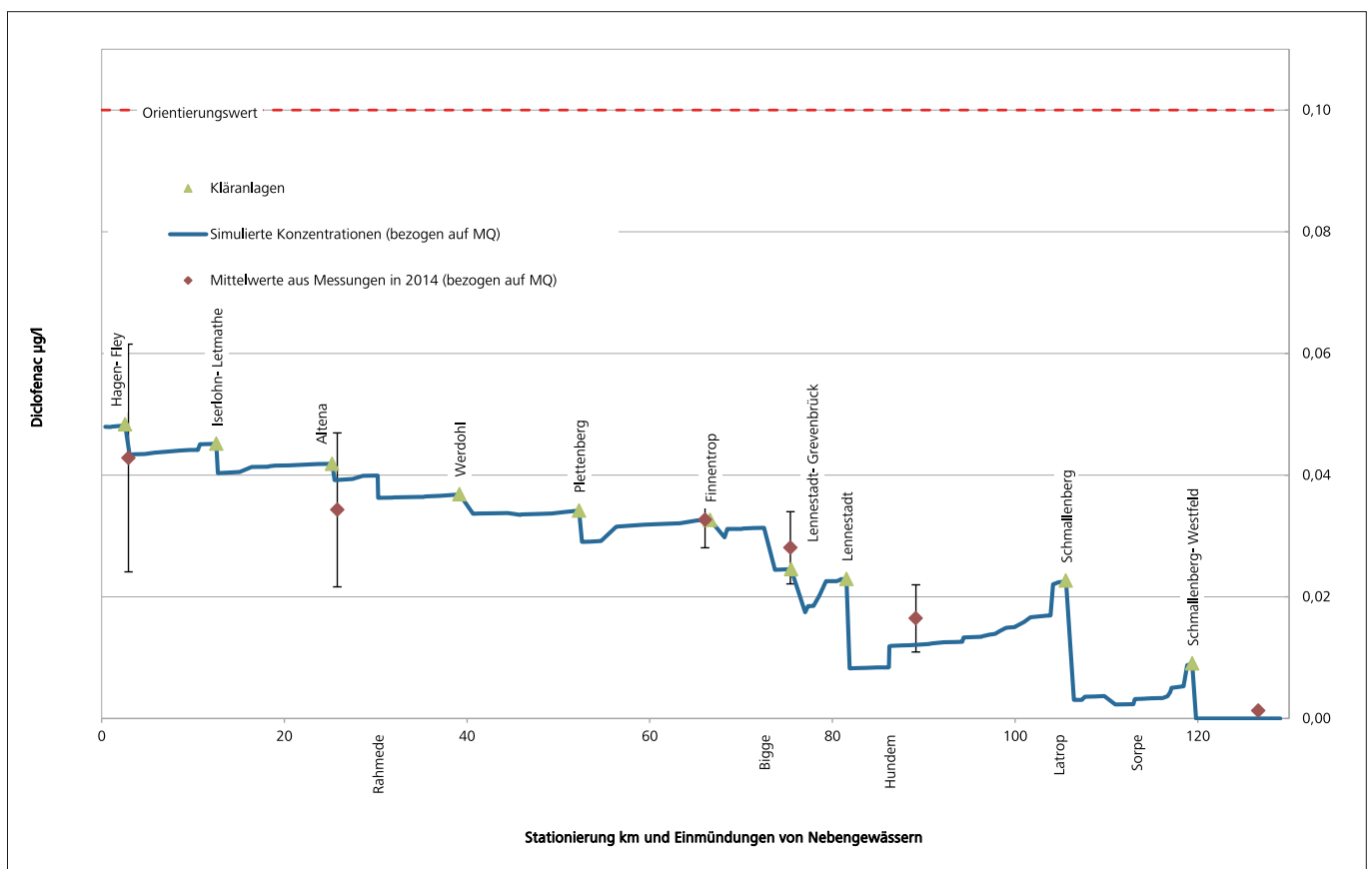


Bild 9.3: Konzentrationsverlauf von Diclofenac entlang der Lenne (bezogen auf MQ)
Fig. 9.3: Development of diclofenac concentrations along the Lenne (with reference to MQ)

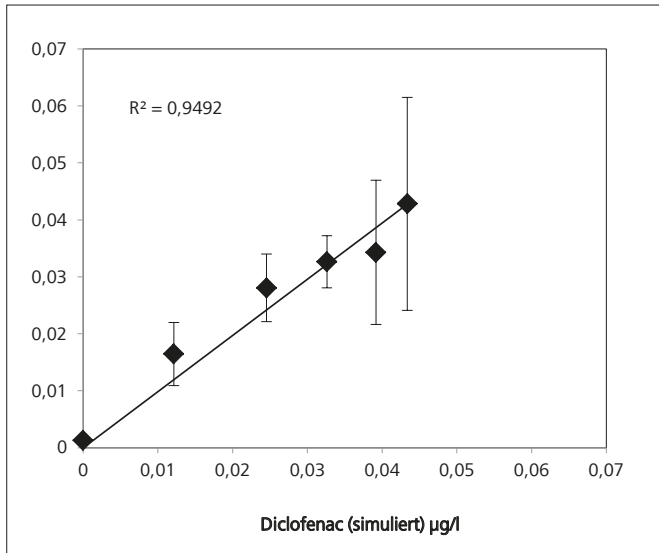


Bild 9.4: Korrelation zwischen simulierten und gemessenen Einzelstoffkonzentrationen (bezogen auf MQ)

Fig. 9.4: Correlation of simulated and measured single compound concentrations (with reference to MQ)

diesem Grund sinkt die Konzentration bis zur nächsten Einleitstelle ab. Nebengewässer, die eine geringere stoffliche Belastung mit sich bringen, führen durch Verdünnungseffekte zu einer Verringerung der Konzentration. Ein Beispiel hierfür ist die Hundem, die oberhalb der Kläranlage Lennestadt in die Lenne fließt. Die in Rot dargestellten Rauten zeigen den Mittelwert der im Rahmen des Monitorings gemessenen Konzentrationen. Um die Vergleichbarkeit zwischen Simulation und Messwerten zu gewährleisten, wurden diese auf den Abfluss MQ umgerechnet. Bild 9.4 zeigt den Vergleich zwischen den simulierten Stoffkonzentrationen und den Mittelwerten der auf MQ bezogenen Messungen.

Anhand von Bild 9.4 wird deutlich, dass die Simulation eine hohe Übereinstimmung mit den Mittelwerten der gemessenen Konzentrationen aufweist. Die gezeigten Fehlerindikatoren (Hälfte der Standardabweichung) deuten darüber hinaus auf eine deutliche Schwankung der gemessenen Werte im unteren Bereich der Lenne hin. Neben der Betrachtung eines Bezugsabflusses ist es daher sinnvoll, simulierte Konzentrationsverläufe bei unterschiedlichen Abflusssituationen vergleichend zu betrachten. Bild 9.5 zeigt die Verläufe der simulierten

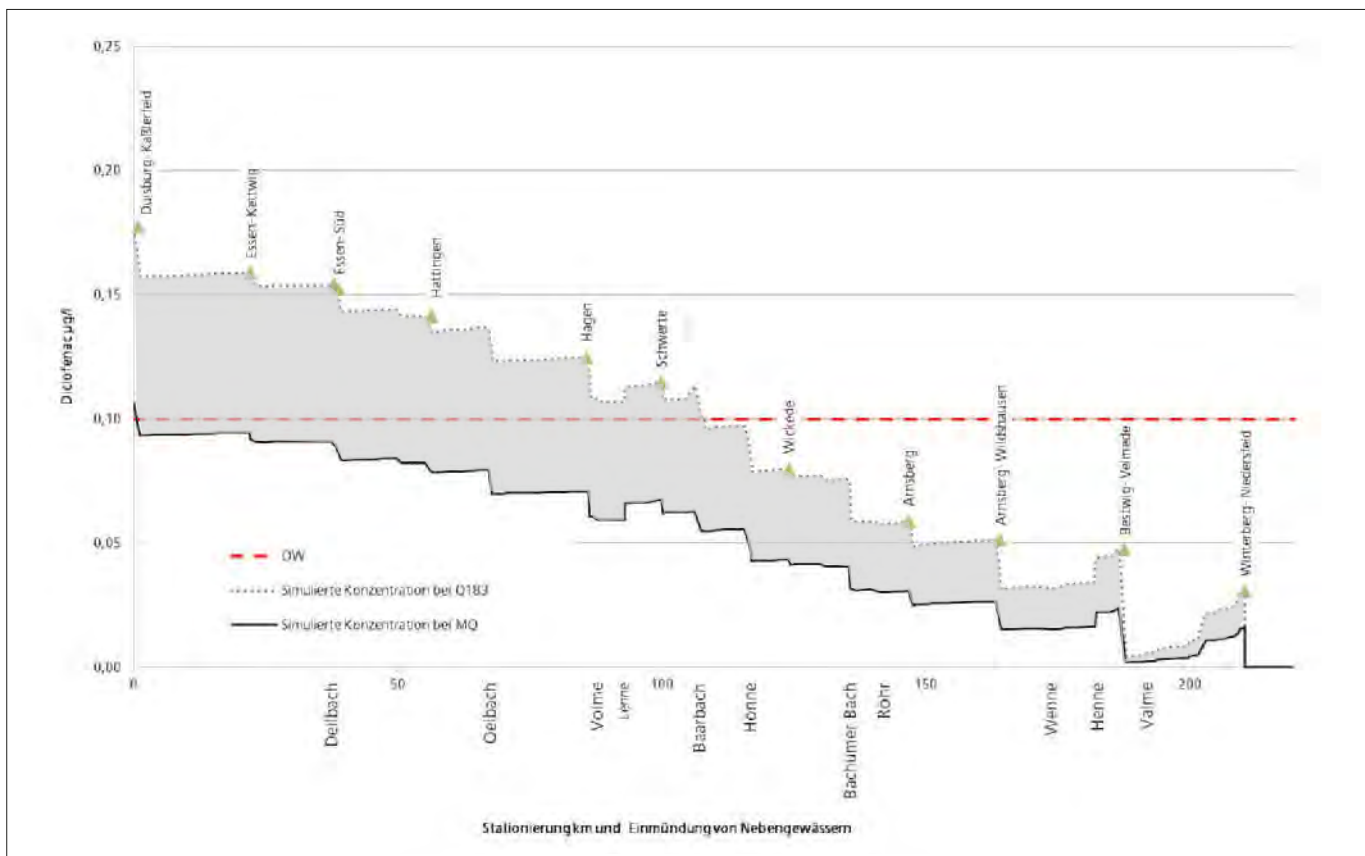


Bild 9.5: Vergleich der simulierten Konzentration von Diclofenac entlang der Ruhr bezogen auf Q_{183} und MQ

Fig. 9.5: Comparison of simulated diclofenac concentrations along the Ruhr with reference to Q_{183} and MQ

Konzentration von Diclofenac entlang der Ruhr. Hierbei wurden die Ergebnisse der Simulation bei MQ und Q_{183} gegenübergestellt. Bild 9.5 visualisiert den Bereich (grau) zwischen den beiden betrachteten „mittleren“ Abflussgeschehen. Während bei MQ keine Überschreitung des Orientierungswertes vorliegt, ergibt sich bei der Betrachtung von Q_{183} ab Kilometer 108 eine Konzentration oberhalb von $0,15 \mu\text{g/l}$.

Zusammenfassung

Durch die Verwendung einer Stoffflussmodellierung können die Konzentrationsverläufe von Spurenstoffen entlang der Fließgewässerstrecken simuliert werden. Die Ergebnisse der Simulation ermöglichen einen integralen Ansatz zur Betrachtung der Konzentrationen in der Ruhr, der Lenne sowie weiterer Nebengewässer. Durch die hohe räumliche Auflösung können darüber hinaus auch die Einflüsse einzelner Kläranlagen auf die unterhalb liegenden Gewässerabschnitte untersucht werden. Anhand dieser Modellierungen können Bereiche identifiziert werden, die eine hohe stoffliche Belastung aufweisen. Die Modellierung ergänzt die Informationen des Monitorings. Das bestehende Modell erlaubt darüber hinaus eine Simulation von potentiellen Szenarien zur Abschätzung ihrer Wirkung auf die Stoffkonzentrationen im Gewässer.

10 Zehn Jahre PFT im Ruhreinzugsgebiet

Einleitung

Die Substanzklasse der Perfluorierten Tenside (PFT) war bis zum Jahr 2006 in der aquatischen Umwelt weitgehend unbekannt und damit auch in ihrer Umweltrelevanz nicht bzw. nicht richtig eingeschätzt. Dies änderte sich, als anlässlich einer Längsuntersuchung des Rheins WissenschaftlerInnen der Universität Bonn erhöhte Werte von Perfluorierten Tensiden, vor allem von Perfluorooctansäure (PFOA), an der Ruhrmündung feststellten und diese im Mai 2006 im Rahmen einer Fachveranstaltung in Celle vorstellten [10.1].

Diese Messungen hatten umfangreiche Untersuchungs- und Maßnahmenprogramme zur Folge, die in Zusammenarbeit der zuständigen Landesbehörden, der Arbeitsgemeinschaft der Wasserwerke an der Ruhr (AWWR) und des Ruhrverbands mit großem Erfolg durchgeführt wurden. Heutzutage gehören die Perfluorierten Tenside mit zu den am intensivsten untersuchten organischen Spurenstoffen in der Ruhr und haben in der Fachwelt aber auch in der Öffentlichkeit einen hohen Bekanntheitsgrad. Mittlerweile ist Perfluorooctansulfonsäure (PFOS) in der Oberflächengewässerverordnung (OGewV) mit einer Umweltqualitätsnorm von $0,65 \text{ ng/l}$ aufgeführt [10.2]; einem Wert, der um den Faktor 1.000 unterhalb der ersten in der Möhnetalsperre im Jahr 2006 gemessenen Konzentrationen liegt. Ein Jahrzehnt der PFT-Untersuchungen gibt Anlass, einen Überblick über die damalige Ausgangslage, die zeitliche Entwicklung und die aktuelle Situation im Ruhreinzugsgebiet zu geben.

Eigenschaften und Verwendung von PFT

Perfluorierte Tenside (PFT) bilden eine Gruppe von über 300 anthropogen erzeugten Substanzen, bei der die Wasserstoffatome am Kohlenstoffgerüst vollständig durch Fluoratomer ersetzt sind. Die polare Kohlenstoff-Fluor-Bindung ist die stabilste Bindung bei organischen Substanzen, woraus eine hohe thermische und chemische Stabilität resultiert. Bei den PFT wird grundsätzlich unterschieden zwischen Perfluorierten Alkylcarbonsäuren und Perfluorierten Alkylsulfonsäuren jeweils mit vier bis zwölf Kohlenstoffatomen. Die mengenmäßig herausragenden und am besten untersuchten Vertreter stellen die Perfluorooctansäure (PFOA) und die Perfluorooctansulfonsäure

[10.1] Skutlarek, D., Exner, M., Färber, H. (2006): Bestimmung von perfluorierten organischen Tensiden (PFC) in der aquatischen Umwelt und Trinkwasser mittels HPLC-MS/MS. Poster auf der Tagung der Wasserchemischen Gesellschaft am 22.–24.05.2006 in Celle.

[10.2] Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit (Hrsg.): Verordnung zum Schutz der Oberflächengewässer (Oberflächengewässerverordnung – OGewV, Berlin: 20.06.2016)

(PFOS) dar. PFT werden seit über 50 Jahren hergestellt, zeichnen sich durch hohe Beständigkeit gegenüber UV-Strahlen und Verwitterung sowie durch schmutz-, farb-, fett-, öl- und wasserabweisende Eigenschaften aus und werden in vielen Industriebereichen und Konsumprodukten eingesetzt. Hierzu gehören u.a.:

- Imprägnierung der Oberflächen von Textilien, Leder und Teppichen
- Fett- und wasserabweisende Beschichtung von Papier und Karton
- Oberflächenbehandlung in Galvaniken (Hart- und Glanzverchromung, Kunststoffverchromung, Kunststoffbeize)
- Einsatz in Feuerlöschschäumen zur Bekämpfung vor allem von Flüssigkeitsbränden (Benzin/Öl)

PFT sind naturfremde Substanzen, die in der Umwelt biologisch nicht abgebaut werden. Aufgrund ihrer Stabilität werden sie mittlerweile in Gewässern, in der Atmosphäre und weltweit z. B. im menschlichen Blut und selbst in der Leber von Eisbären nachgewiesen [10.3]. Die von PFT ausgehende Gefährdung ist wissenschaftlich noch nicht abschließend geklärt. Die fortpflanzungsgefährdenden Wirkungen von PFOS und PFOA im Tierversuch sind unbestritten, wobei die wirksamen Dosierungen aber sehr hoch sind. Die im menschlichen Blut gemessenen Werte liegen um mehrere Größenordnungen unter den im Tierversuch wirksamen Konzentrationen [10.4].

PFOA und PFOS werden in Kläranlagen weder unter aeroben noch unter anaeroben Bedingungen in nennenswertem Maße abgebaut. Ein Rückhalt erfolgt allenfalls durch Adsorption am Belebtschlamm. Für PFOS wird dieser mit etwa einem Drittel beziffert [10.5], so dass der Hauptanteil im Abwasser verbleibt. Kläranlageneinleitungen gelten in der Regel als Haupteintragsquellen in die Gewässer, so dass die Gewässerbelastung mit dem kommunalen Abwasseranteil korrelieren sollte.

Neben den PFT ist mittlerweile die Gruppe der Polyfluorierten Tenside von Bedeutung. Diese werden als PFOS-Ersatzstoffe in Feuerlöschmitteln aber auch in der Oberflächenbehandlung eingesetzt. Hier ist der bekannteste Vertreter die 1H,1H,2H,2H-Perfluorooctansulfonsäure (H4PFOS). Polyfluorierte Tenside sind im Vergleich weniger stabil und können in der Umwelt abgebaut bzw. umgewandelt werden, wobei allerdings Abbauprodukte in vielen Fällen wiederum PFT-Verbindungen sein können [10.6].

Die Situation im Jahr 2006

Ursachenermittlung der PFT-Belastung

Die im Frühjahr 2006 an der Ruhrmündung festgestellten Messwerte wurden zum Anlass genommen, nach den Ursachen der PFT-Belastung, mit der im Folgenden -soweit nicht anders erläutert- die Summe aus PFOA und PFOS gemeint ist, zu forschen. Dies war wegen der Befunde in aus Ruhrwasser

gewonnenem Trinkwasser auch aus Verbraucherschutzgründen geboten. Der erste Verdacht, die damaligen erhöhten PFT-Konzentrationen würden durch Industriebetriebe oder Kläranlagen verursacht, bestätigte sich bei den Analysen aber nicht. Vielmehr ergaben die umfangreichen Untersuchungen und Recherchen, dass die Gewässer durch die „Düngung“ landwirtschaftlicher Flächen mit „Bioabfallgemischen“ verschmutzt wurden. Dieser sogenannte „Bodenverbesserer“ war in illegaler Weise mit stark PFT-belasteten Industrieschlämmen aus Belgien und den Niederlanden vermischt und über mehrere Jahre auf die betroffenen Felder aufgebracht worden. Von dort gelangten die Perfluorierten Tenside durch Auswaschung in die Oberflächengewässer. Die Hauptquelle stellte eine etwa 10 ha große landwirtschaftliche Fläche bei Brilon-Scharfenberg dar. Diese Fläche war in den Jahren 2004 bis 2006 mit ca. 650 t „Biokompost“ beaufschlagt worden und enthielt im Sommer 2006 noch ein PFT-Depot von etwa 400 kg, wovon der größte Teil auf PFOS entfiel [10.7]. Die Fläche entwässert über die Steinbecke und die Bermecke in die Möhne weit oberhalb der Möhnetalsperre. Ein kleiner Teil der ausgeschwemmten PFT-Frachten gelangte auch als Fremdwasser über die Kläranlage Brilon-Scharfenberg in das Gewässer.

Gewässeruntersuchungen

Für den Ruhrverband galt es zunächst, eine Bestandsaufnahme der Belastungssituation ausgehend vom Umfeld der Hauptquelle bis hin zum gesamten Ruhreinzugsgebiet vorzunehmen. Für die Möhnetalsperre wurde dabei Anfang Juni 2006 über Tiefenprofile ein PFT-Depot von ca. 75 kg errechnet, welches zu 95 % aus PFOA bestand. Die PFT-Konzentration (Summe PFOA und PFOS) betrug rund 650 ng/l. In allen anderen Ruhrverbandstalsperren lagen die PFT-Befunde jeweils unterhalb der Bestimmungsgrenze von 10 ng/l, was die Möglichkeit eröffnete, die PFT-Konzentrationen in der Ruhr durch eine entsprechende Talsperrensteuerung zu begrenzen.

Zusätzliche PFT-Einträge erfolgten -in allerdings geringerer Menge- über weitere Ruhrzuflüsse im Oberlauf (Elpe und Nierbach), wo ebenfalls kontaminierte Flächen lokalisiert wurden. Die Frachteinträge in die obere Ruhr lagen schätzungsweise bei etwa einem Drittel, diejenigen in die Möhne bei etwa zwei Dritteln der über kontaminierte Flächen eingetragenen Gesamtfracht. Erwartungsgemäß nahmen im Verlauf des Jahres 2006 die Frachteinträge bei Niederschlägen, d.h. mit steigenden Abflüssen zu. Dies zeigte sich bereits bei den Konzentrationen im Gewässer, die ebenfalls mit dem Abfluss anstiegen. Da der Sommer 2006 mit Ausnahme des Augusts eher niederschlagsarm war, hielt sich bis zum Jahresende der PFT-Eintrag aber in Grenzen, so dass sich die Konzentration in der Möhnetalsperre auf knapp 400 ng/l verringerte.

Belastung von Fischen

Parallel zu den Gewässeranalysen wurden auch Fische hinsichtlich ihrer PFT-Belastung untersucht. Für Fische aus der Möhnetalsperre wurden dabei PFOS-Konzentrationen bis 208

µg/kg Frischgewicht gemessen. PFOA war jeweils nicht nachweisbar, was auf den etwa tausendfach niedrigeren Biokonzentrationsfaktor zurückzuführen ist. Das damalige Ministerium für Umwelt und Naturschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz (MUNLV) sprach mit Bezug auf die am 27. Juli 2006 veröffentlichten Empfehlungswerte des Bundesinstituts für Risikoabschätzung (BfR) detaillierte Verzehrempfehlungen aus [10.8]. So sollten Fische aus der Möhnetalsperre nicht häufiger als dreimal pro Monat und solche aus der unteren Ruhr nicht häufiger als sechsmal pro Monat gegessen werden.

Steuerung der Talsperren zur Minimierung der PFT-Konzentration in der Ruhr

Die Wasserwerke an der Ruhr oberhalb der Lennemündung werden indirekt über die Henne-, Möhne- und Sorpetalsperre versorgt. Die drei Talsperren werden dabei im Verbund so gesteuert, dass der gesetzlich geforderte Mindestabfluss in der Ruhr am Pegel Villigst von 8,4 m³/s ganzjährig sichergestellt wird. Die Möhnetalsperre ist dabei mit einem Anteil von 66 % am mittleren jährlichen Gesamtzufluss zu diesen drei Talsperren der entscheidende Stützpfiler für die Wasserversorgung des östlichen Ruhrgebiets.

Ende Juni 2006 veröffentlichte die Trinkwasserkommission des Bundesministeriums für Gesundheit eine vorläufige Bewertung von Perfluorierten Tensiden in Trinkwasser mit einem langfristigen Mindestqualitätsziel von 100 ng/l und einem Leitwert für die lebenslange Aufnahme von 300 ng/l für die Summe von PFOA und PFOS [10.9]. Die Talsperrensteuerung wurde daraufhin den geänderten Randbedingungen angepasst. Hierbei wurden ab Juli 2006 in Abstimmung mit den zuständigen Behörden und Wasserwerken die Wasserabgaben aus Henne- und Sorpetalsperre gezielt und kontrolliert so eingesetzt, dass unterhalb des Zusammenflusses von Möhne und Ruhr PFT-Konzentrationen von möglichst unter 250 ng/l im Ruhrwasser und somit im Rohwasser für die Wasserwerke eingehalten wurden. In der Folgezeit wurde dieser Wert uneingeschränkt unterschritten, so dass die Wasserwerke bereits bedingt durch die Rohwasserqualität ohne Schwierigkeiten Wasser verteilen konnten, welches der Vorgabe der Trinkwasserkommission entsprach. Zusätzlich reagierten die Wasserversorger aber umgehend durch den Einsatz von Aktivkohle in der Aufbereitungstechnik.

Kläranlagen und Betriebe als PFT-Emissionsquellen

Neben dem Eintrag über kontaminierte Flächen und sonstige diffuse Quellen gelten Kläranlagen als wesentliche PFT-Emissionsquellen. Um Informationen über das bis dahin nicht bekannte Ausmaß der gewerblich-industriellen Emissionen zu erhalten, wurden alle Kläranlagenabläufe zunächst einmalig untersucht. Als charakteristische Belastungswerte ergaben sich im Ruhreinzugsgebiet anhand der 50-Perzentile für PFOA 15 ng/l und für PFOS 25 ng/l, in der Summe also 40 ng/l PFT. Seitens des MUNLV wurde bei PFT-Konzentrationen über

300 ng/l davon ausgegangen, dass relevante Indirekteinleitungen vorliegen. Von den 73 im Jahr 2006 untersuchten Verbandskläranlagen überschritten, abgesehen von der Kläranlage Brilon-Scharfenberg, acht Anlagen diesen Konzentrationswert. In allen Fällen war für die PFT-Belastung PFOS maßgeblich, während PFOA nur eine untergeordnete Rolle spielte. Die acht Kläranlagen verursachten etwa die Hälfte der Frachteinträge durch Abwassereinleitungen innerhalb des Ruhreinzugsgebietes. Untersuchungen von Indirekteinleitungen im Einzugsgebiet der relevanten Kläranlagen offenbarten in einigen Fällen erhöhte PFOS-Gehalte. Betroffen waren ausschließlich metallbe- und -verarbeitende Betriebe.

Zeitliche Entwicklung

Die Untersuchungen in den Folgejahren zielten vor allem darauf ab, die zeitliche Entwicklung der Belastungsverhältnisse zu erfassen sowie auch Klarheit über den Umfang von PFT-Einträgen aus punktförmigen Quellen zu erhalten. Darüber hinaus wurde die Analytik der Perfluorierten Tenside weiterentwickelt. Zudem hielten PFT-Verbindungen Einzug in verschiedene Gesetze, Verordnungen und Bewertungsmaßstäbe.

Gesetze, Verordnungen und Bewertungsmaßstäbe

In der im Juni 2006 veröffentlichten vorläufigen Bewertung der Bundestrinkwasserkommission von Perfluorierten Tensiden in Trinkwasser wurde zwischen dem „Allgemeinen Vorsorgewert“ (VW), dem „Gesundheitlichen Orientierungswert für das Trinkwasser“ (GOW) und dem „Gesundheitlich lebenslang duldbaren Trinkwasserleitwert“ (LW) unterschieden. Während der Vorsorgewert von 100 ng/l als langfristiges Mindestqualitätsziel für die Summe aus PFOA und PFOS gilt, stellt der Leitwert die Konzentration dar, die bei lebenslanger Aufnahme für alle Bevölkerungsgruppen als gesundheitlich unbedenklich gilt. Diese betrug für die Summe aus PFOA und PFOS 300 ng/l. Die Empfehlungen des Umweltbundesamtes wurden in den Folge-

[10.3] Ruhrverband: *Behandlung der PFT-Problematik am Möhnesee. Ruhrgütebericht 2006*, S. 103-109

[10.4] Umweltbundesamt (2009a): *Per- und Polyfluorierte Chemikalien. Einträge vermeiden – Umwelt schützen*. Dessau-Roßlau.

[10.5] Environment Agency (2004): *Environmental Risk Evaluation Report: Perfluorooctanesulphonate (PFOS)*. – Bristol

[10.6] *Verbreitung von PFT in der Umwelt: Ursachen – Untersuchungsstrategie – Ergebnisse – Maßnahmen*, LANUV-Fachbericht 34, Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz Nordrhein-Westfalen, Recklinghausen 2011

[10.7] Institut für Umweltanalyse (IfUA): *Pilotuntersuchungen zu Vorkommen und Auswirkungen von perfluorierten Tensiden (PFT) in Abfällen, die der BioAbfV unterliegen*, Berichtsentwurf September 2006

[10.8] Bundesinstitut für Risikobewertung (BfR): *Hohe Gehalte an perfluorierten organischen Tensiden (PFT) in Fischen sind gesundheitlich nicht unbedenklich*, Stellungnahme Nr. 035/2006 vom 27.7.2006

[10.9] *Trinkwasserkommission des Bundesministeriums für Gesundheit: Vorläufige Bewertung von perfluorierten Tensiden (PFT) im Trinkwasser am Beispiel ihrer Leitsubstanzen Perfluorooctansäure (PFOA) und Perfluorooctansulfonsäure (PFOS)*, Berlin 21.6.2006 (überarbeitet am 13.7.2006)

jahren fortgeschrieben und auf weitere Verbindungen ausgedehnt. Die letzte Aktualisierung erfolgte im September 2016 [10.10]. Für PFOA und PFOS gilt seitdem ein Leitwert von jeweils 100 ng/l. Erwähnenswert ist der im Vergleich hohe Leitwert von 6.000 ng/l für Perfluorbutansulfonsäure (PFBS). Für das H4PFOS existiert lediglich ein GOW in Höhe von 100 ng/l (Tabelle 10.1).

PFOS wurde zunächst im Jahr 2009 in Anhang III (Stoffe, die einer Überprüfung zur möglichen Einstufung als „prioritäre Stoffe“ oder „prioritär gefährliche Stoffe“ zu unterziehen sind) der Richtlinie 2008/105/EG aufgenommen [10.11]. Im August 2013 wurde PFOS dann seitens der EU-Kommission als Stoff in die EU-weite Liste der prioritären Stoffe integriert [10.12] und mit der Novellierung der Oberflächengewässerverordnung im Jahr 2016 in deutsches Recht überführt. Als relevante Umweltqualitätsnorm (UQN) gilt ab dem 23. Dezember 2027 eine Jahresdurchschnittskonzentration (JD-UQN) von 0,65 ng/l bei einer zulässigen Höchstkonzentration (ZH-UQN) von 36.000 ng/l. Als UQN für Biota wurde ein Wert von 9,1 µg/kg festgelegt, der in Fischen nicht überschritten werden darf (Kapitel 7).

Die Abwasserverordnung mit ihren branchenspezifischen Anhängen enthält für PFT-Verbindungen keine gesetzlichen Anforderungen. Aufgrund der besonderen Gegebenheiten an der Ruhr, aus der durch künstliche Grundwasseranreicherung Trinkwasser gewonnen wird, hat das Land Nordrhein-Westfalen die zuständigen Behörden angewiesen, den von der Trinkwasserkommission vorgeschlagenen Vorsorgewert von 300 ng/l auch im Rahmen der wasserrechtlichen Erlaubnisse und Genehmigungen für Abwassereinleitungen in Oberflächengewässer zu fordern. Für Abwassereinleitungen gilt deshalb als Zielwert für die Summe aus PFOA und PFOS der Wert 300 ng/l und für die

Tabelle 10.1: Trinkwasserleitwerte (TW_{LW}) und Gesundheitliche Orientierungswerte (GOW) für PFT der Bundestrinkwasserkommission vom 20.09.2016

Table 10.1: Drinking water reference values (TW_{LW}) and health reference values (GOW) for PFC of the Federal Drinking Water Commission, September 20, 2016

Name	Abkürzung	TW _{LW} [ng/l]	GOW [ng/l]
Perfluorbutansäure	PFBA	10.000	
Perfluorpentansäure	PFPeA		3.000
Perfluorhexansäure	PFHxA	6.000	
Perfluorheptansäure	PFHpA		300
Perfluoroctansäure	PFOA	100	
Perfluorononansäure	PFNA	60	
Perfluordecansäure	PFDA		100
Perfluorbutansulfonsäure	PFBS	6.000	
Perfluorhexansulfonsäure	PFHxS	100	
Perfluorheptansulfonsäure	PFHpS		300
Perfluoroctansulfonsäure	PFOS	100	
H4-Polyfluoroctansulfonsäure	H4PFOS		100
Perfluoroctansulfonamid	PFOSA		100

Summe aller gemäß des Parameterumfangs des LANUV gemessenen Per- und Polyfluorierten Chemikalien der Wert 1.000 ng/l [10.13]. Inzwischen werden auch für relevante Indirekteinleiter in den Genehmigungsbescheiden entsprechende Begrenzungen für PFT-Konzentrationen aufgenommen, die exemplarisch 10.000 ng/l für die Summe aus PFOA und PFOS und 30.000 ng/l für die Summe von zehn perfluorierten Tensiden betragen.

Ende 2006 wurden auf europäischer Ebene erste Maßnahmen zur Beschränkung des Einsatzes bestimmter PFT getroffen. Für die Perfluoroctansulfonsäure (PFOS) gilt seit dem 27. Dezember 2006 EU weit ein Anwendungsverbot, das nur wenige Ausnahmen zulässt [10.14]. Im Galvanikbereich beispielsweise konnten PFOS-haltige Mittel zur Sprühnebelunterdrückung und – zeitlich befristet bis zum 26. August 2015 – als Netzmittel eingesetzt werden. Mit dem Verbot gemäß dieser EU-Richtlinie ist auch der bis dahin weit verbreitete Einsatz PFOS-haltiger Feuerlöschschäume spätestens seit dem 27. Juni 2011 verboten. Die Zusammensetzung der neuen Generation der wasserfilmbildenden Löschmittel basiert u.a. auf Fluortelomeren, z.B. Polyfluoralkylbetaine. PFOA, PFOS (Konzentrationen bis zu 0,001 Massen-% sind zulässig) und kürzerkettige PFT können darin jedoch noch als Verunreinigung in nicht vernachlässigbaren Mengen enthalten sein. Zudem können aus den als Haupteinsatzstoff enthaltenen Fluortelomeren durch Abbauprozesse in der Umwelt wieder PFT entstehen.

Der PFT-Schadensfall war auch die Initialzündung für die Arnsberger Vereinbarung zwischen dem Umweltministerium und der Arbeitsgemeinschaft der Wasserwerke an der Ruhr, welche die gemeinsame Verantwortung und das kooperative Handeln für hohe Trinkwasserqualität und Gesundheit herausstellte. Darin bekräftigte die AWWR u.a. eine Aufbereitung des Rohwassers mit geeigneten Methoden, die eine Gefährdung der menschlichen Gesundheit nicht befürchten lassen. In der Konsequenz dieser Vereinbarung waren neben den Bemühungen um Vermeidung und Reduzierung des Eintrags relevanter Schadstoffe in die Gewässer auch an der einen oder anderen Stelle weitergehende Aufbereitungsmaßnahmen zu ergreifen.

Analytik

Nachdem sich zu Beginn der PFT-Problematik die Analytik auf PFOA und PFOS beschränkte, wurde das Stoffspektrum ab Mai 2008 auf weitere Verbindungen, insbesondere das kurzketttige PFBS, erweitert und umfasste seitdem zehn Parameter. Ab dem Jahr 2010 konnte dann zusätzlich der Polyfluorierte Ersatzstoff H4PFOS analysiert werden. Seit dem Jahr 2016 wurden weitere PFT-Verbindungen in den Untersuchungsumfang aufgenommen. Seit März 2011 ist die Norm DIN 38407-F42 für die Bestimmung ausgewählter PFT-Verbindungen in Wasserproben gültig [10.15]. Ein großer Schritt erfolgte im Jahr 2014, als es dem Ruhrverband gelang, die Bestimmungsgrenze in Oberflächenwasserproben um den Faktor zehn von 10 ng/l auf 1 ng/l abzusenken. Bis Ende 2016 sind durch den Ruhrverband rund 14.000 Analysen auf Perfluorierte Tenside

durchgeführt worden. PFT zählen damit zu den am intensivsten untersuchten Spurenstoffen.

Sanierung der Fläche in Brilon-Scharfenberg

Um die Gewässerbelastung durch PFT zu minimieren, begannen auf der ca. 10 Hektar großen Fläche in Brilon-Scharfenberg Anfang 2007 Sanierungsmaßnahmen. Diese beinhalteten die Fassung des im Nordteil auf gering durchlässigen Schichten abfließenden Sickerwassers mittels eines in das Festgestein einbindenden Dränagesystems, die Fassung des Abflusses im Südteil mittels Dränage bzw. vertieftem Graben und Brunnen, die Sammlung des Wassers in einem Speicherbecken und die anschließende Behandlung in einer eingehausten Reinigungsanlage mit Aktivkohlefiltern. Die Inbetriebnahme einer temporären Aktivkohle-Behandlungsanlage mit einem maximalen Durchsatz von 12 m³/h erfolgte bereits im Januar 2007, die einer stationären Behandlungsanlage mit einer Behandlungskapazität von bis zu 28 m³/h im Mai 2007. Seit Januar 2009 besteht die Möglichkeit, nach Niederschlagsspitzen zwei parallel installierte Filter zuzuschalten, so dass insgesamt ca. 80 m³/h durchgesetzt werden können. Im Regelbetrieb reinigt die Anlage jeden PFT-Einzelparameter mit einem Reinigungsgrad von mehr als 99 % bezogen auf den Anlagenzulauf und liefert Ablaufkonzentrationen, die überwiegend unterhalb der Bestimmungsgrenze von 100 ng/l liegen [10.5].

Gewässerbelastung

Durch die Sanierungsmaßnahme an der Fläche in Brilon-Scharfenberg konnte bereits im Jahresverlauf 2007 im Möhnefluss am Pegel Völlinghausen, also oberhalb der Talsperre, eine deutliche Konzentrationsabnahme festgestellt werden. Insbesondere durch zwei Hochwasserereignisse sanken die Konzentrationen in der Möhnetalsperre selbst ebenfalls stark ab und betrugen zum Jahresende 2007 vor der Mauer mit nur noch gut 100 ng/l für die Summe aus PFOA und PFOS weniger als 20 % der im Juni 2006 festgestellten Belastung. Im Jahr 2008 nahm das Konzentrationsniveau im Möhnefluss oberhalb der Talsperre nicht zuletzt bedingt durch das Ausbleiben von Starkregenereignissen – und somit durch einen geringeren Flächenaustrag – im Vergleich zum Vorjahr weiter auf im Mittel 64 ng/l ab. Gegen Ende des Jahres 2008 wurden die PFT-Emissionen aus einer kontaminierten Fläche bei Rüthen durch Auskoffierung gestoppt, wodurch sich die Einträge in die Talsperre weiter verringerten. Trotz starker Niederschläge in den ersten und letzten Monaten des Jahres 2009 lag der Jahresdurchschnitt im Möhnefluss mit 62 ng/l auf Vorjahrsniveau. Anfang Dezember 2009 wurde im Hauptbecken der Möhnetalsperre mit 69 ng/l der bis dahin niedrigste Wert seit Beginn der Messungen ermittelt. Auf Grund der deutlich verbesserten Belastungssituation wurden die Untersuchungen im Möhnefluss oberhalb der Talsperre in der Folge minimiert, schließlich eingestellt und die weiteren Untersuchungen auf die Probenahmestelle vor der Talsperrenmauer begrenzt. Dort wurden im Jahr 2010 für die beiden Hauptkomponenten in Summe durchschnittlich 61 ng/l registriert. Dieses schon niedrige Kon-

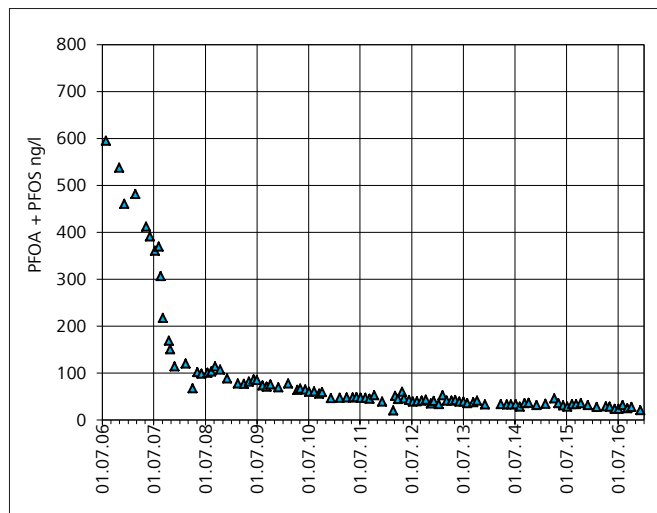


Bild 10.1: Zeitliche Entwicklung der PFT-Belastung (Summe PFOA+PFOS) in der Möhnetalsperre vor der Sperrmauer

Fig. 10.1: Chronological development of PFC loads (PFOA + PFOS) in the Möhne Reservoir before the dam

zentrationeniveau zeigte auch in den Folgejahren weiterhin eine abnehmende Tendenz und ergab für das Jahr 2016 einen mittleren Gehalt an PFOA und PFOS von nur noch 26 ng/l (Bild 10.1.).

In der Ruhr bei Echthausen unterhalb der Möhнемündung blieb die PFT-Belastung (Summe PFOA und PFOS) bereits ab Ende September 2007 und in Essen-Rellinghausen schon ab

- [10.10] Umweltbundesamt (2016): Fortschreibung der vorläufige Bewertung von Per- und polyfluorierten Chemikalien (PFC) im Trinkwasser - Empfehlung des Umweltbundesamtes nach Anhörung der Trinkwasserkommission am 20.09.2016
- [10.11] EU-Kommission (EU, 16.12.2008): 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
- [10.12] EU-Kommission (EU, 24.08.2013): 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, Amtsblatt der Europäischen Gemeinschaften L226/17, ausgegeben am 24.08.2013
- [10.13] <https://www.umwelt.nrw.de/umweltschutz-umweltwirtschaft/umwelt-und-wasser/gewaesser/gewaesserqualitaet/pft/>; Zugriff: 30.03.2017
- [10.14] EU-Kommission (EU, 12.12.2006) Richtlinie 2006/122/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 12. Dezember 2006 zur dreißigsten Änderung der Richtlinie 76/769/EWG des Rates zur Angleichung der Rechts- und Verwaltungsvorschriften der Mitgliedsstaaten für Beschränkungen des Inverkehrbringens und der Verwendung gewisser gefährlicher Stoffe und Zubereitungen.
- [10.15] DIN 38407-F42: Bestimmung ausgewählter polyfluorierter Verbindungen (PFC) in Wasser – Verfahren mittels Hochleistungs-Flüssigkeitschromatographie und massenspektrometrischer Detektion (HPLC-MS/MS) nach Fest-Flüssig-Extraktion

Ende Juni 2007 unter dem Zielwert der Trinkwasserkommission von 100 ng/l, so dass durch Trinkwasserkonsum bereits zu diesem Zeitpunkt keine Gefährdung bestand. Da die PFT-Konzentrationen in der Ruhr nach Zufluss der Möhne im Jahr 2008 ganzjährig deutlich unter 100 ng/l blieben, war eine Steuerung der Wasserabgaben aus den Talsperren Möhne, Henne und Sorpe zur Belastungsminimierung nicht mehr erforderlich, sondern erfolgte wieder ausschließlich im Hinblick auf die Sicherstellung von Mindestabflüssen und zum Hochwasserschutz. Auch in der Ruhr bei Essen wurde der Zielwert für Trinkwasser im Jahr 2008 nur im Sommer mit einem Maximalwert von 130 ng/l leicht überschritten. Da in der Ruhr bei Echthausen die PFT-Konzentration im Jahr 2009 maximal bei 56 ng/l – gemessen während einer mehrmonatigen Phase anhaltend niedriger Abflüsse – lag, wurden die regelmäßigen Untersuchungen an dieser Stelle in der Folge eingestellt. An der Probenahmestelle in Essen-Rellinghausen überschritten die Konzentrationen der beiden Hauptkomponenten PFOA und PFOS im Jahr 2009 einmal mit 110 ng/l den Zielwert der Trinkwasserkommission. Ursache waren Einträge eines PFT-haltigen Löschmittels bei einem Großbrand in Iserlohn. Von diesem Ereignis abgesehen wurden in dem Jahr durchschnittlich 44 ng/l analysiert. Von diesem niedrigen Niveau sanken die Konzentrationen an PFOA und PFOS im nachfolgenden Jahr auf durchschnittlich 28 ng/l und blieben dann in den nächsten drei Jah-

ren auf nahezu unverändertem Niveau. Der Anteil an Messwerten unterhalb der Bestimmungsgrenze von 10 ng/l stieg mit den Jahren stetig an und lag im Jahr 2013 für PFOA bei 96 % und für PFOS bei über 40 %. Mit der im Jahr 2014 erfolgten Absenkung der Bestimmungsgrenze um den Faktor zehn zeigten sich beim PFOA in diesem Jahr viele Befunde unter 1 ng/l. Der im Jahr 2014 gemessene Maximalwert lag mit 8 ng/l unter der alten Bestimmungsgrenze. Die Summe beider Komponenten betrug im Jahr 2014 im Mittel 16 ng/l und im Folgejahr 18 ng/l (Bild 10.2). Im Jahr 2016 verteilte sich die mittlere PFT-Konzentration von 13 ng/l zu gleichen Teilen auf PFOA und PFOS.

Die Konzentration der kurzkettigen Perfluorbutansulfonsäure (PFBS) betrug in der unteren Ruhr zu Beginn der Messungen im Jahr 2008 noch im Mittel 33 ng/l. Im Jahr 2013 konnte dieser Stoff mit der Bestimmungsgrenze von 10 ng/l kaum noch nachgewiesen werden. In den Jahren von 2014 bis 2016 wurden mit der empfindlicheren Analytik mittlere PFBS-Gehalte von 5 bis 6 ng/l festgestellt. Der Polyfluorierte Ersatzstoff H4PFOS wurde im Jahr 2010 in das Messprogramm aufgenommen und im selben Jahr mit einer Durchschnittskonzentration von 14 ng/l analysiert. Nachdem in den vier Folgejahren die mittlere Konzentration in etwa konstant blieb, ergab sich im Jahr 2016 ein etwas höherer Mittelwert von 19 ng/l.

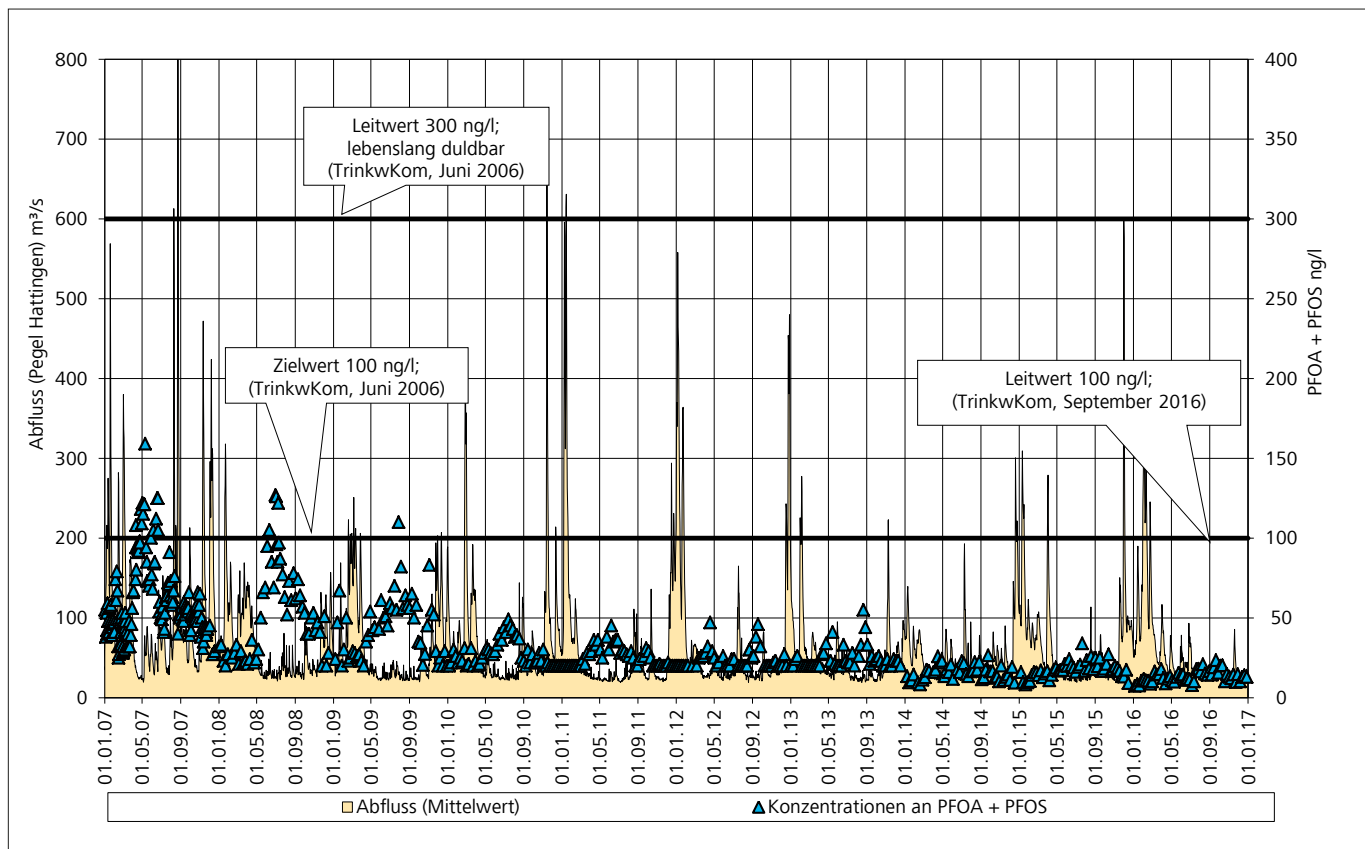


Bild 10.2: Zeitliche Entwicklung der PFT-Belastung (Summe PFOA+PFOS) und Abflüsse (Tagesmittel) in der Ruhr bei Essen
Fig. 10.2: Chronological development of PFC loads (PFOA + PFOS) and runoffs (daily means) in the Ruhr at Essen

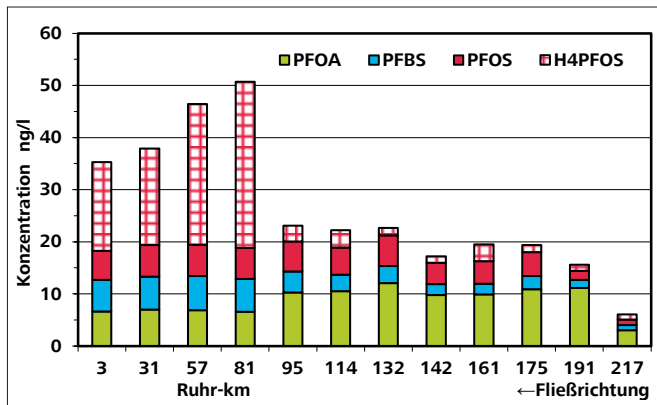


Bild 10.3: Konzentrationen relevanter PFT-Verbindungen (Mittelwerte) im Fließverlauf der Ruhr 2016

Fig. 10.3: Concentrations of relevant PFC compounds (mean values) along the course of the Ruhr 2016

Betrachtet man den Fließverlauf der Ruhr von der Quelle bis zur Mündung im Jahr 2016, so werden Veränderungen der Anteile der PFT-Komponenten PFOA, PFOS, H4PFOS und PFBS deutlich (Bild 10.3). So ist ab Ruhr-km 190,8 zunächst eine vergleichbare Verteilung der vier hier betrachteten Verbindungen zu erkennen. Die beiden Hauptkomponenten sind dabei PFOA und PFOS. Mit dem Zufluss der Lenne zwischen den beiden Messstellen bei Ruhr-km 95,15 und 80,66 erniedrigte sich durch Verdünnung der PFOA-Anteil deutlich, wogegen PFOS und H4PFOS (überwiegend bedingt durch Einträge aus dem Einzugsgebiet der Lenne) nunmehr die Zusammensetzung bestimmen. Insgesamt machten diese beiden Substanzen im Jahr 2016 bis zur Mündung etwa zwei Drittel der gesamten PFT-Belastung in der unteren Ruhr aus, wobei H4PFOS mittlerweile die Hauptkomponente darstellt.

Bilanzierung

Für das Jahr 2007 wurde erstmalig die Herkunft der PFT-Fracht in der Ruhr bilanziert. Die durchschnittliche Tagesfracht (Summe aus PFOA und PFOS) an der Ruhrmündung ergab sich dabei zu 513 g/d. Die Kläranlagenemission betrug im Mittel 186 g/d, entsprechend 36 %, so dass dem Flächenaustrag 327 g/d, also 64 %, zugeordnet werden konnten. Die Frachten der Abschwemmungen aus den kontaminierten Flächen waren im Jahr 2007 somit fast doppelt so hoch wie die Einträge aus den kommunalen Kläranlagen. Im Vergleich zum Vorjahr lag die mittlere PFT-Fracht an der Ruhrmündung im Jahr 2008 mit 286 g/d dann bereits um 44 % niedriger. Ursache hierfür war fast ausschließlich die Abnahme der PFT-Einträge aus diffusen Quellen - vor allem als Folge der Sanierungsmaßnahme in Brilon-Scharfenberg - auf 108 g/d und somit auf ein Drittel des Vorjahreswerts. Dagegen hatten die Kläranlagenemissionen kaum abgenommen.

In den folgenden Jahren nahm die PFT-Belastung der Ruhr an der Mündung weiter kontinuierlich ab, wenn auch in geringerem Maße als im ersten Jahresvergleich. Für den Frachtrückgang waren Flächenaustrag und Kläranlagenmissionen in den einzelnen Jahren in unterschiedlichem Ausmaß verantwortlich. So bewirkte vor allem die Sanierung der kontaminierten Fläche in Rütten bis Ende 2008, dass der Flächenaustrag im Jahr 2009 im Vergleich zum Vorjahr noch einmal um 42 g/d absank. Erste Maßnahmen bei den relevanten Indirekteinleitern führten in dem Jahr auch zu einem Rückgang der Kläranlagenemission um immerhin 32 g/d. Mit 79 g/d fiel der Rückgang der Ablauffrachten der Kläranlagen im Jahr 2010 noch deutlicher aus. Die Bestrebungen der Betriebe zur gezielten Behandlung von Perfluorierten Tensiden im Abwasser und deren Substitution zeigten spürbar Wirkung. Als weitere Maßnahme griff das Verbot des Einsatzes von PFOS in Feuerlöschschaummitteln ab Ende Juni 2011. Bei dieser Maßnahme ist zu berücksichtigen, dass durch PFT-Verunreinigungen und Abbauprozesse auch bei offiziell PFT-freien Löschschäumen weiterhin mit Einträgen in die Umwelt zu rechnen ist. Für das Ausmaß des Flächenaustrags zeigte sich neben den Sanierungsmaßnahmen die Niederschlagsituation in den jeweiligen Jahren verantwortlich, da in niederschlagsarmen Perioden Abschwemmungen aus kontaminierten Flächen in geringerem Maße stattfinden als in regenreichen Zeiten.

Im Jahr 2016 lag die Immission in der Ruhr vor Mündung mit 62 g/d nur noch bei 12 % der 2007 festgestellten Belastung. Die Anteile von Flächenaustrag mit 65 % (40 g/d) und Kläranlagenemission mit 35 % (22 g/d) haben sich dagegen nur wenig verändert. Während der Frachtrückgang aus den diffusen Quellen von bisher 287 g/d zu knapp 90 % dem PFOA zu zuordnen ist, spielt diese Verbindungen im Kläranlagenbereich nur eine kleine Rolle. Für die Verminderung der Emission aus Kläranlagen um 164 g/d ist das PFOS zu fast 85 % verantwortlich.

In Bild 10.4 ist die zeitliche Entwicklung der Immission in der Ruhr vor Mündung und der Kläranlagenemission für die Perfluorierten Tenside PFOA, PFOS, PFBS und den Polyfluorierten Ersatzstoff H4PFOS dargestellt.

Nachdem für das mehrheitlich aus Gewerbe und Industrie stammende PFBS im ersten Untersuchungsjahr 2008 eine Immission in der Ruhr vor Mündung von 136 g/d ermittelt wurde, waren die Frachten in den Folgejahren rückläufig. Ein sehr deutlicher Rückgang von über 40 % auf 63 g/d ergibt sich dabei im Jahr 2012. Für das Jahr 2016 errechnet sich bei einem mittleren Anteil der Kläranlagenemission von 59 % eine durchschnittliche Fracht von 25 g/d. Im Gegensatz zu den Perfluorierten Tensiden kann beim H4PFOS seit Beginn der Messungen ein ansteigender Trend beobachtet werden. Während im Jahr 2011 die Fracht vor der Ruhrmündung bei 77 g/d lag, wurden dort im Jahr 2015 im Mittel 144 g/d festgestellt. Im folgenden Jahr lag die Immission mit 100 g/d wieder niedriger. Die Belastung kann hierbei nahezu ausschließlich den Emissionen aus Kläranlagen zugeordnet werden.

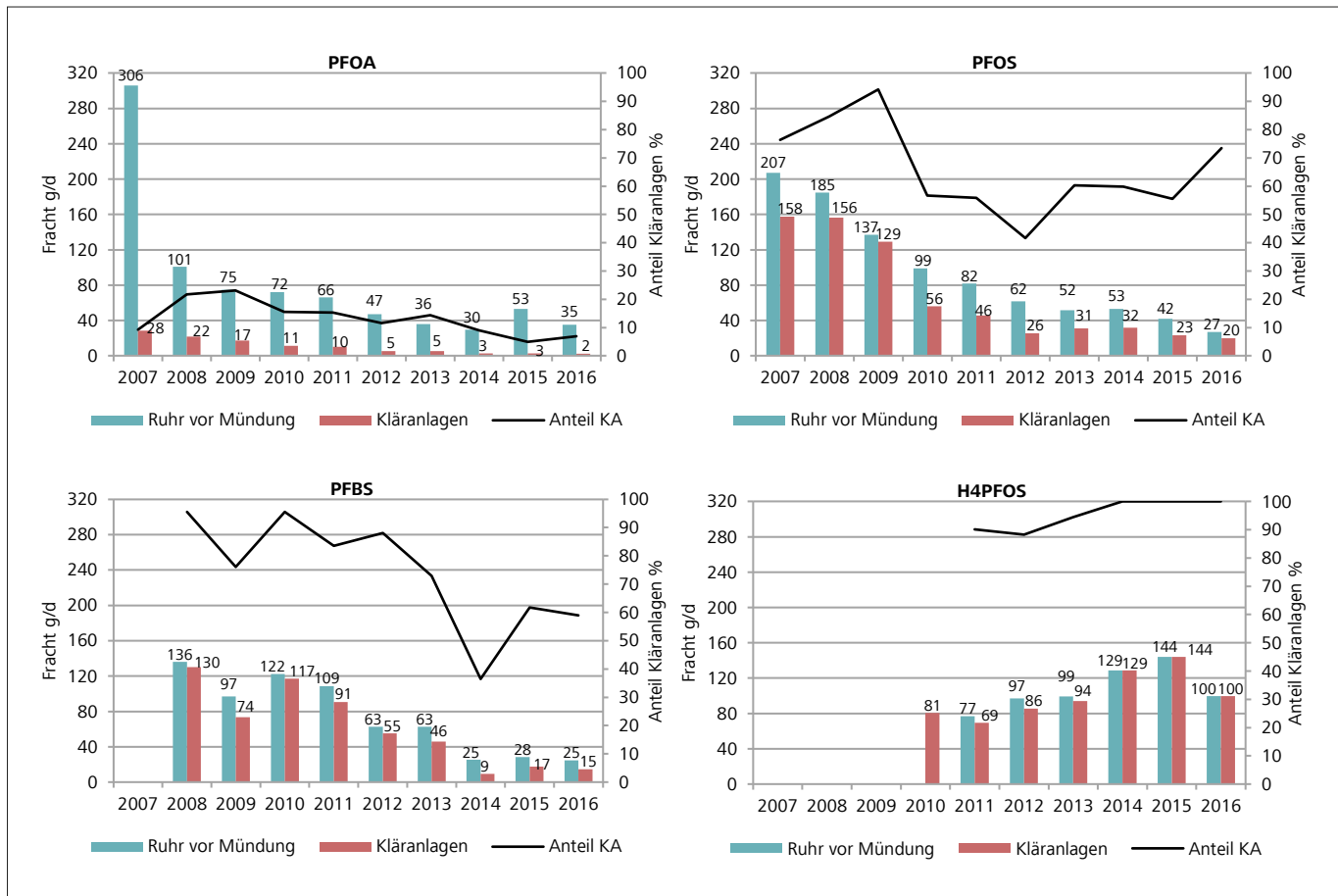


Bild 10.4: Zeitliche Entwicklung der Immission in der Ruhr vor Mündung und der Kläranlagenemission für die Perfluorierten Tenside PFOA, PFOS, PFBS und den polyfluorierten Ersatzstoff H4PFOS
 Fig. 10.4: Chronological development of the Ruhr's immission before the mouth and of the sewage treatment plants' emissions for the perfluorinated compounds PFOA, PFOS, PFBS and the polyfluorinated substitute H4PFOS

Kläranlagen- und Betriebsuntersuchungen

Unter den Kläranlagen nimmt die KA Brilon-Scharfenberg eine Sonderstellung ein, weil die PFT-Belastung dort nicht industriellen Ursprungs ist, sondern durch Fremdwasserzufluss aus der vorgenannten belasteten Fläche des Einzugsgebiets verursacht wird. Im zeitlichen Verlauf ist dort im Ablauf analog zu den Immissionsmessungen ein deutlicher Konzentrationsrückgang festzustellen. Auch das PFOA/PFOS-Verhältnis unterliegt zeitlichen Änderungen. Im Jahr 2007 stellte PFOA auf Grund der niedrigeren Sorptivität und höheren Wasserlöslichkeit die Hauptkomponente dar, was durch ein PFOA/PFOS-Verhältnis von 2,5 verdeutlicht wird. In den Folgejahren verringerte sich der PFOA-Anteil stetig, bis das Verhältnis in den Jahren 2010 bis 2012 konstant bei 0,7 lag. Seitdem ist aber interessanterweise wieder ein Anstieg des PFOA-Anteils festzustellen. Während der Einfluss der kontaminierten Ackerfläche auf die PFT-Konzentrationen in der Bermecke weiterhin besteht, sind sie für die Untere Ruhr mit einem Frachtanteil von nicht einmal 1 % kaum von Bedeutung.

Sowohl für PFOA als auch für PFOS ist die Kläranlagenemission von 2007 bis 2016 um etwa 90 % auf 2 g/d bzw. 20 g/d gesunken (Bild 10.4). Auch das kurzkettenige PFBS weist, wenn auch etwas später einsetzend, rückläufige Ablauffrachten auf. Die Emission verringerte sich hier ebenfalls um ca. 90 % auf 15 g/d im Jahr 2016. Das Polyfluorierte Tensid H4PFOS zeigt seit Beginn der Messungen im Jahr 2010 einen deutlichen Anstieg der Ablauffracht auf 100 g/d. Dies ist auf dessen zunehmende Verwendung als Ersatzstoff für PFOS und auch PFBS zurückzuführen, wobei für die gleiche Wirkung im Produktionsprozess eine größere Menge an H4PFOS im Vergleich zu den perfluorierten Verbindungen eingesetzt werden muss. Von Beginn an wird die Emission von Perfluorierten und Polyfluorierten Tensiden durch nur wenige Kläranlagen geprägt. So konnten beispielsweise im Jahr 2016 sieben Anlagen etwa 75 % der PFOS-Fracht, etwa 80 % der PFBS-Fracht und über 90 % der H4PFOS-Fracht zugeordnet werden. Bei der zeitlichen Betrachtung der Ablauffrachten dieser Anlagen, in Bild 10.5 am Beispiel der Kläranlage Rahmedetal dargestellt, lässt sich bei den Kläranlagen Lennestadt-Grevenbrück,

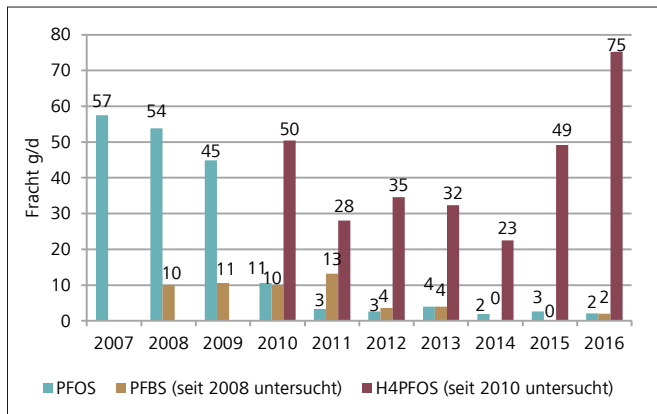


Bild 10.5: Zeitliche Entwicklung der PFT-Belastung im Ablauf der Kläranlage Rahmedetal
 Fig. 10.5: Chronological development of PFC loads in the outlet of the sewage treatment plant Rahmedetal

Rahmedetal und Abtsküche bereits frühzeitig die Substitution von PFOS durch H4PFOS feststellen. Auf der Kläranlage Werdohl verlief dieser Schritt langsamer, da bei einem relevanten Einleiter die Etablierung einer Abwasserbehandlung zunächst Vorrang vor einer Substitution hatte. Im Einzugsgebiet der Kläranlage Menden ist ein nennenswerter Austausch des PFOS durch H4PFOS an Hand der Gehalte dagegen bisher noch nicht festzustellen. Auf der Kläranlage Iserlohn-Baarbachtal stellt PFBS die dominierende Verbindung dar. Auch hier ist ein deutlicher Rückgang feststellbar. In den Jahren 2015 und 2016 wurden der Zu- und Ablauf dieser Kläranlage zeitlich dicht untersucht. Für diesen Zeitraum lassen sich mittlere Retentionsleistungen von 23 % für PFOS, 25 % für PFBS und 82 % für H4PFOS berechnen.

Die PFT-Belastung der Kläranlagenabläufe wird wiederum überwiegend durch wenige industriell-gewerbliche Unternehmen verursacht. Bei den zehn relevantesten Betrieben wurden in den letzten Jahren unterschiedliche Maßnahmen zur Verminderung der PFT-Emission durchgeführt. Hierbei handelt es sich vor allem um den Einsatz von Ionenaustauschern aber auch von Aktivkohleabsorbern. Darüber hinaus hat mindestens anteilig eine Produktumstellung auf H4PFOS stattgefunden. Problematisch ist hierbei, dass ein Tensidwechsel aufgrund der extremen Benetzungsfähigkeit von PFOS und der damit verbundenen sehr weiten Verbreitung innerhalb des gesamten Anlagenbereichs auch bei komplettem Badaustausch ein sehr langes Auftreten von PFOS-Resten mit sich bringt. Als ein weiterer Beitrag zur Reduzierung der PFT-Belastung im Gewässer wurde auf der ZEA Iserlohn im Februar 2016 eine erweiterte Behandlungsanlage für PFT-haltige Abwässer in Betrieb genommen. Die Retentionsleistung dieser Anlage liegt seitdem für PFOS stabil bei etwa 97 %. Die Untersuchungen der Betriebsabläufe zeigen einen deutlichen Rückgang der PFOS-Gehalte. Dafür liegen die Konzentrationen an H4PFOS teilweise im siebenstelligen Nanogrammbereich. Dies verdeutlicht, dass der Ersatzstoff H4PFOS in deutlich größeren Mengen als PFOS

eingesetzt werden muss. Zudem zeigen PFOS-Konzentrationen über 1.000 ng/l, dass Optimierungen der Produktions- und Abwasserbehandlungsprozesse und die Substitution durch H4PFOS nicht gleichzeitig eine Nullemission von PFOS bedeuten. Auch die behördlichen Grenzwerte zielen nicht auf eine Verminderung unter die Bestimmungsgrenze.

Fazit

Sowohl die Immission in der Ruhr vor Mündung in den Rhein als auch die Kläranlagenemission durch Perfluorierte Tenside sind in den vergangenen zehn Jahren stark gesunken und betragen für die Summe aus PFOA und PFOS jeweils nur noch etwas mehr als 10 % der Werte des Jahres 2007. Mittlerweile stellt der Polyfluorierte Ersatzstoff H4PFOS mengenmäßig die dominierende Verbindung dar. Bei den Kläranlagenabläufen können sieben Kläranlagen als wesentliche Emittenten für die Per- und Polyfluorierten Tenside ausgemacht werden. In deren Einzugsgebieten sind wiederum nur wenige Indirekteinleiter für die Belastung verantwortlich. Bei den Betrieben erfolgen seit etwa dem Jahr 2010 verstärkt Optimierungen der Produktionsprozesse, der Abwasserbehandlung mittels Ionenaustauscher oder/und Aktivkohle und die Substitution von Perfluorierten Tensiden vor allem durch H4PFOS. Von den zuständigen Behörden wurden in mehreren Fällen Grenzwerte für PFT festgelegt. Aus diesen Maßnahmen ergibt sich eine deutliche Verminderung der PFOS-Fracht, aber keine Nullemission. Es bleibt festzuhalten, dass die Sanierung von Flächen und der Rückgang der Emission im gewerblich-industriellen Bereich durch innerbetriebliche Maßnahmen und auch das Verbot zum Einsatz von PFOS in Feuerlöschmitteln zu einem sehr deutlichen Rückgang von Kläranlagenemission und Immission geführt haben und weiter führen. Die Belastung der Ruhr ist daher für die Trinkwassergewinnung bei einem Leitwert von 100 ng/l für die Einzelkomponenten PFOA und PFOS heute ohne Bedeutung. Die in der Oberflächengewässerverordnung vorgegebene strenge UQN der novellierten prioritären Stoffliste von 0,65 ng/l für PFOS wird aber aktuell mit einem Jahresmittel von 13 ng/l und vermutlich auch perspektivisch nicht eingehalten.

11 Registrierte Gewässerverunreinigungen im Jahr 2016

Im Kalenderjahr 2016 sind dem Ruhrverband bzw. den ansässigen Wasserwerken zwei als relevant einzustufende Gewässerverunreinigungen mit unterschiedlichen Auswirkungen auf das entsprechende Gewässer gemeldet worden. Ereignisse, bei denen es sich um vorsorgliche Meldungen handelte, sowie offensichtliche Bagatelldfälle sind nicht berücksichtigt. Nachfolgend werden die beiden Ereignisse des Kalenderjahrs 2016 kurz dargestellt.

1. Am 1. August 2016 wurde um 19.47 Uhr ein etwa 3 m breiter und 700 m langer Ölfilm auf der Ruhr unterhalb von Essen-Kettwig festgestellt. Mit Hilfe eines Schwimmkragens und von Ölbindemittel wurde der Ölfilm von der Feuerwehr Mülheim abgetragen. Ende des Einsatzes war am gleichen Tag um 22.00 Uhr. In der Zeit vom Bekanntwerden der Gewässerverunreinigung bis zur Entwarnung blieb das Kraftwerk Kahlenberg (Ruhr) außer Betrieb. Die Trinkwassergewinnung war nicht betroffen.
2. Am 19. August 2016 meldete die Kreisleitstelle der Stadt Olpe um 10.30 Uhr ein Fischsterben in der Olpe, die kurz vor dem Einlauf in das Olper Vorbecken der Biggetalsperre in die Bigge mündet. Tote Fische gelangten allerdings nicht in dieses Vorbecken. Der Verursacher war ein in Olpe ansässiger Betrieb, der bei Reinigungsarbeiten Natronlaugehaltiges Abwasser durch ein Versehen in die Olpe eingeleitet hatte. Da diese Belastung zeitlich eng begrenzt war, waren Maßnahmen nicht erforderlich.

Die stofflichen Ursachen der Ereignisse und die Auswirkungen auf die Gewässer sind in der Tabelle 11.1 zusammengefasst. Dabei wird zwischen den Schutzgütern „Aquatische Lebensgemeinschaften“ und „Trinkwassergewinnung“ unterschieden. Bei der Gewässerverunreinigung der Ruhr mit Öl/Diesel konnte der Verursacher nicht ermittelt werden. Nur bei dem Ereignis durch natronlaugehaltige Abwässer wurde die Fischbiozönose akut, aber zeitlich begrenzt geschädigt. Die Trinkwassergewinnung war bei keiner der genannten Gewässerverunreinigungen beeinträchtigt.

Tabelle 11.1: Schutzgutbezogene Bewertung der besonderen Ereignisse im Ruhreinzugsgebiet im Jahr 2016
Table 11.1: Evaluation of special incidents in the Ruhr catchment area in 2015 in relation to the subject of protection

Vorkommnis Lfd. Nr.	Gewässer	Stoffgruppe	Schutzgutbezogene Bewertung	
			Aquatische Lebensgemeinschaften	Trinkwassergewinnung
1	Ruhr	Öl/Diesel	1	1
2	Olpe	Natronlauge	2	1

Der Bewertung liegt folgende Einstufung zugrunde: 0 = Bewertung aufgr. fehlender Informationen nicht möglich 2 = mäßige Auswirkung
1 = keine bis geringe Auswirkung 3 = deutliche Auswirkung

12 Leistungen der Kläranlagen des Ruhrverbands

Der Ruhrverband betreibt im Verbandsgebiet 66 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 2016 rund 352 Mio. m³ Abwasser gereinigt. Dies entspricht einem Jahresmittelwert von 11,1 m³/s und liegt ca. 6 % unter dem Vorjahreswert. Ein Anteil von 71 % dieser Menge entfällt auf die Jahresschmutzwassermenge (einschließlich Fremdwasser) mit rd. 250 Mio. m³. Die Differenz zur Jahresabwassermenge in Höhe von 102 Mio. m³ ergibt sich durch das auf den Kläranlagen mitbehandelte Niederschlagswasser. Die behandelten Abwasser- und Jahresschmutzwassermengen der letzten fünf Jahre sind in Bild 12.1 dargestellt, dem auch der spezifische Abwasseranfall zu entnehmen ist. Die wichtigsten Kennzahlen für die Verbandskläranlagen sind der Tabelle 12.1 zu entnehmen.

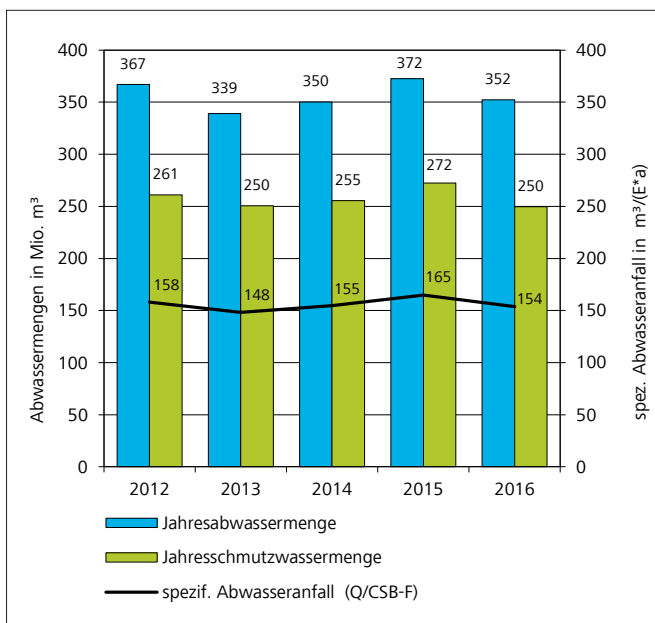


Bild 12.1: Abwassermengen und spezifischer Abwasseranfall der Ruhrverbandskläranlagen von 2012 bis 2016

Fig. 12.1: Sewage volumes and specific sewage loads at the Ruhrverband's sewage treatment plants from 2012 to 2016

Tabelle 12.1: Kennzahlen der Ruhrverbandskläranlagen für das Jahr 2016

Table 12.1: Parameters of the Ruhrverband's sewage treatment plants in 2016

Anzahl Kläranlagen	66
Jahresabwassermenge	352 Mio. m ³
Jahresschmutzwassermenge	250 Mio. m ³
Gesamt-Ausbaugröße aller Anlagen	3,2 Mio. E
Angeschlossene Einwohner (Einwohnerzahl)	2 Mio. E
Anschlussgrad	rd. 99 %
Mittlere Einwohnerbelastung (Bezug: 120 g CSB / (E*d))	2,3 Mio. E
Verhältnis Ausbaugröße / Mittlere CSB-Belastung	1,4
85-Perzentil der Einwohnerbelastung (Bezug: 120 g CSB / (E*d))	2,9 Mio. E
Spezifischer Abwasseranfall (Bezug: mittlere CSB-Belastung)	154 m ³ /(E*a)
Spezifischer Stromverbrauch (Bezug: mittlere CSB-Belastung)	35,8 kWh/(E*a)

Analog zu den Berechnungen der Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e.V. (DWA), die einen bundesweiten Leistungsvergleich aller Kläranlagen veröffentlicht [12.1], wird alljährlich der aktuelle Stand der Reinigungsleistung der Verbandskläranlagen ermittelt. Grundlage der Leistungszahlen bilden die mittleren Konzentrationen im Zulauf und Ablauf der Kläranlagen aus dem Jahr 2016 hinsichtlich der Kenngrößen Chemischer Sauerstoffbedarf (CSB), Phosphor (TP) sowie Ammoniumstickstoff (NH₄-N) und Gesamtstickstoff (TN). Die Ergebnisse im Ablauf entstammen im Wesentlichen den laufenden Untersuchungen des Betriebspersonals im Rahmen der Selbstüberwachung. 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 12.2 enthält die frachtgewichteten Zu- und Ablaufkonzentrationen im Abwasser für das Jahr 2016.

Die Ablaufqualität des gereinigten Abwassers ist weiterhin ausgezeichnet und liegt deutlich unter den in der nationalen Abwasserverordnung geregelten und in behördlichen Bescheiden festgelegten Mindestanforderungen. Überwachungswerte für die Kläranlagen bzgl. Stickstoff bestehen wegen der erschwerten Bedingungen bei niedrigen Temperaturen lediglich

[12.1] Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e.V. (DWA): 28. Leistungsvergleich kommunaler Kläranlagen (KA Korrespondenz Abwasser, Abfall 2016(63) Nr.10 S.-867 - 870)

Tabelle 12.2 : Mittlere Konzentrationen im Zu- und Ablauf der Ruhrverbandskläranlagen im Jahr 2016

Table 12.2: Average concentrations in the inlet and outlet of the Ruhrverband's sewage treatment plants in 2016

	Zulauf	Ablauf
Biochemischer Sauerstoffbedarf (BSB ₅)	107 mg/l	3,2 mg/l
Chemischer Sauerstoffbedarf (CSB)	290 mg/l	19,6 mg/l
Ammonium-Stickstoff (NH ₄ -N)		0,8 mg/l
Anorganisch gebundener Stickstoff (TIN)		6,1 mg/l
Gesamtstickstoff (TN)	27,4 mg/l	6,9 mg/l
Gesamtposphor (TP)	4,5 mg/l	0,48 mg/l

für Abwassertemperaturen über 12 °C. Als überobligatorischer Aufwand für die Ruhrverbands-Mitgliedergruppe der Wassereigentümer erfolgt auch in den Wintermonaten eine gezielte Nitrifikation bei eingeschränkter Denitrifikation auf den Kläranlagen. Die Reinigungsleistung befindet sich seit Jahren gleichbleibend auf einem hohen Niveau. Bild 12.2 zeigt die Ergebnisse für die wesentlichen Parameter.

Die Zulaufkonzentrationen bei den Ruhrverbandskläranlagen sind teilweise bestimmt durch einen hohen Fremdwasseranteil, der für eine deutliche Verdünnung des Abwassers sorgt. Im Vergleich liegt der spezifische Abwasseranfall mit 154 m³ je Einwohnerwert (E) und Jahr beim Ruhrverband um 97 % über dem bundesweiten Wert (DWA) von 78 m³/(E*a) [12.1]. Der Ruhrverband bemüht sich in Zusammenarbeit mit den beteiligten Kommunen auf vielfältige Weise um eine Reduzierung der Fremdwasserbelastungen.

Den Verbandskläranlagen wurde im Jahr 2016 eine Gesamtzu- lauffracht von rd. 100 Mio. kg CSB zugeführt. Bei einem spezifischen Wert von 120 Gramm CSB je EinwohnerIn und Tag lässt sich daraus die Bezugsgröße von rd. 2,3 Mio. Einwohner- werten als mittlere Belastung berechnen. Der 85-Perzentilwert der CSB-Zulaufbelastung betrug im Jahr 2016 2,9 Mio. E, dem beim Ruhrverband eine Behandlungskapazität von rd. 3,2 Mio. E gegenüber steht. Im Mittel weist eine Ruhrverbandskläranla- ge eine Ausbaugröße von rd. 48.600 E auf. An die Ruhrver- bandsanlagen angeschlossen sind rd. 2 Mio. EinwohnerInnen als Einwohnerzahl. Die zeitliche Entwicklung der Gesamtfrach- ten für die Kenngrößen CSB, Gesamtstickstoff und Gesamt- phosphor zeigen die Bilder 12.3, 12.4 und 12.5.

Durch die Abwasserreinigung entstehen zwangsläufig Rest- stoffe in Form von Rechengut, Sandfanggut und Klärschlamm. Ziel unterschiedlicher Maßnahmen ist es, die Reststoffe in ihrer Menge zu minimieren und möglichst einer Verwertung zuzu- führen bzw. schadlos zu beseitigen – dies auch unter besonde- rer Beachtung wirtschaftlicher Gesichtspunkte. Der anfallende Rohschlamm weist mengenmäßig den größten Anteil auf und muss zunächst stabilisiert werden, um Geruchsbelästigungen zu vermeiden und eine effektive Weiterbehandlung zu ermög- lichen. Die Stabilisierung erfolgt für 96 % der Mengen anaer- ob in Faulbehältern, wodurch eine beträchtliche Reduzierung der Feststoffmenge erreicht wird. Die anschließende Entwässe- rung verbessert die Transportbedingungen und schafft die Vor- aussetzung für eine thermische Behandlung. Gegenüber dem

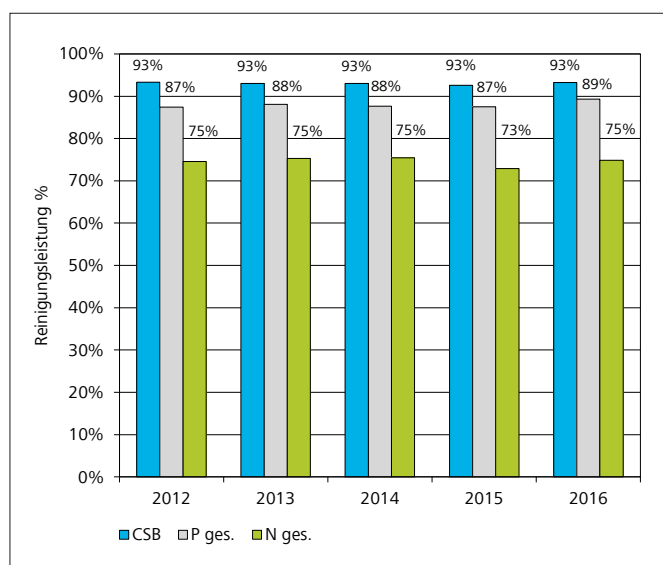


Bild 12.2: Entwicklung der Reinigungsleistung der Ruhrverbandskläranlagen von 2012 bis 2016

Fig. 12.2: Development of the treatment performance of the Ruhrverband's sewage treatment plants from 2012 to 2016

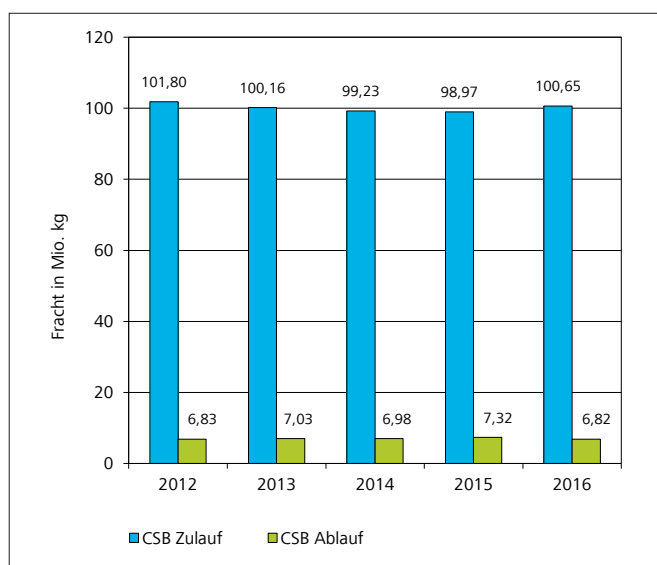


Bild 12.3: Jahresfrachten CSB im Zu- und Ablauf der Ruhrverbandskläranlagen von 2012 bis 2016

Fig. 12.3: Annual loads of COD in the inlet and outlet of the Ruhrverband's sewage treatment plants from 2012 to 2016

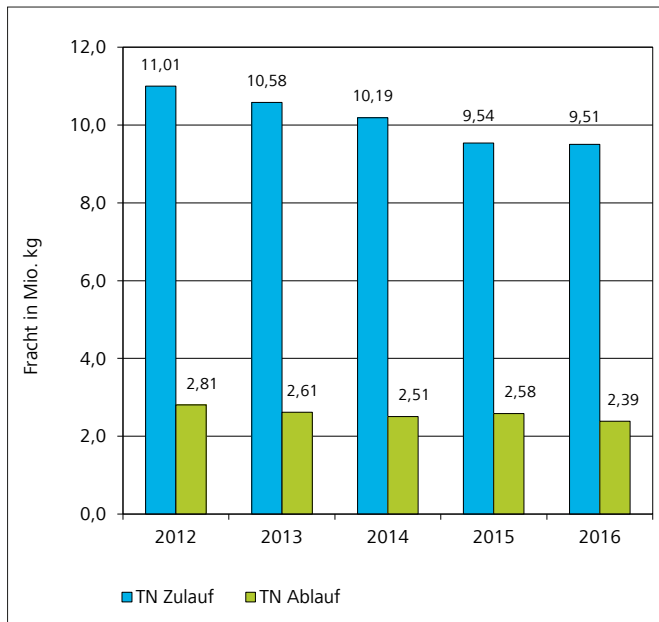


Bild 12.4: Jahresfrachten Gesamtstickstoff im Zu- und Ablauf der Ruhrverbandskläranlagen von 2012 bis 2016
Fig. 12.4: Annual loads of total nitrogen in the inlet and outlet of the Ruhrverband's sewage treatment plants from 2012 to 2016

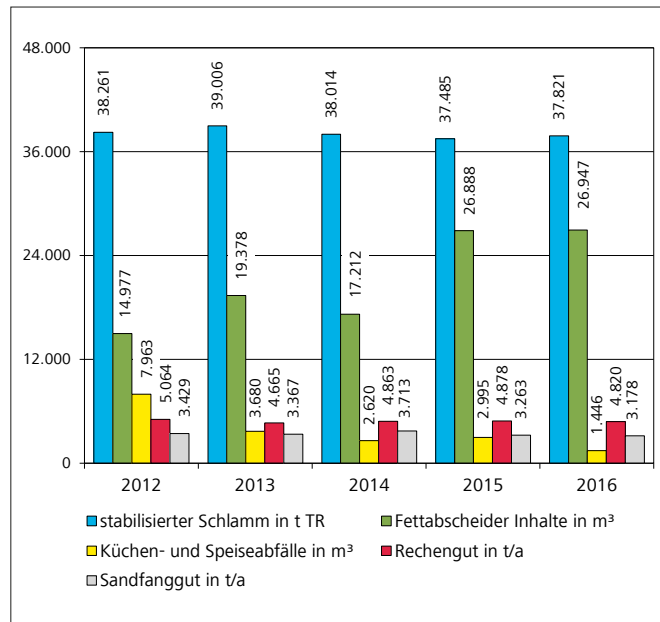


Bild 12.6: Reststoffmengen und angelieferte Co-Substrate der Jahre 2012 bis 2016
Fig. 12.6: Residue volumes and supplied co-substrates from 2012 to 2016

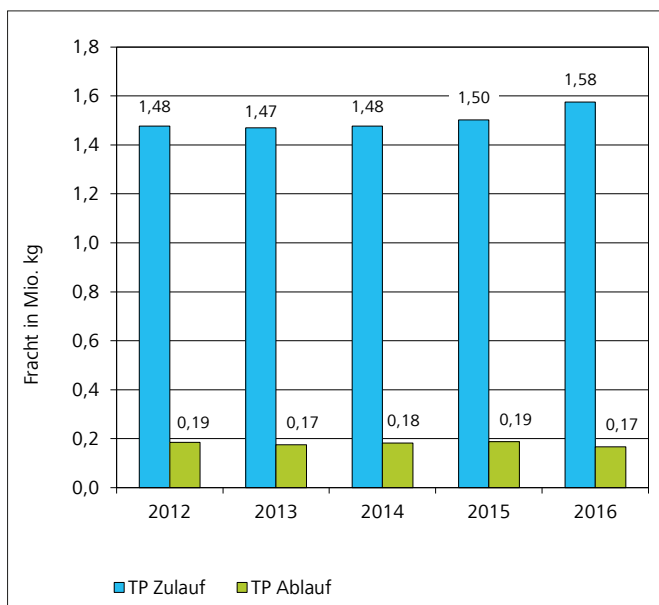


Bild 12.5: Jahresfrachten Gesamtphosphor im Zu- und Ablauf der Ruhrverbandskläranlagen von 2012 bis 2016
Fig. 12.5: Annual loads of total phosphorus in the inlet and outlet of the Ruhrverband's sewage treatment plants from 2012 to 2016

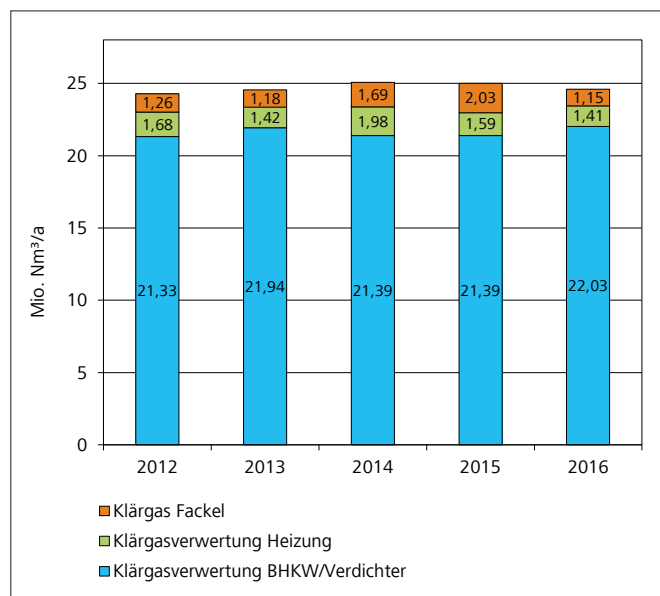


Bild 12.7: Klärgasverwertung auf den Ruhrverbandskläranlagen von 2012 bis 2016
Fig. 12.7: Sewage gas utilisation at the Ruhrverband's sewage treatment plants from 2012 to 2016

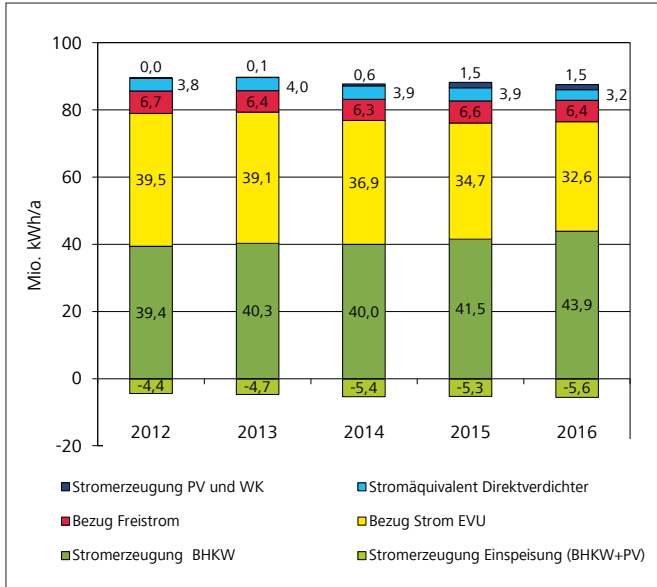


Bild 12.8: Energieeinsatz auf den Ruhrverbandskläranlagen von 2012 bis 2016

Fig. 12.8: Energy data from the Ruhrverband's sewage treatment plants from 2012 to 2016

Vorjahr ist die Menge an stabilisiertem Schlamm annähernd gleich geblieben. Im Jahr 2016 mussten insgesamt 37.821 t Trockenmasse in Verbrennungsanlagen entsorgt werden.

Bild 12.6 zeigt die angefallenen Reststoffmengen der Jahre 2012 bis 2016 an stabilisiertem Schlamm, Rechen- und Sandfanggut. Daneben sind die angelieferten Mengen an Küchen- und Speiseabfällen sowie die Fettabscheiderinhalte für die Co-Vergärung dargestellt, durch die ein höherer Gasanfall für die Eigenenergieerzeugung ermöglicht wird. Durch Pressen bzw. Waschpressen erfolgt beim Rechengut eine deutliche Massenreduktion, bevor es in der Verbrennung entsorgt wird. Beim Sandfanggut erfolgt seit 2014 die Verwertung zu 100 %.

Ein erheblicher Bestandteil der Betriebskosten sind die Energiekosten. Die zumeist elektrisch betriebenen Verdichter bzw. Belüfter für die Sauerstoffversorgung der Mikroorganismen in den Belebungsbecken haben daran den größten Anteil. So sind Maßnahmen zur effizienteren Energienutzung in Kombination mit Eigenenergieerzeugung geeignet, die Energiekosten positiv zu beeinflussen. Seit 2015 betreibt der Ruhrverband ein zertifiziertes 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.

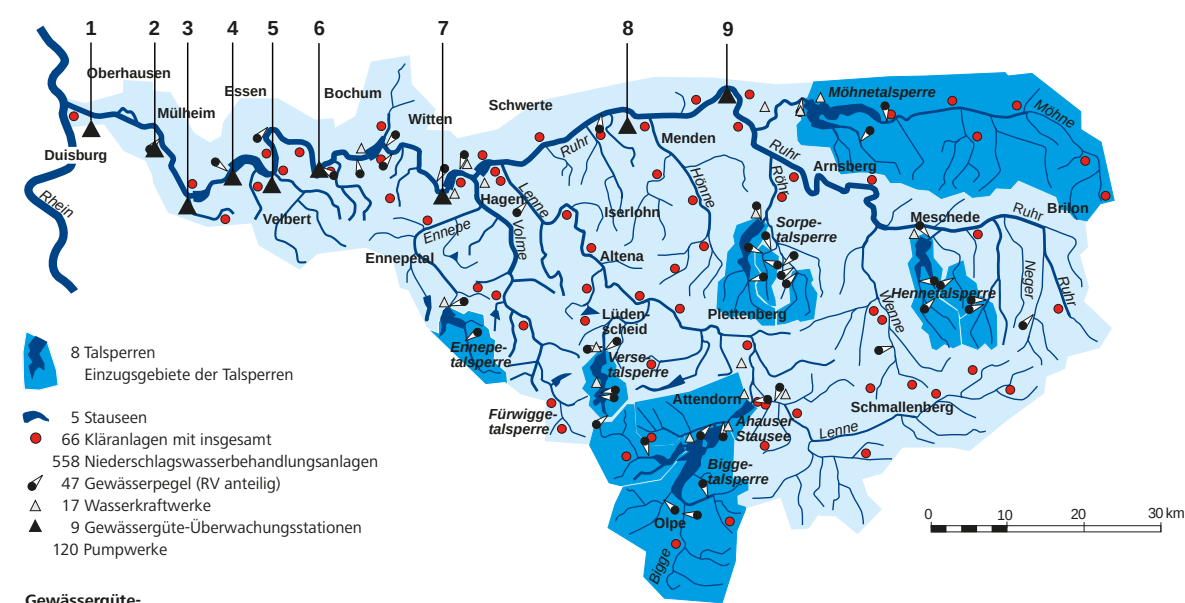


Bild 12.9: Insgesamt 52 Blockheizkraftwerke wie dieses auf der Kläranlage Sundern helfen dem Ruhrverband dabei, seinen Energiebezug zu senken
Fig. 12.9: A total of 52 small power units like this one at the wastewater treatment plant in Sundern reduce the Ruhrverband's demand for external energy supply

Um den Energiebezug zu senken, werden auf 30 Kläranlagen insgesamt 52 Blockheizkraftwerke (BHKW) eingesetzt. Die durch das entstehende Faulgas angetriebenen Motoren erzeugen Strom und Wärme, die nahezu vollständig auf der Kläranlage genutzt werden (Bild 12.9). Der nicht auf der Anlage zu verwertende Strom wird entweder ins öffentliche Stromnetz eingespeist oder über eigene Kabelwege anderen Ruhrverbandsanlagen zugeführt. Um den Faulgasanfall zu erhöhen, betreibt der Ruhrverband auf sechs Anlagen eine Co-Vergärung. Dabei werden die zu entsorgenden Küchen- und Speiseabfälle sowie die Inhalte von Fettabseichern zusammen mit den angefallenen Klärschlämmen behandelt. Bild 12.7 zeigt die zeitliche Entwicklung der Klärgasverwertung über die vergangenen fünf Jahre.

Eine weitere Energiequelle wurde durch die Aufstellung von insgesamt zwölf Photovoltaikanlagen (PV) erschlossen, die im Jahr 2016 insgesamt rd. 1,0 Mio. kWh Strom erzeugt haben. Zur Fortsetzung des Ausbaus von Photovoltaikanlagen laufen zurzeit die Voruntersuchungen. Von dem in drei eigenen Wasserkraftanlagen (WK) erzeugten Strom konnten in 2016 0,5 Mio. kWh auf Kläranlagen genutzt werden.

Durch diese Maßnahmen konnte im betrachteten Fünfjahreszeitraum der Strombezug von Energieversorgungsunternehmen (EVU) absolut um 17,5 % gesenkt werden und der Gesamtstromverbrauch der Kläranlagen verringerte sich um 3,7 % auf 82,0 Mio. kWh/a. Die BHKW liefern dabei mit 43,9 Mio. kWh/a mit 53,5 % mehr als die Hälfte des erforderlichen Stroms. Die zeitliche Entwicklung bei Verbrauch, Bezug und Erzeugung von Strom beim Ruhrverband zeigt Bild 12.8. 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 6,4 Mio. kWh/a. Aus dem Gesamtstromverbrauch ergibt sich über die mittlere CSB-Belastung ein spezifischer Stromverbrauch für die Kläranlagen des Ruhrverbands von derzeit 35,8 kWh je EinwohnerIn und Jahr.



Gewässergüte-Überwachungsstationen (kontinuierlich)

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

Charakterisierung des Rheineinzugsgebiets nach EG-WRRL

Fläche:	4.478 km²
Höhenverhältnisse:	20 bis 800 m ü. NN
Anzahl der Planungseinheiten:	9
Gesamtlänge der Fließgewässer:	~7.000 km
Anzahl Gewässer im Einzugsgebiet > 10 km²:	122
Anzahl Grundwasserkörper:	30
178 natürliche und 65 als erheblich verändert ausgewiesene Wasserkörper	

BETRIEBSANLAGEN

Bereich Wassergütewirtschaft

Kläranlagen	66
Niederschlagswasserbehandlungsanlagen	558
Stauseen	5
Pumpwerke	120
Wasserkraftwerke	7

Bereich Wassermengenwirtschaft

Talsperren	8
Gesamtstauraum (in Millionen m³)	462,9
Rückpumpwerke	5
Wasserkraftwerke	10

MITGLIEDER

Mitglieder insgesamt	553
----------------------	-----

BESCHÄFTIGTE

MitarbeiterInnen in Vollzeitäquivalenten	950
--	-----

FINANZEN JAHRESABSCHLUSS 2014

Anlagevermögen zu AHK	3.219,7 Millionen Euro
Umsatz	282,8 Millionen Euro
davon Verbandsbeiträge	255,6 Millionen Euro
Eigenkapitalquote	33,7 Prozent
Investitionen	27,4 Millionen Euro

LEISTUNGEN DER WASSERGÜTEWIRTSCHAFT

Abwasserentsorgung eines Gebietes mit _____ 2,05 Millionen EinwohnerInnen *
Anschlussgrad _____ rd. 99,7 Prozent *
Gesamtkapazität der 66 Kläranlagen _____ 3,208 Millionen Einwohnerwerte (E)
Gesamtabwasservolumen
(einschließlich Niederschlagswasser) _____ 352 Millionen m³/Jahr

Ablaufwerte des gereinigten Abwassers (mengengewichtete Mittelwerte)

Biochemischer Sauerstoffbedarf (ATH-BSB₅) _____ 3,2 mg/l
Chemischer Sauerstoffbedarf (CSB) _____ 19,6 mg/l
Ammonium-Stickstoff (NH₄-N) _____ 0,8 mg/l
Stickstoff (N_{anorganisch}) _____ 6,1 mg/l
Stickstoff (N_{gesamt}) _____ 6,9 mg/l
Phosphor (P_{gesamt}) _____ 0,5 mg/l

Klärschlammbehandlung
entsorgte Trockenmasse von _____ 37.821 t_{tr}/Jahr

* Prognose zum 30. Juni 2016

LEISTUNGEN DER WASSERMENGENWIRTSCHAFT

Sicherung der Wasserversorgung
eines Gebiets mit _____ 4,6 Millionen EinwohnerInnen
bei einer Entnahme für die Versorgung
innerhalb des Ruhreinzugsgebiets von _____ 185 Millionen m³ Wasser
bei einer Entnahme für die Versorgung
außerhalb des Ruhreinzugsgebiets
(einschließlich aller Wasserverluste) von _____ 208 Millionen m³ Wasser
Schutz vor Hochwasser und Wassermangel
(bezogen auf die Ruhrmündung)
durch Verringerung des Maximalabflusses von _____ 649 auf 581 m³/s
durch Erhöhung des Minimalabflusses von _____ 0,0 auf 18,6 m³/s

SONSTIGE LEISTUNGEN

Qualitätsüberwachung und Beratung

Probenahmen mit insgesamt _____ 240.000 Bestimmungen

Stromerzeugung

LLK-Biggegruppe _____ 27,4 Millionen kWh
LLK-Nordgruppe _____ 30,0 Millionen kWh
Ruhrverbands-Stauseen _____ 70,6 Millionen kWh
Blockheizkraftwerke auf Kläranlagen _____ 43,9 Millionen kWh
Photovoltaikanlagen auf Kläranlagen _____ 1,0 Millionen kWh
Stromerzeugung insgesamt _____ 172,9 Millionen kWh

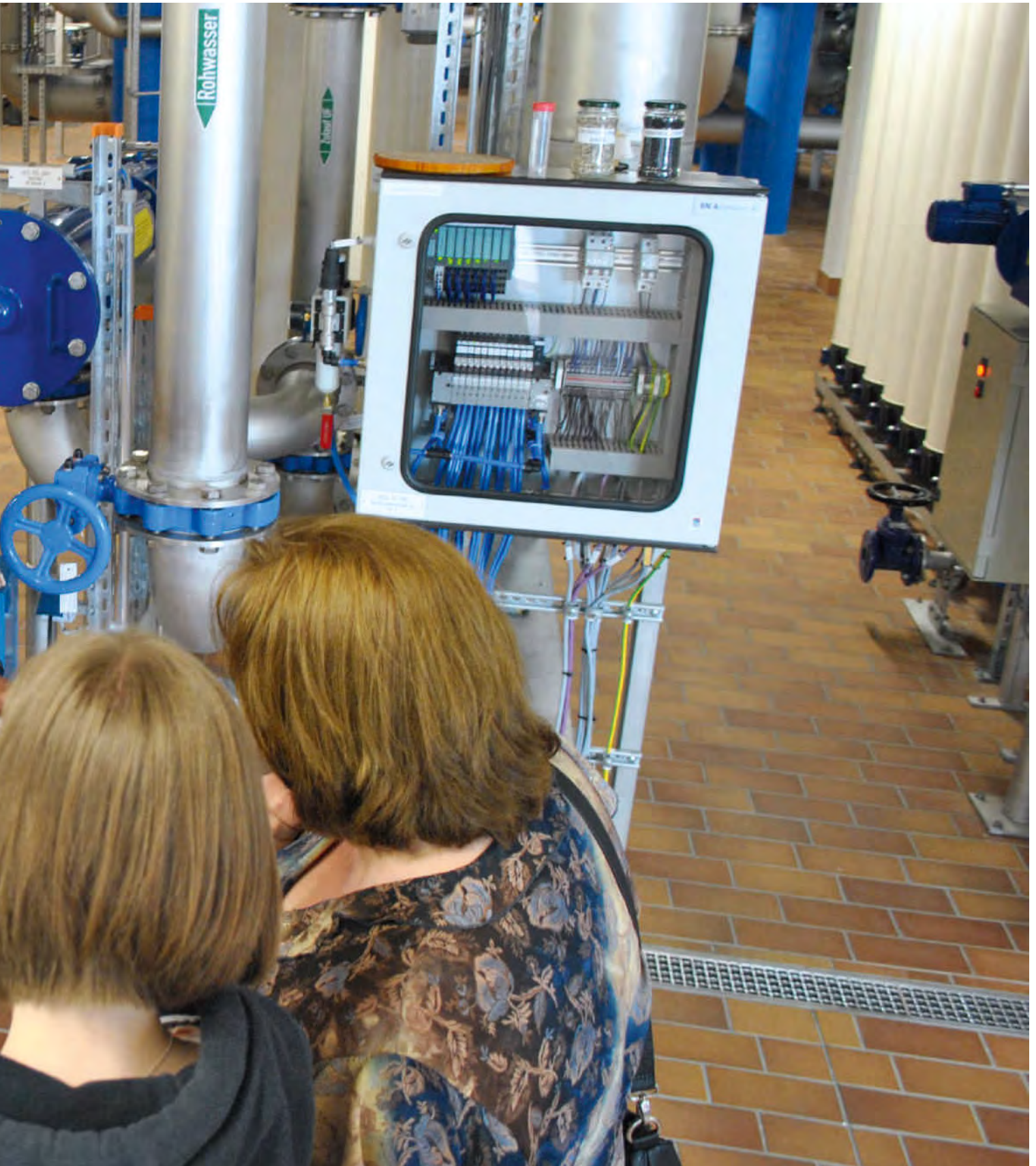
Forstwirtschaft und Fischerei

Aufforstungsfläche _____ 14,0 Hektar
Fischereierlaubnisscheine _____ 6.242 Stück

Stand: 31. Dezember 2016



Im Mai 2017 lud die Hochsauerlandwasser GmbH zu einem Tag der offenen Tür ins neue Wasserwerk Hennesee ein Foto: HSW





Helmut Sommer

Die Arbeitsgemeinschaft der Wasserwerke an der Ruhr e.V. (AWWR) ist ein freiwilliger Zusammenschluss von 17 Wasserversorgungsunternehmen, die Wasser aus der Ruhr zu Trinkwasser aufbereiten und dies an die Endverbraucher im Ruhrgebiet und angrenzenden Regionen verteilen.

Als wichtige Grundlage für die Trinkwassererzeugung und -bereitstellung nutzen viele Wasserwerke an der Ruhr das technische Verfahren der künstlichen Grundwasseranreicherung. Dabei wird Oberflächenwasser der Ruhr entnommen, nach einer ersten Aufbereitung in den Untergrund des Ruhrtals versickert und somit in mengenmäßig zur Bedarfsdeckung ausreichendes Grundwasservorkommen sichergestellt. Das Gewässer Ruhr hat daher für diese Wasserwerke als Rohwasserressource eine mengenmäßig und qualitativ hohe Bedeutung.

Die Arbeitsgemeinschaft ist eine Interessenvertretung der Ruhrwasserwerke gegenüber den Landesinstitutionen und in wasserwirtschaftlichen Gremien, die bereits seit Jahren die unterschiedlichen Zielvorstellungen und Maßnahmen ihrer Mitgliedunternehmen bündelt.

Hierbei sind als wichtige Zielsetzungen der AWWR zu nennen:

- Gemeinsame Verfolgung der Ruhrwassergüte und deren langfristige Entwicklung, um rechtzeitig neue qualitative Herausforderungen für die Wasserwerke zu erkennen und Lösungen für eine dauerhaft gesicherte, qualitativ einwandfreie Trinkwassererzeugung an der Ruhr zwischen Brilon und Mülheim entwickeln zu können.
- Mitwirkung bei der ökologischen Weiterentwicklung des Ruhrtals - gemeinsam mit den Landesbehörden und dem Ruhrverband.
- Koordination eines wissenschaftlich-technischen Informationsaustausches zwischen den Mitgliedsunternehmen, um beispielsweise neue Erkenntnisse bei der Wasseraufbereitung oder einer

energieeffizienten Fördertechnik allen beteiligten Unternehmen zeitnah zur Verfügung stellen zu können.

- Tätigkeit in verschiedenen Fachgremien, um die Interessen der Mitgliedsunternehmen zu vertreten, bei der Ausgestaltung von Regelwerken mitzuwirken und die dort gewonnenen Erkenntnisse zeitnah allen Ruhrwasserwerken zukommen lassen zu können.

Diese Zielsetzungen konnten auch im zurückliegenden Jahr 2016 durch die Arbeitsgemeinschaft der Wasserwerke an der Ruhr wieder erreicht werden. Das gemeinsame Handeln der Ruhrwasserwerke war erneut erfolgreich und konnte die gewohnt hohe Qualität der Wasserversorgung in dieser Region gewährleisten.

Auch 2016 konnten die Ruhrwasserwerke eine stets ausreichende und qualitativ einwandfreie Trinkwassererzeugung für mehr als viereinhalb Millionen Menschen im Ruhrgebiet sowie den angrenzenden Bereichen sicherstellen.

Besondere Belastungen der Ruhr mit kritischen Wasserinhaltsstoffen, die zu einer Beeinträchtigung der Wassergewinnung hätten führen können, waren im zurückliegenden Jahr nicht zu verzeichnen. Hier zählt sich die intensive Gewässerüberwachung und das Einleiten frühzeitiger Gegenmaßnahmen bei sich abzeichnenden qualitativen Störungen aus, die gemeinsam vom Ruhrverband, den Landesbehörden und der AWWR verfolgt werden.

Diese Erfolge sind zu begrüßen, sollten aber alle Beteiligten auch darin bestärken, in den Bemühungen zur Verbesserung der ökologischen und qualitativen Situation weiter voranzuschreiten. Auch in den kommenden Jahren werden immer wieder neue Herausforderungen an die Beteiligten gestellt, die neue Konzepte und energisches Handeln aller Gewässerverantwortlichen erforderlich machen.

Ein wichtiger Beitrag ist hierzu das „Programm Reine Ruhr“, das die Ruhrwasserwerke in enger Zusammenarbeit mit dem Umweltministerium NRW und den zuständigen Bezirksregierungen verfolgen. Dieses Programm sieht eine intensive Überwachung der Ruhr und ihrer Nebengewässer sowie die Erarbeitung von Maßnahmen zur Verminderung von festgestellten Gewässerbelastungen durch ausgewählte Schadstoffe vor. Diese Untersuchungen und Maßnahmen haben zunächst das primäre Ziel, die Ökologie im Gewässer kontinuierlich zu verbessern und damit für die dort ansässige Flora und Fauna bessere Lebensbedingungen zu schaffen.

Die Wasserwerke an der Ruhr unterstützen diese Gewässerüberwachung durch eigene qualitative Messungen, da eine gute Ruhrwasserqualität auch für die Wassergewinnung von hoher Bedeutung ist. Gleichzeitig verfolgen die AWWR-Mitgliedsunternehmen als Bestandteil des Programms Reine Ruhr auch ein Konzept zur Ergänzung der bestehenden Wasserwerkstechniken um weitere Aufbereitungsstufen, um bei unvorhersehbaren chemischen oder mikrobiologischen Störungen der Gewässerschaffenheit, zum Beispiel infolge eines größeren Unfalls, eine hohe Sicherheit der Trinkwassererzeugung gewährleisten zu können.

Diese Maßnahmen zur Ergänzung der Ruhrwasserwerke um weitere Aufbereitungsstufen erstreckt sich über viele Jahre und wird voraussichtlich ein Investitionsvolumen von ca. 300 Mio. € umfassen. Die Wasserwerke an der Ruhr werden dadurch um moderne Aufbereitungstechniken nach dem aktuellen Stand der Technik ergänzt und bieten zukünftig ein hohes Maß an Sicherheit bei außerordentlichen Gewässerbelastungen.

Viele Wasserwerke an der Ruhr konnten in den zurückliegenden Jahren bereits die zusätzlichen Aufbereitungstechniken fertigstellen und erfolgreich in Betrieb nehmen. Ein Beispiel für die Inbetriebnahme einer modernen Wassergewinnung mit großer Aufbereitungsanlage im Jahr 2016 findet sich im nachfolgenden Berichtsteil (Wasserwerk Hennesee der Hochsauerlandwasser GmbH). Eine weitere 2016 fertiggestellte Anlage zur weitergehenden Aufbereitung befindet sich im Wasserwerk Echthausen der Wasserwerke Westfalen GmbH.

Für die weiteren Wasserwerke an der Ruhr wurden die technischen Ergänzungen bereits mit den Aufsichtsbehörden abgestimmt und die Umsetzung der Maßnahmen begonnen. Die Aufbereitung in einigen Werken steht unmittelbar vor der Fertigstellung (bspw. Wasserwerk Witten im Jahr 2017). Es ist damit sichergestellt, dass in wenigen Jahren alle Ruhrwasserwerke über umfassende Aufbereitungsverfahren nach dem „Stand der Technik“ verfügen und damit auch zukünftig ihren Kunden die gewohnt hohe Versorgungssicherheit und Wasserqualität bieten können.

Trotz der Verbesserung der technischen Aufbereitung in den Wasserwerken haben sich die AWWR-Unternehmen auch im zurückliegenden Jahr in einem eigenen Monitoring mit der Untersuchung der stofflichen Belastung der Ruhr befasst. Ein besonderer Schwerpunkt dieser Untersuchungen lag wieder im Bereich der organischen Spurenstoffe, die aus unterschiedlichsten Anwendungen und Quellen in die Gewässer eingetragen werden können. Für die Wasserwerke sind hierbei die langfristigen Messreihen von besonderer Bedeutung, da sich durch eine regelmäßige Erfassung und Bewertung vieler organischer Substanzen in der Ruhr tendenzielle Verschlechterungen frühzeitig erkennen lassen. Dies bietet den Wasserwerken die Möglichkeit zur rechtzeitigen Anpassung ihres Wasserwerksbetriebes und der Aufbereitung. Die Untersuchungen konzentrierten sich, wie bereits in den Vorjahren, auf neun Messstellen zwischen Meschede und Mülheim und umfassten mehr als 40 Spurenstoffe unterschiedlicher Herkunft.

Erwartungsgemäß konnten durch diese eigenen Messreihen entlang der Ruhr erneut viele organische Spurenstoffe im Gewässer nachgewiesen werden. Allerdings lagen die Konzentrationen dieser hierbei untersuchten Substanzen nur in geringen Spuren vor und stellten keine akute Einschränkung für die Wasserwerke dar.

Die zuletzt immer weiter verbesserte Analytik der untersuchenden Wasserlabors sowie neue wissenschaftliche Erkenntnisse machen es notwendig, die Gruppe der untersuchten Stoffe in diesem Monitoring regelmäßig zu überprüfen und im Bedarfsfall zu ergänzen.

So sollen bereits 2017 die Monitoringprogramme um weitere Stoffe, beispielsweise um Gabapentin, Metformin und Guanylharnstoff, erweitert werden, um eine erste Abschätzung des Konzentrationsverlaufs dieser Substanzen in der Ruhr und einer mögliche Relevanz für die Wasserwerke vornehmen zu können.

In den zurückliegenden Monaten wurden in den Medien die Nitratbelastungen in vielen Grundwasserkörpern in Deutschland thematisiert und eine daraus abzuleitende potentielle Gefährdung der Wassergewinnung diskutiert. Hier haben erfreulicherweise die langjährigen Messungen der Ruhrwasserwerke gezeigt, dass die Konzentrationen von Nitrat in der Ruhr und im Trinkwasser deutlich unter den vorgegebenen Grenzwerten liegen und keine qualitative Beeinträchtigung zu erwarten ist.

Mit großem Interesse und finanzieller Unterstützung verfolgen die Ruhrwasserwerke ein laufendes Forschungsprogramm „MERK’MAL“, das als Gemeinschaftsprojekt verschiedener Institutionen im unteren Abschnitt der Ruhr durchgeführt wird und eine Reduzierung der Röntgenkontrastmittel in der Ruhr zum Ziel hat. In einer mehrmonatigen Studie sollen Röntgenpatienten in Krankenhäusern die Möglichkeit erhalten, nach den Untersuchungen die ausgeschiedenen Kontrastmittel durch spezielle Beutel aufzufangen und damit dem Wasserkreislauf zu entziehen. Es wird erwartet, dass bei einer Akzeptanz dieser Maßnahme in der Bevölkerung die schwer abbaubaren Röntgenkontrastmittel nicht mehr über die Abwasserkanäle in die Gewässer gelangen und somit eine deutliche Verbesserung der Gewässerqualität erzielt werden könnte. Diese Studie wird voraussichtlich Ende 2017 zu Ergebnissen führen, die von den Ruhrwasserwerken mit Spannung erwartet werden.

Wir werden als Arbeitsgemeinschaft der Ruhr auch in den kommenden Jahren versuchen, an die bisherigen Erfolge zur Verbesserung und Absicherung der Ruhrwassergüte anzuknüpfen und somit eine hervorragende Grundlage für eine gesicherte Wasserversorgung aus dem Ruhrtal zu schaffen.

Allen Beteiligten möchte ich an dieser Stelle für ihr großes persönliches Engagement und die wertvolle Unterstützung unserer Gemeinschaft im zurückliegenden Jahr danken.

Schwerte, im Juni 2017



Dipl.-Geol. Helmut Sommer
Wasserwerke Westfalen GmbH
Vorsitzender des Präsidiums der Arbeitsgemeinschaft
der Wasserwerke an der Ruhr e.V. (AWWR)

14 AWWR-Ausschusstätigkeit

Ausschuss Wassergüte

Obmann: Dr. Henning Schünke, Westfälische Wasser- und Umweltanalytik GmbH, Schwerte

Die Treffen des Fachausschusses Wassergüte der AWWR fanden im Jahr 2016 beim Hygiene-Institut des Ruhrgebietes in Gelsenkirchen und bei den Wasserwerken Westfalen in Schwerte-Geiseke statt. Dabei wurden die aktuellen Themen der Wassergüte an der Ruhr durch die Fachleute aus den Wasserversorgungsunternehmen, den Untersuchungslaboren (Hygiene-Institut des Ruhrgebietes Gelsenkirchen, Westfälische Wasser- und Umweltanalytik GmbH) sowie dem Institut für Wasserforschung GmbH und dem Ruhrverband beraten (siehe Mitglieder Ausschuss Wassergüte).

Dem Ausschuss zugeordnet sind die Arbeitskreise „Anorganische Spurenanalytik“, „Organische Spurenanalytik“ und „Mikrobiologie“, die eine fachliche Unterstützung des Ausschusses sichern. Als weiterer Bereich steht die Kooperation Landwirtschaft / Wasserwirtschaft dem Ausschuss bei Fragen zur landwirtschaftlichen Bewirtschaftung an der Ruhr zur fachlichen Beratung zur Seite.

Mit Ende des Jahres 2016 schied Herr Prof. Dr. Klopp als Vertreter des Ruhrverbandes als langjähriges Mitglied aus dem Fachausschuss mit Eintritt in seinen wohlverdienten Ruhestand aus. Für seine langjährige konstruktive Mitarbeit im Fachausschuss und sein Engagement für die Qualität des Ruhrwassers dankt der Ausschuss Prof. Klopp sehr und wünscht ihm einen guten Start in den neuen Lebensabschnitt.

Wie in den Vorjahren befasste sich auch im Jahr 2016 der Ausschuss mit einer Reihe fortlaufender Aufgaben, die die folgenden Themen der Wasserwirtschaft an der Ruhr umfassten:

- Beobachtung und Bewertung der chemisch-hygienischen Ruhrwasserqualitäten
- Beurteilung und Ursachenforschung von aktuellen Belastungen der Ruhrwasserqualität anhand von Informationen der Versorger und des Ruhrverbandes
- Erfassung und Auswertung der Ergebnisse aus den Ruhr-längsuntersuchungen und den zeitdichten Untersuchungen durch die Mitgliedsunternehmen
- Bewertung der Ergebnisse der gemeinsamen Ruhr-längsuntersuchungen und der zeitdichten freiwilligen Untersuchungen durch die Mitgliedsunternehmen im Rahmen des Ruhr-güteberichts
- Initiierung, fachliche Konzeptionierung, Begleitung, Auswertung und Präsentation von Sondermessprogrammen zu chemischen Qualitätsmerkmalen:

- aktuelle Untersuchungsprogramme 2016: organische Spurenstoffe
- 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 bei Behördenterminen
- Erarbeitung von Fachbeiträgen zur Ruhr- und Trinkwassergüte z.B. für den Ruhr-gütebericht
- Inhaltliche Unterstützung bei der Verbesserung des Internet-Auftrittes der AWWR
 - aktuell: Mitarbeit bei der Neu-Konzeptionierung und thematischen Überarbeitung des AWWR-Internetauftrittes
- Unterstützung beim Ausbau einer verbesserten Kommunikation bei Ausschuss übergreifenden Themen innerhalb der AWWR: Benennung und Präsentation vorhandener Kompetenzen

Die im Jahr 2016 durch den Ausschuss Wassergüte bearbeiteten aktuellen Fragestellungen aus dem Wasserfach waren:

- Festsetzung der Zielwerte für das Wasser der Ruhr:
 - Übernahme der Zielwerte aus dem Fließgewässermemorandum; es werden keine gesonderten Zielwerte für die Ruhr mehr festgelegt
- Verlängerung der Ruhr-Kooperation mit der Landwirtschaft bis 2022
- Erweiterung der Förderung um die Hofflächenentwässerung durch die Kooperation Landwirtschaft / Wasserwirtschaft
- Information über die Anfrage des Bundesministeriums Verbraucherschutz und Landwirtschaft zu Belastungen mit PSM-Metaboliten für eine lokale Anwendungsbeschränkung
- Information über die notwendigen Messungen der Radioaktivitätsparameter nach TrinkwV-Aktualisierung
- Erörterung der neuen Entwicklungen bei der Bewertung von Chrom-VI
- Informationsaustausch über vermehrte Befunde bei Coliformen Bakterien im Verteilnetz

- Information über die Änderungen des rechtlichen Rahmens für das Fracking an der Ruhr
- Bericht über die Forschung zur Elimination von Viren bei der klassischen Grundwasseranreicherung
- Fachliche Auswertung des Monitorings „Organische Spurenstoffe“ und Weiterentwicklung des Monitorings:
 - Information zur neuen Festsetzung des GOW für Guanylharnstoff
- Strategieplanung zur weiteren Festlegung der Untersuchungsprogramme der AWWR

Auch 2016 stellten die Programme zur Überwachung der Wasserqualität der Ruhr den Schwerpunkt der Ausschussarbeit dar:

Die allgemeinen chemischen Wasserparameter wurden dabei durch die zeitdichten Messungen der Versorger und des Ruhrverbandes vorgenommen. Zusätzlich nahmen der Ruhrverband und das Hygieneinstitut an vier Terminen Untersuchungen zur Erstellung von durchgängigen Längsprofilen vor, die eine Prüfung der zeitdichten Untersuchungsergebnisse ermöglichen und die Entwicklung der Werte im Ruhrverlauf verdeutlichen.

Das Spurenstoffmonitoring der AWWR liefert mit vier Terminen ein Bild über den gesamten Ruhrverlauf für organische Belastungen. Im Ausschuss wird über die Entwicklungen der Parameter regelmäßig berichtet und diskutiert. Durch die Ergebnisse des Ruhrverbandes für die Spurenstoffe in Essen-Rellinghausen, die ebenfalls im Ausschuss präsentiert werden, lassen sich Beobachtungen aus dem AWWR-Monitoring zum Teil nochmals überprüfen. Die Ergebnisse des Spurenstoffmonitorings werden in den Ruhrgüteberichten regelmäßig veröffentlicht.

Bei den Untersuchungen auf Spurenstoffe wurden vor allem für Substanzen aus der medizinischen Anwendung neue Erkenntnisse durch die Erweiterung des Untersuchungsspektrums gewonnen. Bei den PFC-Verbindungen ließ sich dagegen für die Einträge von den Flächenbelastungen im Sauerland ein weiterer Rückgang feststellen. Die höchsten Konzentrationen bei dieser Stoffgruppe werden inzwischen durch die teilfluorierten Tenside, vor allem das H₄PFOS, verursacht, das durch die produzierenden Betriebe nach dem EU-Verbot von PFOS als Ersatzstoff in der Produktion eingesetzt wird.

Auch im Jahr 2016 waren aus allen Stoffgruppen im AWWR-Monitoringprogramm, in dem Spurenstoffe der perfluorierten Verbindungen, der Flammschutzmittel, der Arzneiwirkstoffe und der Diagnostika untersucht werden, regelmäßig Befunde nachweisbar, die eine Fortschreibung des Monitorings sinnvoll erscheinen lassen. Der ausführliche Bericht über die Ergebnisse des AWWR-Monitorings von Herrn Christian Skark ist Bestandteil dieses Ruhrgüteberichtes (Kapitel 15).

Arbeitskreis Allgemeine und anorganische Analytik

Obmann: Dr. Georg Böer, Westfälische Wasser- und Umweltanalytik GmbH, Schwerte

2016 bestand der Arbeitskreis aus acht Mitgliedern (s. Mitgliederliste Ausschüsse und Arbeitskreise). Er trifft sich jährlich einmal, meist im Januar. Für das Jahr 2016 wurden im Januar 2017 die folgenden Themen in der AK-Arbeit vorrangig bearbeitet:

Erfahrungsaustausch

Der Erfahrungsaustausch ist immer Bestandteil der Treffen und wurde intensiv geführt. Folgende Themen wurden angesprochen:

- Erfahrungen mit neuen ICP-MS Geräten, Planungen bei einigen Laboratorien zur Anschaffung von ICP-OES-Systemen, Anschaffungs- und Wartungskosten für die ICP-MS,
- Ersatz- bzw. Neubeschaffung von Fließanalysensystemen und AOX-Analysatoren,
- Eignung des Gallery-Systems von ThermoFisher (automatisiertes photometrisches Analysengerät),
- Eignung des Hg-Analysators von A1 Enviotech als Ersatz für Hg-FIMS-System von Perkin-Elmer.

Ergebnisse / Konsequenzen aus den Vergleichsanalysen (VA)

- Ergebnisse von Trübungs-Sonderproben: bemerkenswert war, dass die Abweichungen zwischen den Laboren sehr groß waren, während die Mehrfachmessungen in den Laboren nur geringe Schwankungen gezeigt hatten. Hohe Trübstoffanteile, die wahrscheinlich bereits bei der Probenahme vorlagen, waren problematisch.
- Es traten zwei Ergebnisgruppen bei „abfiltrierbaren Stoffen“ auf: Bei drei Laboratorien wurde der dotierte Zusatz in etwa gefunden, bei weiteren fünf Laboren der zweiten Gruppe lagen die Ergebnisse deutlich niedriger. Als Frage bleibt zu klären, ob Filter mit Bindemitteln verwendet worden sind und ob eine Vorbehandlung zum Ausspülen der Bindemittel stattgefunden hat.

Änderungen bei den Sonderproben:

- Die Sonderprobe „abfiltrierbare Stoffe“ wird ab 2017 einmal jährlich verteilt, nach Möglichkeit mit der Vergleichsanalyse im September, ggf. gemeinsam mit AOX-Sonderprobe.
- Die Chlorophyll-Sonderprobe wird eingestellt, da inzwischen nur noch vier Teilnehmer eine Chlorophyll-Bestimmung durchführen, die Vorbereitung sehr aufwändig ist und eine statistische Auswertung bei der Teilnehmerzahl nicht vorgenommen werden kann.
- Die zwischenzeitliche Phosphat-Sonderprobe wird eingestellt, da ein Standard verteilt wurde, der von allen Teilnehmern richtig analysiert werden konnte.

Arbeitskreis Organische Spurenanalytik

Obfrau: Petra Bröcking, Hygiene-Institut des Ruhrgebiets, Gelsenkirchen

Der Arbeitskreis mit seinen sieben Mitgliedern (s. Mitgliederliste Ausschüsse und Arbeitskreise) hat im Jahr 2016 turnusgemäß zweimal getagt.

Die Entwicklungen im Bereich der organischen Spurenanalytik führen zu immer wieder neuen Fragestellungen, mit denen sich der Arbeitskreis in seinen Sitzungen unter anderem beschäftigt. Die Möglichkeiten der immer empfindlicheren Messtechnik zum Aufspüren organischer Verbindungen im Wasser der Ruhr spielen hier eine wesentliche Rolle. Der Erfahrungsaustausch zur Analytik mit dem Ziel der Vergleichbarkeit der gewonnenen Ergebnisse hat dabei einen hohen Stellenwert.

So wurde dem Arbeitskreis in einer seiner Sitzungen im November die Entwicklung und Durchführung eines regelmäßigen „Non-Target-Screenings“ für einen Wasserversorger vorgestellt. Genutzt wird diese Analytik zurzeit vor allem auch, um ein „Suspected-Target-Screening“ über ca. 4000 Verbindungen und eine halbquantitative Auswertung über ca. 250 Verbindungen durchzuführen. Mit dieser Technik kann die Belastung des Gewässers mit neuen organischen Verbindungen aufgespürt und verfolgt werden. Nachdem eine Verbindung erkannt und identifiziert wurde, kann eine Bewertung der Relevanz erfolgen und können eventuell notwendige Maßnahmen geplant werden. Da die Auswertung der gewonnenen Daten sehr zeitaufwendig ist, handelt es sich um eine personal- und kostenintensive Analytik.

Neben den Vergleichsuntersuchungen für gut eingeübte Verfahren wie die Bestimmung von Pflanzenschutzmittel-Wirkstoffen, polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe, leichtflüchtige Halogenkohlenwasserstoffe, Komplexbildnern oder perfluorierten organischen Verbindungen hat der Arbeitskreis im Jahr 2016 auch Vergleichsuntersuchungen für Benzotriazole, Röntgenkontrastmittel und Süßstoffen durchgeführt. Damit setzte der Arbeitskreis sein Ziel um, auch Stoffgruppen in sein Programm aufzunehmen, die aktuell diskutiert werden.

Arbeitskreis Mikrobiologie

Obmann: Bernd Lange, IWW Rheinisch-Westfälisches Institut für Wasserforschung gGmbH, Mülheim

Seit vielen Jahren umfassen die Aktivitäten des AWWR-Arbeitskreises Mikrobiologie neben dem Informationsaustausch über die Umsetzung neuer Regelwerke die regelmäßige Durchführung von Vergleichsuntersuchungen, um ein vergleichbares Vorgehen bei mikrobiologischen Wasseruntersuchungen an der Ruhr zu erreichen.

Im Februar 2016 wurde eine Vergleichsuntersuchung zum Nachweis von intestinalen Enterokokken mit verschiedenen Nachweisverfahren durchgeführt. Hierbei wurde Wasser aus

der Ruhr bei Hagen in den einzelnen Laboratorien parallel mit den Verfahren nach DIN EN ISO 7899-1 (Mikrotiterverfahren, 4 Laboratorien), DIN EN ISO 7889-2 (Membranfiltration auf Slanetz-Bartley-Agar, 9 Laboratorien) und mit Enterolert®-DW (6 Laboratorien) untersucht. Die relative Standardabweichung lag bei dem Membranfiltrationsverfahren und dem Enterolert-Verfahren mit 18,1 % bzw. 18,6 % für natürliche Proben in einem niedrigen Bereich. Der Mittelwert der Analysenergebnisse aller Laboratorien zeigte bei dem Membranfiltrationsverfahren nach DIN EN ISO 7889-2 mit 1035 KBE/100 ml den höchsten Wert, gefolgt von dem Enterolert®-DW Verfahren mit 863 MPN/100 ml. Wegen der geringen Teilnehmerzahl war die statistische Auswertung bei dem Mikrotiterverfahren nach DIN EN ISO 7899-1 mit einer großen Unsicherheit behaftet.

Sowohl im April als auch im November wurden Vergleichsuntersuchungen zum Nachweis von *Clostridium perfringens* durchgeführt. Es wurde jeweils das Verfahren zum Nachweis von *Clostridium perfringens* nach TrinkwV 2001 (mCP-Verfahren) und das Verfahren nach DIN EN ISO 14189 (TSC-Verfahren), so wie es demnächst in Deutschland angewendet werden muss, verglichen. Es zeigte sich, dass die Wiederfindungsrate mit dem bisher in Deutschland verwendeten Membranfiltrationsverfahren auf mCP-Agar lediglich 61 % (im April) bzw. 35 % (im November) der genormten Methode nach DIN EN ISO 14189 betrug. Ein Nachteil des neuen genormten Verfahrens ist allerdings das Reagenz für den Nachweis der sauren Phosphatase, das eine giftige und Krebs erzeugende Komponente (Echtblausalz B) beinhaltet, aufwendig in der Herstellung ist und nur über eine sehr kurze Haltbarkeit verfügt. Daher ist es für den Routinebetrieb schlecht geeignet. Im deutschen Vorwort der DIN EN ISO 14189 wird daher auf die Möglichkeit verwiesen, die sauren Phosphatase über eine Nachkultur auf mCP-Agar mit anschließender Bedampfung mit Ammoniak nachzuweisen. Diese beiden möglichen Bestätigungsreaktionen wurden innerhalb der Vergleichsuntersuchung ebenfalls verglichen. Die Übereinstimmung zwischen diesen beiden Bestätigungsreaktionen war mit 93 % (im April) bzw. 96 % (im November) sehr hoch.

Die Ergebnisse der durchgeführten Vergleichsuntersuchungen können im Rahmen der Akkreditierung der Laboratorien als externe Qualitätssicherungsmaßnahmen aufgeführt werden.

Andere Themen:

Nachdem im Jahr 2015 noch viele Beanstandungen von kontaminierten Wasserzählern mit *Pseudomonas aeruginosa* festgestellt wurden, trat dieses Problem im Jahr 2016 fast nicht mehr auf. Dies ist sicherlich auf die umfassenden Kontrollen der Wasserzähler durch die Wasserversorger und den daraus resultierenden Handlungsdruck bei den Herstellern und den Betreibern der Prüfstände zurückzuführen.

Ausschuss Wassergewinnung und -aufbereitung

Obmann: Andreas Lütz, Wassergewinnung Essen GmbH, Essen

Der Ausschuss Wassergewinnung und -aufbereitung traf sich im Jahr 2016 am 15. März im Wasserwerk Essen Überra der WGE und am 03. November im Wasserwerk Hennesee der Hochsauerlandwasser GmbH. Die einzige personelle Veränderung des Ausschusses in diesem Zeitraum ergibt sich aus der Schließung des Wasserwerks Bochum Stiepel. In Folge hat Herr Björn Wölfel (GELSENWASSER AG) letztmalig an der Herbstsitzung 2015 am Ausschuss teilgenommen.

Fachvorträge

Um den fachlichen Austausch zu intensivieren und einzelne, relevante Wasserthemen in den Focus zu rücken, konnten zwei externe Fachleute für Vorträge gewonnen werden: in der Frühjahrssitzung referierte Herr Dipl.-Ing. Thomas Evers zum Thema „Filterspülungen und Spülbildkontrolle“ und in der Herbstsitzung Herr Dipl.-Ing. Berthold Bleser zu dem bei der Wassergewinnung Essen GmbH durchgeführten Projekt „Sanierung und Umbau eines Schnellfilters von Beton- auf Stahlfilterboden“.

Berichte aus den Mitgliedsunternehmen

Auch in 2016 sind in den Wasserwerken der AWWR wieder umfangreiche Modernisierungsmaßnahmen sowie Erweiterungen der Aufbereitungsverfahren umgesetzt worden, die im Folgenden – ohne Anspruch auf Vollständigkeit – kurz beschrieben werden: So fand beispielsweise im Hause RWW der Umbau der zentralen Leitwarte sowie die Installation von UV-Technik in den Werken Kettwig und Styrum West statt. Bei der Hochsauerlandwasser GmbH ging das neue Wasserwerk Hennesee in Betrieb (siehe hierzu Kapitel 16). Auch bei den Wasserwerken Westfalen wurde das Programm zur weitergehenden Aufbereitung fortgesetzt: die neue Aufbereitungsanlage im Wasserwerk Echthausen ging in Betrieb, an den Standorten Hengsen und Halingen sind alle Pumpenhäuser auf UV-Technik umgestellt worden und eine Anlage zur weitergehenden Aufbereitung für das Wasserwerk Westhofen 1 wurde geplant und ausgeschrieben. Bei den Stadtwerken Sundern befindet sich eine neue Aufbereitung für die Quelfassung in Allendorf in Planung, die eine Ultrafiltration und UV-Technik beinhalten wird.

Weitere Themenschwerpunkte

Weiterhin beschäftigte sich der Ausschuss traditionsgemäß mit der Abfluss- und Talsperrensituation an der Ruhr sowie mit verschiedenen qualitätsrelevanten Themen aus dem Bereich der Kläranlagen. Zum Thema Blackout (längerfristiger Stromausfall) fand ein Erfahrungsaustausch statt.

Ausschuss Öffentlichkeitsarbeit

Obfrau: Tanja Vock, Wasserwerke Westfalen GmbH, Schwerte (ab 08. März 2016)

Der Ausschuss Öffentlichkeitsarbeit traf sich in 2016 in gewohnter Form zu drei Arbeitssitzungen: am 07. März bei der Wasserwerke Westfalen GmbH in Schwerte, am 10. Juni bei der Stadtwerke Hamm GmbH in Hamm und am 5. Oktober im Anschluss an die Pressekonferenz zur Vorstellung des Ruhrgüteberichts beim Ruhrverband in Essen.

In der März-Sitzung fand die Neuwahl des Obmanns/der Obfrau für den Ausschuss Öffentlichkeitsarbeit statt. Die Pressesprecher-Tätigkeit der AWWR ist von jeher eng an den Vorsitz geknüpft. Da an der Spitze der AWWR ein Wechsel stattfand und Helmut Sommer, Wasserwerke Westfalen GmbH, den Vorsitz der AWWR Ende 2015 übernahm, folgte demnach auch eine Änderung im Ausschuss Öffentlichkeitsarbeit. Unter der Wahlleitung von Geschäftsführer Ulrich Peterwitz wurde Tanja Vock, Leiterin Presse- und Öffentlichkeitsarbeit der Wasserwerke Westfalen GmbH, einstimmig von den anwesenden Ausschussmitgliedern als künftige Vorsitzende des Ausschusses gewählt und hat seither die AWWR-Pressesprechertätigkeit in Nachfolge von Ramon Steggink, RWW Rheinisch-Westfälische Wasserwerksgesellschaft mbH, übernommen.

Seit der Juni-Sitzung hat sich der Ausschuss Öffentlichkeitsarbeit vergrößert und begrüßte als neue Mitglieder Frau Maria Geers von der Stadtwerke Menden GmbH und Frau Marie-Luise Niepel von der Stadtwerke Arnsberg GmbH. Seither sind zwölf Gesellschaften im Ausschuss Öffentlichkeitsarbeit vertreten. Für eine Sensibilisierung und zeitige Vorbereitung auf in Zukunft eventuell kritische Themen hat der Ausschuss beschlossen, zukünftig die Obmänner der Ausschüsse Wassergüte und Wassergewinnung und -aufbereitung zwecks Austauschs in regelmäßigen Abständen einzuladen.

Presseaktivitäten

Im Juli hat die Stiftung Warentest ihren „großen Trinkwassercheck“ veröffentlicht. Es wurden Trinkwässer aus 28 Städten in ganz Deutschland (Zapfstelle Rathaus) und 30 Mineralwässer untersucht. Das Leitungswasser hat den Test bravourös gemeistert: Stiftung Warentest empfiehlt das Wasser aus dem Hahn statt teures Mineralwasser zu kaufen.

Im Vorfeld wurden die jeweiligen Wasserversorger der Teststellen angeschrieben. Zeitgleich hatte die Wasserwerke Westfalen GmbH einen Besichtigungstermin mit einer der zuständigen Redakteurinnen, die sich den Prozess der Trinkwasserproduktion vor Ort erklären und zeigen ließ. Zu dieser Zeit gab es einen regen Austausch im Ausschuss Öffentlichkeitsarbeit über den Stand der Recherchen von Stiftung Warentest.

Des Weiteren wurde sich innerhalb des Ausschusses zum Thema Deponierutschung in Arnsberg ausgetauscht. Auch an dieser Stelle gab es schnelle Reaktionen und informative Beiträge, aus denen diejenigen, die mit Presseanfragen konfrontiert wurden, ihren Nutzen ziehen konnten. In beiden Fällen hat der Ausschuss seine Qualität als sehr schnelles und effektives Instrument und Frühwarnsystem bewiesen.

Pressekonferenz Ruhrgütebericht 2016

Anlässlich der alljährlichen Pressekonferenz zur Vorstellung des Ruhrgüteberichts informierten der Ruhrverband und die AWWR wieder in einer gemeinsamen Pressemitteilung über ihre Schwerpunktthemen. Die Presskonferenz fand am 5. Oktober beim Ruhrverband in Essen statt. Seitens AWWR nahmen teil der Stellvertretende Vorsitzende Roland Rütter, Geschäftsführer Ulrich Peterwitz und die Obfrau des Ausschusses Öffentlichkeitsarbeit Tanja Vock. Die teilnehmenden Pressevertreter kamen von dpa, WAZ Essen, SAT1 NRW, WDR Fernsehen und WDR Hörfunk. Als Präsentationsthemen wurden vom AWWR die Themen „Weitergehende Aufbereitung in den Ruhrwasserwerken“, „AWWR-Monitoring“ mit Fokus auf Glyphosat, AMPA und Nitrat und „die ökologische Durchgängigkeit der Ruhr“ (Fischtreppen bei den Ruhrwasserwerken) vorbereitet. Seitens des Ruhrverbands wurde über Baden in der Ruhr („Seaside Beach“ am Baldeneysee), Mähkonzept und Forschungsprojekt zur Reduktion der Wasserpflanzen in den Stauseen (Baldeneysee) sowie über den Bau des Fischlifts am Baldeneysee berichtet.

AWWR-Webauftritt

Das Relaunch des AWWR-Internetauftritts wurde entschieden und in Angriff genommen. Der hierfür einberufene Arbeitskreis – bestehend aus den Obleuten der drei Ausschüsse sowie Mitgliedern des Ausschusses Öffentlichkeitsarbeit – erarbeiteten die neue Struktur der Website sowie Vorschläge zur Aktualisierung und Fortschreibung der Inhalte. Der Entwurf wurde dem Präsidium vorgestellt, für gut empfunden und freigegeben. Nach der nun folgenden Aufnahme bzw. Anpassung einiger signifikanter Menüpunkte wird der neue Webauftritt 2017 scharf geschaltet werden können.

15 Organische Spurenstoffe in der Ruhr – ein mehrjähriges Monitoring der AWWR

Christian Skark, Institut für Wasserforschung GmbH, Schwerte

Mit vier weiteren Probenahmen wurde das Monitoring der AWWR auf 60 organische Spurenstoffe im Oberflächenwasser der Ruhr im Jahr 2016 fortgeführt. In diese Auswertung werden alle 34 bisherigen Probenahmen einbezogen und der Vorbericht über den Zeitraum 2008 - 2015 (30 Probenahmen [15.1]) fortgeschrieben. Seit 2015 umfasst das Untersuchungsspektrum 60 Substanzen. Die Stoffe gehören zu den Gruppen Humanpharmaka (HP, 32 Stoffe), Röntgenkontrastmittel (RKM, 6 Stoffe), per- und polyfluorierte Verbindungen (PFC, 16 Stoffe) und Organophosphor-Flammschutzmittel (FSM, 6 Stoffe), die im Einzugsgebiet der Ruhr verbraucht werden und vor allem über gereinigtes Abwasser ins Oberflächenwasser gelangen. Eine Erweiterung des Untersuchungsspektrums im Jahr 2015 betraf die Gruppen Humanpharmaka (zusätzlich 15 Substanzen, davon 3 Metabolite) und PFC (zusätzlich 3 Substanzen).

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 15.1). Dies schließt auch im Jahr 2016 die Probenahmestelle in Bochum-Stiepel mit ein,

obwohl die Trinkwassergewinnung im November 2015 eingestellt wurde. Im Jahr 2016 wurde die erste Probe nicht wie in den Vorjahren im Januar sondern im März entnommen, so dass die zeitliche Äquidistanz für diese eine Probenahme unterschritten wurde.

Die einzelnen Probenahmestellen repräsentieren unterschiedliche Anteile des ca. 4.500 km² großen Einzugsgebiets der Ruhr (zwischen 400 km² in Meschede und 4.400 km² in Mülheim). Insbesondere zwischen Schwerte (WGA Westhofen) und Hagen (WGA Hengstey) nimmt das oberstromige Einzugsgebiet und der Abfluss durch den Zufluss der Lenne stark zu.

Tabelle 15.2 gibt das Untersuchungsspektrum von 60 Substanzen sowie deren Bestimmungsgrenzen (BG) für eine sichere Quantifizierung in den Wasserproben wieder. Für Stoffe, die bereits seit 2008 analysiert werden, ergeben sich mit dem Jahr 2016 jeweils 305 Einzelanalysen. Bereits in den Jahren 2011 und 2012 erfolgte eine Erweiterung des Untersuchungsumfangs um insgesamt neun Verbindungen ([b] Perfluorheptansulfonat, Tetrahydropolyfluorooctansulfonat H₄PFOS, [a] Hydropolyfluorheptanoat, Clofibrinsäure, Phenazon, Propyphenazon, Codein, Diazepam und Primidon). Für die Substanzen [a] und [b] liegen der Auswertung geringere Anzahlen an Untersuchungen zugrunde ([a] n = 179, [b] n = 197). Die Erweiterung

[15.1] Skark, C.: *Organische Spurenstoffe in der Ruhr- Fortsetzung des Monitorings der AWWR.- in: Ruhrverband & AWWR (Hg.): Ruhrgütebericht 2015.- Schwerte, Essen, 138-149 (2016).*

[15.2] LANUV (Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz Nordrhein-Westfalen): *Gewässerstationierungskarte GSK3B.- Auflage 31.07.2006, 3. Auflage, (2006) <http://www.lanuv.nrw.de/wasser/gstat.htm>, Stand 01.07.08.*

Tabelle 15.1: Lage der Probenahmestellen für Oberflächenwasser der Ruhr. MQ – durchschnittlicher Abfluss, Gewässerstationierung [15.2]
Table 15.1: Sampling sites for the surface water in the river Ruhr. MQ – mean run-off, water stationing [15.2]

Ort	Probenahme-stelle	Fluss-km	Abflusspegel	Fluss-km	Einzugsgebiet	MQ lang-jährig	MQ (07/2008-12/2016)	MQ (2016)
		Probenahme		Abfluss	[km ²]	[m ³ /s]	[m ³ /s]	[m ³ /s]
Meschede	Mengesohl	183,7	Meschede 1	179,4	426	9,1	7,5	7,0
Arnsberg	Langel	163,8	Oeventrop	159,5	760	14,9	12,6	11,1
Wickede	Echthausen	128,3	Bachum	133,8	1.530	27,1	22,6	21,7
Menden	Warmen	121,2	Fröndenberg	109,3	1.914	-	-	-
Schwerte	Westhofen	95,2	Villigst	100,2	2.013	28,8	24,8	23,4
Hagen	Hengstey	88,8	Wetter	79,8	3.908	67,6	56,3	52,2
Bochum	Stiepel	62,7	Hattingen	56,0	4.118	70,6	60,1	56,3
Essen	Spiek	44,1	Werden	29,0	4.337	79,5	61,2	55,7
Mülheim	Styrum-Ost	11,3	Mülheim	13,2	4.420	76,3	64,9	60,7

Tabelle 15.2: Untersuchte Stoffe im AWWR-Monitoring „Organische Spurenstoffe in der Ruhr“. AB – Antibiotika, BG – Bestimmungsgrenze, CAS-RN – Chemical Abstract Service Registrierungsnummer, FSM – Flammenschutzmittel, HP – Humanpharmaka, PFC – Per- oder polyfluorierte Verbindungen, RKM – Röntgenkontrastmittel, VP – Veterinärpharmaka

Grün – Anteil der Untersuchungen über der BG < 10 %, hellgelb – Anteil der Untersuchungen mit Positivbefund ≥ 90 %, Anzahl aller Untersuchungen n = 305 (außer [b] PFHpS und H4PFOS n = 197; [a] HPFHA, Clofibrinsäure, Phenazon, Propyphenazon, Codein, Diazepam und Primidon n = 179; orange n = 72 PFPS, PFNS, PFDS, Propanol, Sulfadiazin, Sulfamerazin, Sulfamethazin, Guanylharnstoff, Metformin, Gabapentin, Pregabalin, Ranitidin, Tramadol, Oxazepam, Oxcarbazepin, Naproxen, FAA, AAA)

Table 15.2: 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, PFC – per- or polyfluorinated carbonic acids, RKM – X-ray contrast media, VP – veterinary pharmaceuticals. Green: substances with less than 10 % results above LQ, pale yellow – ratio of results > BG exceeds 90 % of all samples, number of samples n = 305 (except [b] PFHpS and H4PFOS n = 197; [a] HPFHA, Clofibrinsäure, Phenazon, Propyphenazon, Codein, Diazepam and Primidon n = 179; orange n = 72 PFPS, PFNS, PFDS, Propanol, Sulfadiazin, Sulfamerazin, Sulfamethazin, Guanylharnstoff, Metformin, Gabapentin, Pregabalin, Ranitidin, Tramadol, Oxazepam, Oxcarbazepin, Naproxen, FAA, AAA)

Lfd. Nr.	Substanz	Kurzzeichen	Stoffgruppe	CAS-RN	Anteil Positivbefunde [%]	BG [µg/L]
1	Tributylphosphat	TBP	FSM	126-73-8	39	0,010
2	Trisphenylphosphat	TPP	FSM	115-86-6	4	0,010
3	Tris-(2-Chlorethyl)-phosphat	TCEP	FSM	115-96-8	84	0,010
4	Tris-(2-Chlorpropyl)-phosphat	TCPP	FSM	13674-84-5	97	0,010
5	Tris-(butoxyethyl)-phosphat	TBEP	FSM	78-51-3	85	0,010
6	Tris-(dichlorpropyl)-phosphat	TDCP	FSM	13674-87-8	90	0,010
7	Perfluorooctanoat	g-PFOA	PFC	335-67-1	63	0,010
8	Perfluorooctansulfonat	g-PFOS	PFC	1763-23-1	47	0,010
9	Perfluorbutanoat	PFBA	PFC	375-22-4	36	0,010
10	Perfluorpentanoat	PFPA	PFC	2706-30-3	27	0,010
11	Perfluorhexanoat	PFHxA	PFC	307-24-4	23	0,010
12	Perfluorheptanoat	PFHpA [b]	PFC	375-85-9	1	0,010
13	Perfluornonanoat	PFNA	PFC	375-95-1	0	0,010
14	Perfluordecanoat	PFDA	PFC	335-76-2	0	0,010
15	Perfluorbutansulfonat	g-PFBS	PFC	29420-49-3	32	0,010
16	Perfluorpentansulfonat	PFPS	PFC	2706-91-4	0	0,010
17	Perfluorhexansulfonat	g-PFHxS	PFC	432-50-7	0	0,010
18	Perfluorheptansulfonat	PFHpS	PFC	1763-23-1	0	0,010
19	Perfluornonansulfonat	PFNS	PFC	68259-12-1	0	0,010
20	Perfluordecansulfonat	PFDS	PFC	335-77-3	0	0,025
21	H-Polyfluorheptanoat	HPFHA [a]	PFC	-	0	0,010
22	H ₄ -Polyfluorooctansulfonat	H4PFOS [b]	PFC	27619-97-2	31	0,010
23	Atenolol		HP	29122-68-7	12	0,025
24	Bezafibrat		HP	41859-67-0	55	0,025
25	Carbamazepin		HP	298-46-4	90	0,025
26	Diclofenac		HP	15307-86-5	92	0,025
27	Ibuprofen		HP	15687-27-1	22	0,025
28	Metoprolol		HP	51384-51-1	97	0,025
29	Sotalol		HP	3930-20-9	78	0,025
30	Propanolol		HP	525-66-6	0	0,025

Tabelle 15.2: Untersuchte Stoffe im AWWR-Monitoring „Organische Spurenstoffe in der Ruhr“. AB – Antibiotika, BG – Bestimmungsgrenze, CAS-RN – Chemical Abstract Service Registrierungsnummer, FSM – Flammenschutzmittel, HP – Humanpharmaka, PFC – Per- oder polyfluorierte Verbindungen, RKM – Röntgenkontrastmittel, VP – Veterinärpharmaka

Grün – Anteil der Untersuchungen über der BG < 10 %, hellgelb – Anteil der Untersuchungen mit Positivbefund ≥ 90 %, Anzahl aller Untersuchungen n = 305 (außer [b] PFHpS und H4PFOS n = 197; [a] HPFHA, Clofibrinsäure, Phenazon, Propyphenazon, Codein, Diazepam und Primidon n = 179; orange n = 72 PFPS, PFNS, PFDS, Propanol, Sulfadiazin, Sulfamerazin, Sulfamethazin, Guanylharnstoff, Metformin, Gabapentin, Pregabalin, Ranitidin, Tramadol, Oxazepam, Oxcarbazepin, Naproxen, FAA, AAA)

Table 15.2: 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, PFC – per- or polyfluorinated carbonic acids, RKM – X-ray contrast media, VP – veterinary pharmaceuticals. Green: substances with less than 10 % results above LQ, pale yellow – ratio of results > BG exceeds 90 % of all samples, number of samples n = 305 (except [b] PFHpS and H4PFOS n = 197; [a] HPFHA, Clofibrinsäure, Phenazon, Propyphenazon, Codein, Diazepam and Primidon n = 179; orange n = 72 PFPS, PFNS, PFDS, Propanol, Sulfadiazin, Sulfamerazin, Sulfamethazin, Guanylharnstoff, Metformin, Gabapentin, Pregabalin, Ranitidin, Tramadol, Oxazepam, Oxcarbazepin, Naproxen, FAA, AAA)

Lfd. Nr.	Substanz	Kurzzeichen	Stoffgruppe	CAS-RN	Anteil Positivbefunde [%]	BG [µg/L]
32	Sulfamethoxazol		HP-AB	723-46-6	82	0,025
33	Sulfapyridin		HP-AB	144-83-2	58	0,025
34	Trimetoprim		HP/VP-AB	738-70-5	5	0,025
35	Sulfadiazin		HP/VP-AB	68-35-9	1	0,025
36	Sulfamerazin		HP/VP-AB	127-79-7	0	0,025
37	Sulfamethazin		HP/VP-AB	57-68-1	0	0,025
38	Clofibrinsäure	[a]	HP	882-09-7	0	0,025
39	Phenazon	[a]	HP	60-80-0	4	0,025
40	Propyphenazon	[a]	HP	479-92-5	0	0,025
41	Codein	[a]	HP	76-57-3	0	0,025
42	Diazepam	[a]	HP	439-14-5	0	0,025
43	Primidon	[a]	HP	125-33-7	40	0,025
44	Guanylharnstoff		HP-M	141-83-3	100	0,025
45	Metformin		HP	657-24-9	100	0,025
46	Gabapentin		HP	60142-96-3	97	0,025

des Untersuchungsspektrums im Jahr 2015 umfasste insgesamt 18 Substanzen. Davon gehören drei zu den perfluorierten Sulfonaten (Perfluoropentansulfonat PFPS, Perfluorononansulfonat PFNS und Perfluordecansulfonat PFDS). Bei weiteren 15 Verbindungen handelt es sich um Pharmaka oder zugehörige Metabolite. Mit Sulfadiazin, Sulfamerazin und Sulfamethazin werden drei weitere Sulfonamid-Antibiotika in die Untersuchung integriert, die vor allem in der Viehzucht angewandt werden. Weiterhin werden der Blutdrucksenker Propanol, die krampflösenden Wirkstoffe Gabapentin, Pregabalin und Oxcarbazepin, die Schmerzmittel Tramadol und Naproxen sowie das Beruhigungsmittel Oxazepam in die Untersuchung eingebunden. Auch die Metabolite des Schmerzmittels Metamizol (z. B. Novaminsulfon®) N-Formyl-Aminoantipyrin (FAA) und N-Acetyl-Aminoantipyrin (AAA) werden jetzt untersucht. Weiterhin wird das Antihistaminikum Ranitidin, das auf die Magensäureproduktion einwirkt, aufgenommen. Schließlich

werden auch das Antidiabetikum Metformin und ein zugehöriger Metabolit, Guanylharnstoff, untersucht. Für diese 18 zusätzlichen Analyte ergeben sich für die Jahre 2015 und 2016 jeweils 72 Einzelanalysen (n = 9 x 8).

Die Analytik der Wasserproben wird bei der Westfälischen Wasser- und Umweltanalytik GmbH, Gelsenkirchen und Schwerte, nach einer stoffspezifischen Anreicherung (Festphasenextraktion, Ionenaustauscher) mittels LC-MS/MS oder GC-NPD durchgeführt.

Ergebnisse

Für die Stoffe, die von Anfang des Monitorings im Jahr 2008 untersucht werden, ergeben sich bislang 34 Beprobungen an den neun Probenahmestellen. Aufgrund eines hochwasserbedingten Probenausfalls im Januar 2012 summiert sich dies zu

Tabelle 15.3: Ergebnisübersicht aller Analysen für Stoffe mit Anteilen von Positivbefunden über 20 %. Q – Perzentil, sonstige Abkürzungen vgl. Tabelle 15.2. n = 305; H4PFOS n = 197; Primidon n = 179. 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 15.3: Overview of analytical results for substances with a ratio of results above BG greater than 20 %. Q – percentile, other abbreviations cf. table 14.2. 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	arithm. Mittelwert	Median	Q75	Q90	Maximum
		[µg/L]					
1	TBP	< BG	0,018	< BG	0,015	0,038	0,552
2	TCEP	0,014	0,041	0,027	0,048	0,086	0,415
3	TCPP	0,057	0,129	0,112	0,187	0,255	0,458
4	TBEP	0,024	0,053	0,047	0,073	0,104	0,258
5	TDCPP	0,013	0,024	0,021	0,029	0,042	0,157
6	g-PFOA	< BG	0,016	0,012	0,020	0,032	0,093
7	g-PFOS	< BG	0,013	< BG	0,015	0,029	0,091
8	PFBA	< BG	< BG	< BG	0,012	0,020	0,059
9	PFPA	< BG	< BG	< BG	0,010	0,014	0,046
10	PFHxA	< BG	< BG	< BG	< BG	0,013	0,040
11	g-PFBS	< BG	0,013	< BG	0,014	0,027	0,250
12	H4PFOS	< BG	0,010	< BG	0,013	0,020	0,064
13	Bezafibrat	< BG	0,031	0,028	0,046	0,063	0,089
14	Carbamazepin	0,037	0,068	0,063	0,090	0,126	0,190
15	Diclofenac	0,040	0,080	0,071	0,110	0,150	0,270
16	Ibuprofen	< BG	0,018	< BG	< BG	0,035	0,080
17	Metoprolol	0,076	0,142	0,130	0,190	0,250	0,460
18	Sotalol	0,026	0,047	0,042	0,066	0,084	0,150
19	Sulfamethoxazol	0,029	0,051	0,048	0,068	0,092	0,140
20	Sulfapyridin	< BG	0,030	0,028	0,043	0,055	0,110
21	Primidon	< BG	< BG	< BG	0,029	0,037	0,055
22	Amidotrizoesäure	0,089	0,272	0,240	0,410	0,546	0,780
23	Iohexol	< BG	0,160	0,065	0,210	0,420	1,400
24	Iomeprol	< BG	0,378	0,200	0,610	1,000	1,800
25	Iopamidol	0,093	0,492	0,460	0,720	1,000	2,300
26	Iopromid	< BG	0,134	0,082	0,170	0,310	1,100

305 Proben für den Zeitraum von 2008 bis 2016. In Tabelle 15.2 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 23 der 60 Substanzen werden in keiner oder nur bis zu 10 % der Untersuchungen Positivbefunde festgestellt. Hierzu gehören neun PFC, fünf Antibiotika, sieben weitere Pharmaka, ein FSM sowie ein RKM. Dies schließt auch drei PFC, drei Antibiotika und zwei Pharmaka ein, die erst in 2015 in die Untersuchung aufgenommen wurden. In mindestens 90 % der Untersuchungen werden fünf Substanzen des ursprünglichen Stoffspektrums über der BG detektiert (in mindestens 275 der 305 Untersuchungen). Darunter fallen zwei FSM und die Arzneimittel Carbamazepin, Diclofenac und Metoprolol.

Bei den Substanzen, die in 2011 oder 2012 in die Untersuchung aufgenommen wurden, zeigen sich nur für Tetrahydro-polyfluorooctansulfonat (H4PFOS) und Primidon öfter Positivbefunde. Von den 2015 aufgenommenen Untersuchungsparametern werden fünf Substanzen in mehr als 90 % der Untersuchungen über der BG gefunden (in mindestens 65 der 72 Untersuchungen). Es handelt sich dabei um Gabapentin, Metformin und die Metabolite Guanylarnstoff, FAA und AAA.

Konzentrationsbetrachtungen

In Tabelle 15.3 und Bild 15.1 wird ein Überblick zu Konzentrationsgrößen ausgewählter Substanzen gegeben. Dabei werden 26 Stoffe gezeigt, bei denen in mehr als 20 % der Analysen seit 2008 (n = 305) Befunde über der Bestimmungsgrenze (BG) festgestellt wurden. Zusätzlich sind Ergebnisse für Stoffe mit einer geringeren Analysenhäufigkeit, H₄PFOS (n = 197) und Primidon (n = 179), wiedergegeben. Bei der Berechnung der statistischen Kennwerte gehen Gehalte unter der Bestimmungsgrenze (BG) mit der Hälfte der BG ein. Sollte das Ergebnis jedoch unter der entsprechenden BG liegen, erscheint dies in den Tabellen vermerkt.

Nur für den Betablocker Metoprolol und das FSM TCPF sowie drei RKM liegen bereits die Medianwerte über 0,1 µg/L. Maximale Konzentrationen über 0,5 µg/L treten in der Regel nur für Röntgenkontrastmittel auf. Für neun Substanzen liegen noch die Median-Konzentrationen unter der BG (6 PFC, 2 Pharmaka, 1 FSM). Erstmals gehört hier die Verbindung Perfluorooctansulfonat dazu. Für Ibuprofen und PFHxA ist dies auch für den 75-Perzentilwert der Fall.

In Tabelle 15.4 sind die Ergebnisse für die Stoffe mit mehr als 20 % Befunden über der BG zusammengestellt, die 2015 in die Untersuchung aufgenommen wurden (n = 72). Während die Mediangehalte für Ranitidin und Naproxen nicht über der BG oder unter 0,1 µg/L liegen, lassen sich für Gabapentin, Metformin und die Metabolite Guanylarnstoff, FAA und AAA Mediankonzentrationen deutlich über 0,1 µg/L ermitteln.

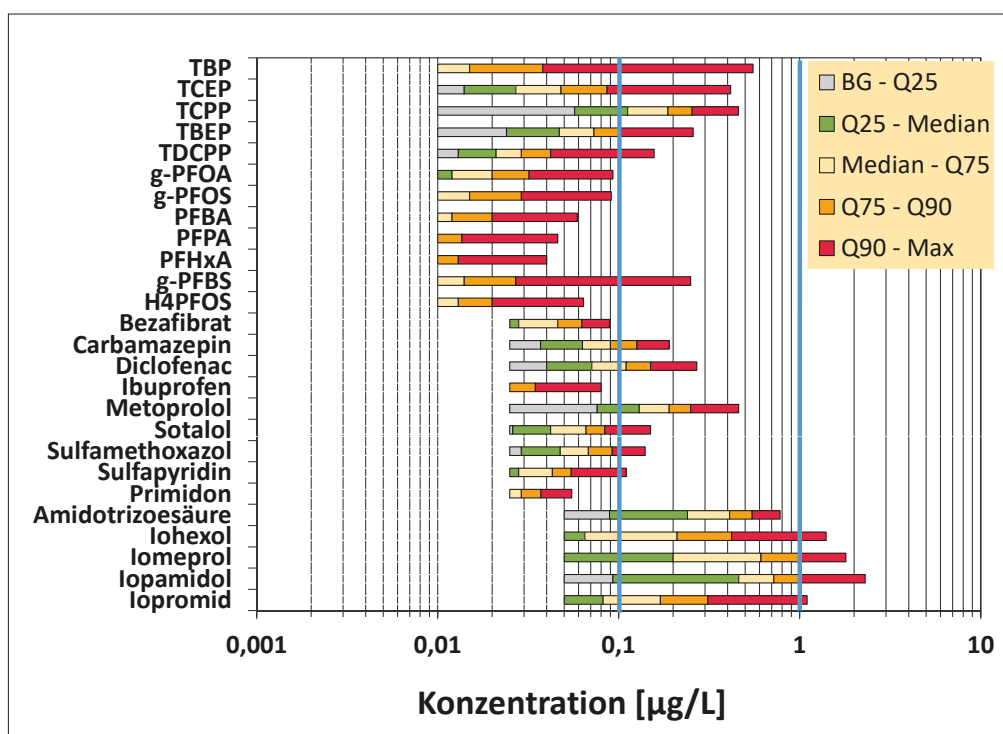


Bild 15.1: Analysen-Ergebnisse für ausgewählte Stoffe (Anteil Positivbefunde > 20 %)

Fig. 15.1: Analytical results for substances with a ratio of results above LQ > 20 %

Tabelle 15.4: Ergebnisübersicht aller Analysen für Stoffe mit Anteilen von Positivbefunden über 20 % und Aufnahme in das Monitoring im Jahr 2015. Q – Perzentil, sonstige Abkürzungen vgl. Tabelle 15.2, n = 36. 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 15.4: Overview of analytical results for substances with a ratio of results above LQ greater than 20 % and integration to the monitoring in the year 2015. Q – percentile, other abbreviations cf. table 15.2. 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	arithm. Mittelwert	Median	Q75	Q90	Maximum
		[µg/L]					
1	Guanylharnstoff	2,475	3,744	3,950	5,025	5,690	9,500
2	Metformin	0,725	1,158	0,965	1,600	2,090	2,600
3	Gabapentin	0,230	0,438	0,400	0,640	0,800	1,000
4	Pregabalin	< BG	0,032	0,029	0,043	0,068	0,100
5	Ranitidin	< BG	< BG	< BG	< BG	0,040	0,100
6	Tramadol	< BG	0,030	0,026	0,040	0,063	0,084
7	Naproxen	< BG	< BG	< BG	0,028	0,034	0,052
8	FAA	0,130	0,296	0,275	0,453	0,548	0,840
9	AAA	0,178	0,234	0,225	0,293	0,348	0,420

Bezogen auf die Probenahmeorte werden in Tabelle 15.5 die Medianwerte von 23 Stoffen mit mehr als 20 % Positivbefunden wiedergegeben. Das Auftreten von Ibuprofen, PFPA und PFHxA ist örtlich und zeitlich so vereinzelt, dass für keine Probenahmestelle Mediangehalte über der BG ermittelt werden können. Die Anzahl der Parameter, die Mediankonzentrationen über 0,1 µg/L zeigen, nimmt ruhrabwärts zu. In Wickede sind dies nur zwei RKM (Amidotrizoesäure, Iopamidol) und der Beta-Blocker Metoprolol, während in Fröndenberg TCPP dazu kommt. In Schwerte wird zusätzlich Diclofenac mit einem Medianwert über 0,1 µg/L gefunden. Für diese Verbindung liegen die Medianwerte weiter ruhrabwärts unter 0,1 µg/L. In Mülheim treten mit einem weiteren Pharmaka, Carbamazepin, und drei weiteren RKM insgesamt acht Verbindungen mit Medianwerten über 0,1 µg/L auf.

Bei den perfluorierten Verbindungen werden an keiner Probenahmestelle Mediangehalte über 0,03 µg/L gefunden. Während für Sulfonate (PFBS und PFOS) oberhalb von Schwerte Mediangehalte unter der Bestimmungsgrenze ermittelt werden, können Perfluorooctanoat (PFOA) und Perfluorbutanoat (PFBA) unterhalb der Lennemündung im Mittel nur unter der Bestimmungsgrenze detektiert werden (Tabelle 15.5).

Wie auch in den Vorjahren seit 2012 unterschreitet in den vier Untersuchungen des Jahres 2016 die maximale Summenkonzentration aller 16 analysierten PFC den Wert von 0,1 µg/L deutlich (Bild 15.2). Bis auf die Probenahmestellen Hagen und Bochum erreichen die PFC-Summenkonzentrationen nicht den Wert von 0,05 µg/L. In 12 der 36 Einzelproben des Jahres 2016 werden für alle analysierten PFC keine Positivbefunde

über der BG festgestellt. So kann in der Ruhr bei Arnsberg in keiner Probe des Jahres 2016 eine der 16 PFC-Verbindungen über der BG nachgewiesen werden. Abweichend von den Vorjahren tragen die Verbindungen PFOA und PFOS nur noch untergeordnet zur PFC-Summenkonzentration bei. Dabei wurde PFOS in keiner Probe über der BG gefunden. In 16 der 36 Einzelproben wird als Hauptanteil der PFC-Summenkonzentration H₄PFOS ohne PFOA und PFOS festgestellt. Dies sind Proben aus Probenahmestellen unterhalb der Lennemündung. Insbesondere nach dem Lennezufluss vor Hagen steigen die PFC-Summenkonzentrationen aufgrund der festgestellten H₄PFOS-Gehalte gegenüber der oberstromigen Probenahmestelle in Schwerte deutlich an (Bild 15.2). In acht von 36 Einzelproben an Probenahmestellen oberhalb der Lennemündung wird PFOA in der Größenordnung der BG von 0,01 µg/L detektiert. In drei dieser acht Proben trägt noch PFBA in der Größenordnung der BG zur PFC-Summenkonzentration bei.

Bei den RKM sind Amidotrizoesäure und Iopamidol bereits ab Wickede mit Mediankonzentrationen über 0,1 µg/L zu finden (Tabelle 15.5). Oberhalb von Wickede liegen mittlere RKM-Konzentrationen fast immer unter der Bestimmungsgrenze. Iodierte Röntgenkontrastmittel nehmen im Ruhrverlauf in ihrer Konzentration zu. So liegen ab Bochum mittlere Konzentrationen von fünf RKM über 0,1 µg/L. Wie in den Vorjahren werden auch 2016 vereinzelt RKM mit Konzentrationen von 1 µg/L und mehr im Oberflächenwasser gefunden. Dies betrifft Iomeprol (3 Proben Bochum und 2 Proben Essen), Iopamidol (5 Proben, Wickede, Fröndenberg, Hagen, Bochum und Mülheim) und Iopromid (1 Probe Bochum). In 24 der 36 Einzelproben des Jahres 2016 werden RKM-Summenkonzentrationen über 1 µg/L festgestellt.

Tabelle 15.5: Ergebnisübersicht der Mediangehalte [$\mu\text{g/L}$] in den einzelnen Probenahmestellen ($k = 34$, Essen $k = 33$). Abkürzungen vgl. Tabelle 15.2. Grün: Konzentration $< \text{BG}$, grau: $0,09 \mu\text{g/L} < \text{Konzentration} < 0,1 \mu\text{g/L}$, gelb: $0,1 \mu\text{g/L} < \text{Konzentration} < 0,5 \mu\text{g/L}$, orange: $0,5 \mu\text{g/L} < \text{Konzentration}$. Werte $< \text{BG}$ werden für die Berechnung mit $0,5 * \text{BG}$ angesetzt

Table 15.5: Median concentrations [$\mu\text{g/L}$] in every sampling point ($k = 34$) abbreviations cf. table 15.2. Green: concentration $< \text{BG}$, grey: $0,09 \mu\text{g/L} < \text{concentration} < 0,1 \mu\text{g/L}$, yellow: $0,1 \mu\text{g/L} < \text{concentration} < 0,5 \mu\text{g/L}$, orange: $0,5 \mu\text{g/L} < \text{concentration}$. Calculation considered values $< \text{LQ}$ with $0,5 * \text{LQ}$

Probestelle Stoff	Meschede	Arnsberg	Wickede	Fröndenberg	Schwerte	Hagen	Bochum	Essen	Mülheim
TBP	<BG	<BG	<BG	0,015	0,011	<BG	<BG	<BG	<BG
TCEP	0,015	0,017	0,020	0,019	0,042	0,027	0,049	0,039	0,028
TCPP	0,036	0,031	0,083	0,138	0,118	0,118	0,180	0,181	0,188
TBEP	<BG	<BG	0,052	0,059	0,066	0,050	0,068	0,070	0,063
TDCPP	0,024	0,021	0,020	0,018	0,021	0,014	0,027	0,027	0,025
g-PFOA	0,022	0,012	0,014	0,014	0,013	<BG	<BG	<BG	<BG
g-PFOS	<BG	<BG	<BG	<BG	0,012	0,015	0,014	0,014	0,013
PFBA	<BG	<BG	0,013	0,012	0,012	<BG	<BG	<BG	<BG
g-PFBS	<BG	<BG	<BG	<BG	<BG	0,013	0,013	0,013	0,013
H4PFOS	<BG	<BG	<BG	<BG	<BG	0,018	0,013	<BG	0,014
Bezafibrat	<BG	<BG	<BG	<BG	0,038	0,033	0,052	0,049	0,043
Carbamazepin	0,034	0,028	0,054	0,053	0,069	0,073	0,095	0,099	0,110
Diclofenac	0,096	0,034	0,065	0,063	0,115	0,062	0,088	0,085	0,091
Metoprolol	0,075	0,044	0,110	0,110	0,155	0,110	0,210	0,220	0,225
Sotalol	0,038	<BG	0,046	0,044	0,053	0,041	0,056	0,058	0,061
Sulfamethoxazol	0,040	<BG	0,041	0,042	0,057	0,049	0,069	0,079	0,084
Sulfapyridin	<BG	<BG	0,027	<BG	0,050	0,031	0,042	0,039	0,029
Primidon	<BG	<BG	<BG	<BG	<BG	<BG	0,030	0,030	0,037
Amidotrizoessäure	<BG	<BG	0,180	0,195	0,275	0,325	0,440	0,470	0,505
Iohexol	<BG	<BG	<BG	0,054	0,056	0,089	0,195	0,210	0,485
Iomeprol	<BG	<BG	0,075	0,089	0,260	0,330	0,865	0,820	0,755
Iopamidol	<BG	<BG	0,715	0,710	0,610	0,435	0,420	0,480	0,655
Iopromid	<BG	<BG	0,052	0,072	0,078	0,165	0,200	0,210	0,180

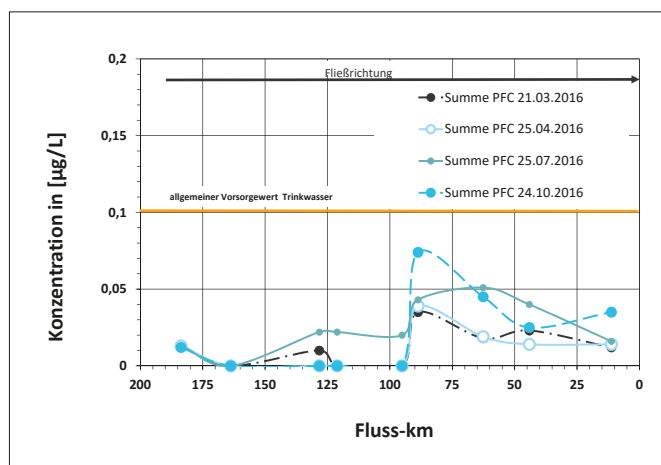


Bild 15.2: Summierte Konzentrationen per- und polyfluorierter Verbindungen in Untersuchungen des Oberflächenwassers im Jahr 2016 im Ruhrflängsverlauf

Fig. 15.2: Concentration sum of PFC in the 2016 analyses in the river Ruhr (surface water)

Die Pharmaka, die erst 2015 in das Monitoring integriert wurden und gleichzeitig häufig über der BG gefunden wurden, sind mit den Medianwerten für die einzelnen Probenahmeorte in Tabelle 15.6 zusammengestellt. Das Antidiabetikum Metformin, der Krampflöser Gabapentin sowie die Arzneimittelmetabolite Guanylarnstoff, FAA und AAA treten bereits in Meschede im Oberstrom mit Mediangehalten über $0,1 \mu\text{g/L}$ auf. Für Guanylarnstoff wird bereits in Meschede ein Median von $3,2 \mu\text{g/L}$ ermittelt. Dieser Medianwert steigt im Ruhrverlauf bis auf $5,5 \mu\text{g/L}$ 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 2016 werden in der Regel Guanylarnstoff-Konzentrationen in der Ruhr über $1 \mu\text{g/L}$ gefunden. Neben dem Abbau von Metformin können die Guanylarnstoff-Gehalte im Oberflächenwasser unter anderem

Tabelle 15.6: Ergebnisübersicht der Mediangehalte [$\mu\text{g/L}$] in den einzelnen Probenahmestellen, Monitoringbeginn 2015 ($k = 8$). Abkürzungen vgl. Tabelle 15.2. Grün: Konzentration < BG, grau: $0,09 \mu\text{g/L} < \text{Konzentration} < 0,1 \mu\text{g/L}$, gelb: $0,1 \mu\text{g/L} < \text{Konzentration} < 0,5 \mu\text{g/L}$, orange: $0,5 \mu\text{g/L} < \text{Konzentration} < 1 \mu\text{g/L}$, rot: $1 \mu\text{g/L} < \text{Konzentration}$. Werte < BG werden für die Berechnung mit $0,5 * \text{BG}$ angesetzt

Table 15.6: Median concentrations [$\mu\text{g/L}$] in every sampling point, start of monitoring 2015 ($k = 8$). Abbreviations cf. table 15.2. Green: concentration < LQ, grey: $0,09 \mu\text{g/L} < \text{concentration} < 0,1 \mu\text{g/L}$, yellow: $0,1 \mu\text{g/L} < \text{concentration} < 0,5 \mu\text{g/L}$, orange: $0,5 \mu\text{g/L} < \text{concentration} < 1 \mu\text{g/L}$, red: $1 \mu\text{g/L} < \text{concentration}$. Calculation considered values < LQ with $0,5 * \text{LQ}$

Probestelle Stoff	Meschede	Arnsberg	Wickede	Fröndenberg	Schwerte	Hagen	Bochum	Essen	Mülheim
Guanylharnstoff	3,500	1,550	3,500	3,250	5,500	3,750	5,050	4,550	3,050
Metformin	1,035	0,670	0,830	0,835	1,000	1,350	1,290	1,395	1,040
Gabapentin	0,220	0,130	0,305	0,305	0,435	0,475	0,750	0,745	0,750
Pregabalin	<BG	<BG	<BG	<BG	0,044	0,036	0,053	0,039	0,043
Tramadol	<BG	<BG	<BG	<BG	0,037	0,029	0,055	0,049	0,039
FAA	0,120	0,052	0,185	0,175	0,340	0,310	0,490	0,490	0,520
AAA	0,180	0,105	0,200	0,190	0,265	0,265	0,285	0,270	0,245

aus dem Umbau von Dicyandiamid, einem Nitrifikationshemmer in der Landwirtschaft und Ausgangsverbindung für chemische Prozesse in der Papier- und Textilindustrie, stammen [15.3-6]. Für Metformin liegen die Mediankonzentrationen für den gesamten Ruhrverlauf zwischen ca. $0,6$ und $1,4 \mu\text{g/L}$ (Tabelle 15.6). Im Jahr 2016 erreichen und übersteigen Metformin-Gehalte im Oberflächenwasser der Ruhr in 30 der 36 Einzelproben Werte von $1 \mu\text{g/L}$ und übertreffen damit die Befunde aus dem Jahr 2015 [15.1]. Die maximale Konzentration von $2,6 \mu\text{g/L}$ wurde im März in Mülheim gefunden.

Median-Gehalte von Gabapentin zeigen längs des Verlaufs der Ruhr eine weitgehend beständige Zunahme zwischen $0,15$ und $0,75 \mu\text{g/L}$, wobei in Arnsberg der Gehalt gegenüber der oberstromigen Probenahmestelle abnimmt. Dies deutet ebenfalls einen Abbau oder eine Verdünnung im Gewässer an. Im Jahr 2016 wird Gabapentin zumeist mit Konzentrationen über $0,1 \mu\text{g/L}$ gefunden (Bild 15.3). Gehalte über $0,5 \mu\text{g/L}$ treten 2016 ab Schwerte flussabwärts auf. In Bochum wird 2016

zwar der Maximalgehalt mit $1 \mu\text{g/L}$ festgestellt, an anderen Probenahmestellen können jedoch abweichend nur sehr geringe Gehalte detektiert werden.

Der Metamizol-Metabolit FAA zeigt im Ruhrverlauf mittlere Gehalte zwischen $0,05$ und $0,52 \mu\text{g/L}$ (Tabelle 15.6). Im Jahr 2016 variieren die FAA-Gehalte in der Ruhr zwischen $0,05$ und $0,84 \mu\text{g/L}$. Gehalte über $0,5 \mu\text{g/L}$ werden ab Bochum ruhrabwärts gefunden. Arnsberg, Fröndenberg, Hagen und Essen zeigen dabei zumeist etwas geringe FAA-Konzentrationen als die benachbarte oberstromige Probenahmestelle. Mediangehalte des Metamizol-Metaboliten AAA liegen im Ruhrverlauf zwischen $0,1$ und $0,3 \mu\text{g/L}$ (Tabelle 15.6). In den Proben des Jahres 2016 werden AAA-Gehalte zwischen $0,04$ und $0,42 \mu\text{g/L}$ gefunden.

Bei den seit längerer Zeit untersuchten Pharmaka werden für drei Arzneimittel, Carbamazepin, Diclofenac und Metoprolol, an allen Probenahmestellen Mediangehalte über der Bestimmungsgrenze ermittelt, wobei nur Metoprolol ab Wickede ruhrabwärts und Carbamazepin in Mülheim Mediangehalte über $0,1 \mu\text{g/L}$ aufweisen (Tabelle 15.5). Im Jahr 2016 zeigen die drei vorgenannten Verbindungen in dieser Untergruppe der untersuchten Pharmaka die meisten Befunde > BG und Konzentrationen über $0,1 \mu\text{g/L}$.

Für einige Pharmaka (z.B. Metoprolol) und Röntgenkontrastmittel (z.B. Iopamidol) wirkt der Lennezufluss zunächst konzentrationsmindernd. Der Wiederanstieg der mittleren Konzentrationen im weiteren Ruhrverlauf zeigt jedoch neue, zusätzliche Einträge an (Tabelle 15.5).

In den Jahren 2007 bis 2015 wurden viele der in diesem Monitoring-Programm auffälligen Substanzen mit ähnlichen Konzentrationen bei Untersuchungen der AWWR-Mitgliedsunternehmen, des Ruhrverbandes sowie des Landesamts für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz NRW in der Ruhr gefunden [15.7-15.11]. Die deutliche Verminderung der PFC-Gehalte in der Ruhr, die in den Untersuchungen der AWWR zu beobachten ist, wird auf die Sanierung spezifisch kontaminierter Flä-

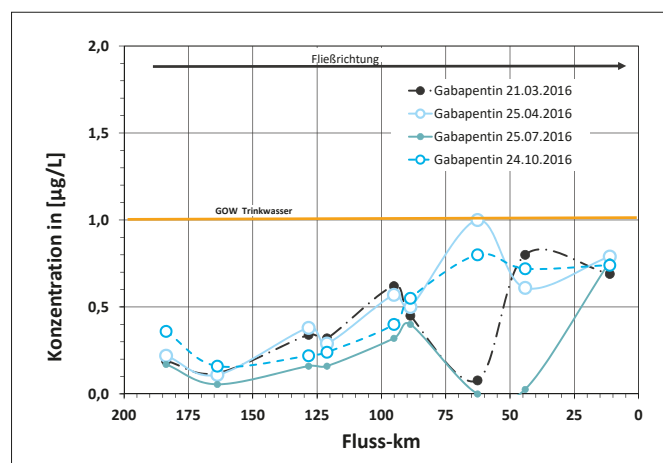


Bild 15.3: Konzentrationen von Gabapentin im Ruhrverlauf bei den Probenahmen im Jahr 2016

Fig. 15.3: Concentrations of Gabapentin in the 2016 analyses in the river Ruhr (surface water)

Tabelle 15.7: Zusammenstellung von gesundheitlichen Orientierungswerten (GOW) und Leitwerten (LW) zur Bewertung von Stoffen im Trinkwasser. Abkürzungen vgl. Tabelle 15.2, n.v. – nicht vorhanden

Table 15.7: Health oriented values (GOW) and guidance values (LW) for the assessment of substances occurring in drinking water. Abbreviations cf. table 15.2. GOW – precautionary value for life-time, harmless drinking water consumption. LW – toxicologically based guidance value for life-time, harmless drinking water consumption. n.v. – not available

Stoff	GOW	LW
	[µg/L]	[µg/L]
TCPP	1	20
PFBA	n.v.	10
PFPA	3	n.v.
PFHxA	1	6
PFHpA	0,3	n.v.
PFOA	n.v.	0,1
PFNA	n.v.	0,06
PFDA	0,1	n.v.
PFBS	3	6
PFPS	1	n.v.
PFHxS	0,3	0,1
PFHpS	0,3	n.v.
PFOS	n.v.	0,1
H4-PFOS	0,1	n.v.
Carbamazepin	0,3	3
Clofibrat	3	n.v.
Diclofenac	0,3	1,75
Gabapentin	1	n.v.
Guanylharnstoff	1	n.v.
Ibuprofen	1	n.v.
Metformin	1	n.v.
Phenazon	0,3	n.v.
Primidon	3	n.v.
Propyphenazon	0,3	n.v.
Amidotrizoesäure	1	n.v.
Iopamidol	1	n.v.

chen und einen weitgehend veränderten Produkteinsatz im gewerblichen Bereich zurückgeführt [15.9]. In früheren Veröffentlichungen beschriebene PFC-Gehalte werden deshalb in der Ruhr heute nicht mehr erreicht [15.10, 15.11].

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) sowie die toxikologisch begründete Leitwerte (LW, lebenslanger unbedenklicher Trinkwassergenuss, Besorgniswert) herangezogen [15.12-15.14]. Eine Zusammenstellung der entsprechenden GOW und LW für die betrachteten Substanzen gibt Tabelle 15.7. Die gefundenen Konzentrationen werden durch die jeweiligen GOW, LW oder VW geteilt. Liegen die erhaltenen Bewertungsquotienten unter 1, deutet dies eine unbedenkliche Nutzung der Wasserressource auch für die Trinkwassergewinnung an.

- [15.3] 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)
- [15.4] Hallinger, S.; Wallnöfer, P. R.; Goldbach, H.; Amberger, A.: Several aspects of bacterial dicyandiamide degradation.- Naturwissenschaften 77, 332-334 (1990)
- [15.5] Kümmerer, K.; Schuster, A.; Längin, A.; Happel, O.; Thoma, A.; Schneider, K.; Hassauer, M.; Gattiser, S.; Hafner, C.: Identifizierung und Bewertung ausgewählter Arzneimittel und ihrer Metaboliten (Ab- und Umbauprodukte) im Wasserkreislauf.- UBA-Texte 46/2011, 195 S. (2011)
- [15.6] ter Laak, T.; Baken, K.: The occurrence, fate and ecological and human health risks of metformin and guanidylurea in the water cycle - A literature review.- KWR Watercycle Research Institute, Nieuwegein, 24 S. (2014)
- [15.7] Zullei-Seibert, N.; Schöpel, M.; Strücker, G.: Stoffspuren in der Ruhr – Ergebnisse aus den Wasserversorgungsunternehmen zu Arzneimitteln und Flammenschutzmitteln.- in: Ruhrverband & AWWR (Hg.): Ruhrgütebericht 2007.- Gevelsberg, Essen, 148-159 (2008).
- [15.8] Ruhrverband: Organische Mikroverunreinigungen in der Ruhr.- in: Ruhrverband & AWWR (Hg.): Ruhrgütebericht 2014.- Mülheim, Essen, 80-95 (2015).
- [15.9] Ruhrverband: Organische Mikroverunreinigungen in der Ruhr.- in: Ruhrverband & AWWR (Hg.): Ruhrgütebericht 2015.- Schwerte, Essen, 48-63 (2016).
- [15.10] Ruhrverband: Die PFT-Situation im Jahr 2009.- in: Ruhrverband & AWWR (Hg.): Ruhrgütebericht 2009.- Schwerte, Essen, 91-98 (2010).
- [15.11] LANUV (Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz Nordrhein-Westfalen, 2011): Verbreitung von PFT in der Umwelt.- LANUV-Fachbericht 34, Recklinghausen, 115 S.
- [15.12] 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/trinkwassertoikologie/grenzwerte_leitwerte.pdf (2011)
- [15.13] Umweltbundesamt: Übersicht der GOW – Stand Mai 2016; http://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/374/dokumente/20160520_liste_der_nach_gow_bewerteten_stoffe.pdf
- [15.14] Umweltbundesamt: Fortschreibung der vorläufigen Bewertung von per- und polyfluorierten Chemikalien (PFC) im Trinkwasser.- Bundesgesundheitsblatt, 60, 350-352 (2017).

Im Jahr 2016 wurden die GOW und LW bereits im nicht aufbereiteten Oberflächenwasser für die meisten Untersuchungsparameter mit Ausnahme von Iopamidol, Metformin, Guanidylharnstoff und Gabapentin unterschritten. Während für Iopamidol und Gabapentin nur vereinzelte Überschreitungen des GOW von 1 µg/L festgestellt wurden, überschritten die Oberflächenwasserkonzentration von Metformin und Guanidylharnstoff in der Regel 1 µg/L. Diese Gehalte werden jedoch im Laufe der Wasseraufbereitung selbst 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 ist [15.15].

Die gesundheitlichen Orientierungs- und Leitwerte wurden für per- und polyfluorierte Verbindungen im Oberflächenwasser im Jahr 2016 maximal zu 64 % für eine Einzelsubstanz (H₄PFOS) erreicht. Der maximale Bewertungsquotient für die Summe aller PFC lag 2016 bei 0,65 (Summenbildung in Anlehnung an TRGS 402 [15.16]). Für die Arzneimittel Carbamazepin und Diclofenac wurden für die Oberflächenwasserkonzentrationen im Jahr 2016 maximale Bewertungsquotienten (GOW) von 0,46 bzw. 0,9 erreicht. Der entsprechende Wert für das Flammschutzmittel TCP-PP lag bei 0,31.

pin und Diclofenac wurden für die Oberflächenwasserkonzentrationen im Jahr 2016 maximale Bewertungsquotienten (GOW) von 0,46 bzw. 0,9 erreicht. Der entsprechende Wert für das Flammschutzmittel TCP-PP lag bei 0,31.

Abflussbetrachtung

Für die Betrachtung des Ruhrabflusses an den Probenahmestellen werden Abflusspegel einbezogen, die in der Nähe der Probenahmestellen liegen. Die Abflusspegel liegen zwischen zwei und 15 km von den Probenahmestellen entfernt (Tabelle 15.1). Als mittlerer Abstand lässt sich eine Entfernung von 6,5 km bestimmen. Die mittleren Abflüsse im gesamten Probenahmezeitraum zwischen Juli 2008 und Dezember 2016 fallen niedriger aus als die langjährigen Mittelwerte. Die mittleren Abflüsse des Jahres 2016 unterschreiten diesen 8,5-jährigen Mittelwert nochmals.

Die Tagesabflüsse an den Probenahmeterminen im Jahr 2016 betragen zwischen 21 und 62 % des langjährigen mittleren

Tabelle 15.8: Ergebnisübersicht der Mediane von Tagesfrachten [g/d]. Abkürzungen vgl. Tabelle 15.2. Zeitraum 2008-2016. Für die Frachtermittlung werden Konzentrationen unter der BG nicht berücksichtigt. Grün: Median Tagesfracht = 0, grau: 100 < Tagesfracht < 500, gelb: 500 < Tagesfracht < 1.000, orange: 1.000 < Tagesfracht

Table 15.8: Median of daily loads [g/d]. Abbreviations cf. table 15.2. Time period 2008-2016. Load calculation do not consider concentrations below LQ. Green: median daily load = 0, grey: 100 < daily load < 500, yellow: 500 < daily load < 1.000, orange: 1.000 < daily load

Lfd. Nr.	Stoff	Probenahmestelle							
		Meschede	Arnsberg	Wickede	Schwerte	Hagen	Bochum	Essen	Mülheim
1	TCEP	4	11	29	53	77	192	137	99
2	TCP-PP	13	22	111	142	403	545	572	635
3	TBEP			71	112	166	193	205	189
4	TDCPP	9	13	24	26	42	88	83	82
5	g-PFOA	10	9	20	19				
6	g-PFOS				14	51	49	37	39
7	PFBA			14	12				
8	g-PFBS				3	39	38	33	35
9	H4PFOS					69	45		42
10	Bezafibrat				39	83	160	152	156
11	Carbamazepin	13	15	68	84	202	291	299	339
12	Diclofenac	37	23	90	130	211	293	297	380
13	Metoprolol	30	27	152	179	363	658	638	791
14	Sotalol	13		56	57	95	178	193	212
15	Sulfamethoxazol	13		47	71	140	238	220	267
16	Sulfapyridin			28	57	79	119	105	98
17	Primidon				10		72	79	103
18	Amidotrizoesäure			227	332	953	1.457	1.435	1.609
19	Iohexol				45	282	647	631	1.840
20	Iomeprol			97	300	983	2.560	2.772	2.952
21	Iopamidol			882	702	1.347	1.522	1.529	2.365
22	Iopromid			52	91	456	680	707	740

Tabelle 15.9: Ergebnisübersicht der Mediane-Tagesfrachten [g/d] für relevante Substanzen, die ab dem Jahr 2015 in das Monitoring eingebunden sind. Abkürzungen vgl. Tabelle 15.2. Für die Frachtermittlung werden Konzentrationen unter der BG nicht berücksichtigt. Grün: Median Tagesfracht = 0, grau: 100 < Tagesfracht < 500, gelb: 500 < Tagesfracht < 1.000, orange: 1.000 < Tagesfracht
 Table 15.9: Median of daily loads [g/d] for substances, which are surveyed first in 2015. Abbreviations cf. table 15.2. Load calculation do not consider concentrations below BG. Green: median daily load = 0, grey: 100 < daily load < 500, yellow: 500 < daily load < 1.000, orange: 1.000 < daily load

Lfd. Nr.	Stoff	Probenahmestelle							
		Meschede	Arnsberg	Wickede	Schwerte	Hagen	Bochum	Essen	Mülheim
1	Guanylharnstoff	944	773	4.632	9.711	11.242	11.361	14.881	6.784
2	Metformin	189	329	677	1.172	3.256	3.013	2.820	2.728
3	Gabapentin	79	77	406	703	1.437	2.451	2.559	2.653
4	Pregabalin				48	68	116	70	120
5	Tramadol	3		12	46	89	144	114	132
6	FAA	40	44	248	455	773	1.397	1.513	1.574
7	AAA	68	78	299	501	879	938	917	818

Abflusses (MQ) an den berücksichtigten Pegeln. Insbesondere bei der Probenahme im Oktober 2016 treten niedrige Abflüsse auf, die maximal 42 % des langjährigen Mittels betragen. Bei niedrigen Abflüssen in der Ruhr wird die Beschaffenheit des Oberflächenwassers stärker durch den Zufluss gereinigten Abwassers geprägt als bei hohen.

Die in diesem Monitoring betrachteten Spurenstoffe werden vor allem mit dem gereinigten Abwasser in das Fließgewässer eingetragen. Eine Ausnahme bilden Einträge von PFOA und untergeordnet PFOS in der oberstromigen Probenahmestelle Meschede, wo diffuse Einträge aus der flächenhaften Ausbringung von PFC-belasteten Schlämmen stammen können. Bei einem Eintrag über das gereinigte Abwasser, ist eine gute Korrelation zwischen Abfluss und Konzentration im Fließgewässer zu erwarten. Diese lässt sich jedoch nur ausnahmsweise bestätigen. Dies liegt unter anderem daran, dass die Mehrzahl der Probenahmen bei Abflüssen unterhalb des langjährigen mittleren Abflusses stattfanden und so nur eine geringe Abflussvariation zustande kam.

Frachtbetrachtung

Die mittleren Tagesfrachten für einzelne Parameter nehmen in der Regel von den oberstromigen Probenahmestellen zu den unterstromigen deutlich zu. Konzentrationsabnahmen, wie sie für einzelne Parameter nach dem Zufluss der Lennemündung festzustellen sind, werden in der Regel durch die stärkere Zunahme des Abflusses kompensiert (Tabellen 15.8 und 15.9). Bei der Berechnung der Tagesfrachten werden Konzentrationsbefunde < BG nicht berücksichtigt.

Im Mittel lagen und liegen die Tagesfrachten einzelner Verbindungen in den oberstromigen Messstellen - Meschede und Arnsberg - unter 40 g/d. Mit der Erweiterung des Untersuchungsspektrums im Jahr 2015 werden jedoch für einige Arzneimittel und Metabolite bereits in den oberstromigen Messstellen mittlere Tagesfrachten über 40 g/d beobachtet (Tabelle

15.9). Ab Wickede ruhrabwärts nehmen die Untersuchungsparameter zu, bei denen die mittlere Tagesfracht je Einzelstoff 100 g/d übersteigt. In Mülheim sind dies dann 21 von 29 relevanten Stoffen.

Außer für verschiedene RKM werden mittlere Tagesfrachten über 1 kg/d für Metformin, Guanylharnstoff, Gabapentin und FAA in Bochum und unterhalb gefunden. Bereits in Wickede wird im Mittel mehr als 1 kg/d Guanylharnstoff beobachtet. In Schwerte tritt Metformin und in Hagen Iopamidol in dieser Klasse hinzu (Tabellen 15.8 und 15.9). Im Gegensatz dazu liegen mittlere Tagesfrachten für einzelne PFC deutlich unter 100 g/d.

Aus den jährlichen vier Probenahmen und den ermittelten Tagesfrachten kann der Transport während des gesamten Jahres geschätzt werden. In den Bildern 15.4 und 15.5 werden die geschätzten Jahresfrachten für ausgewählte Stoffe in Schwerte und Mülheim und die Jahre 2009 und 2016 miteinander verglichen. Für die PFC werden die Summen der geschätzten Jahresfrachten für alle in den jeweiligen Jahren untersuchten Einzelsubstanzen dargestellt (Bild 15.4). Obwohl die Zahl der untersuchten Parameter in dieser Gruppe von zehn im Jahr 2009 auf 16 im Jahr 2016 zugenommen hat, sinken die ermittelten Frachten zwischen 2009 und 2016 in Schwerte um ca. 95 % und in Mülheim um ca. 85 %. Sie liegen 2016 in beiden Orten deutlich unter 20 kg/a.

[15.15] Wasserwerke Westfalen: Trinkwasseranalyse - Stand Mai 2017; <http://www.wasserwerke-westfalen.de/wasser/trinkwasserqualitaet/>

[15.16] TRGS (Technische Regeln für Gefahrstoffe): TRGS 402 – Ermitteln und Beurteilen der Gefährdungen bei Tätigkeiten mit Gefahrstoffen: Inhalative Exposition.- GMBI. 2010 (12), 231-253 (2010).

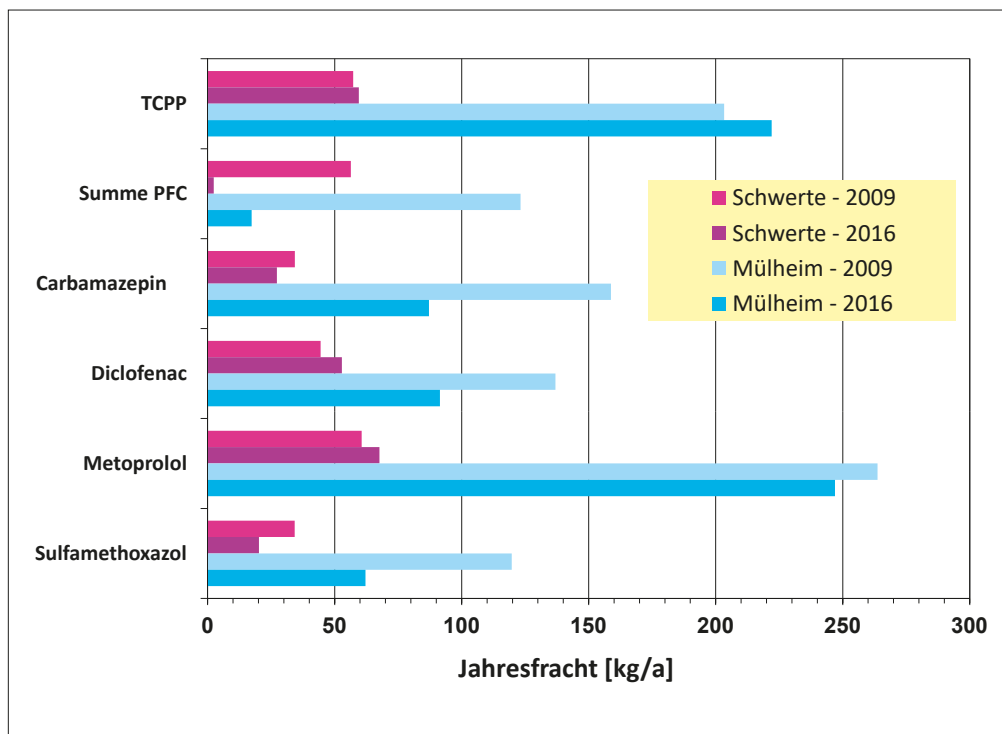


Bild 15.4: Geschätzte Jahresfrachten ausgewählter Verbindungen im Oberflächenwasser der Ruhr im Vergleich der Jahre 2009 und 2016 und der Probenahmestellen Schwerte und Mülheim

Fig. 15.4: Estimated annual loads for selected substances in comparison between 2009 and 2016 and between the sampling points Schwerte and Mülheim

Für das Flammenschutzmittel TCPP steigt die Jahresfracht von ca. 60 kg/a in Schwerte auf etwa 200 kg/a in Mülheim, ohne dass im Vergleich der Jahre 2009 und 2016 bedeutende Veränderungen zu beobachten sind (Bild 15.4). Bei langjährig untersuchten Pharmaka ist 2016 eine Zunahme von etwa 20 bis 70 kg/a in Schwerte auf ca. 60 bis 250 kg/a in Mülheim zu beobachten (Bild 15.4). Im Vergleich zum Jahr 2009 werden in Mülheim Rückgänge der Jahresfrachten im Jahr 2016 deutlich, während in Schwerte sowohl geringfügige Zu- als auch Abnahmen zu verzeichnen sind.

Von den Stoffen, die im Jahr 2015 in das Monitoring aufgenommen wurden, fallen Metformin und Guanylharnstoff mit abgeschätzten Jahresfrachten über 1 t/a auf, während die Fracht von Gabapentin auch in Mülheim 800 kg/a nicht übersteigt (Bild 15.5). An den Arzneimitteln und deren Abbauprodukten, die seit 2015 untersucht und mit hohen Konzentrationen in der Ruhr gefunden werden, liegt es, dass die Summe der Pharmaka von 2009 zu 2016 deutlich ansteigt. In Mülheim werden 2016 summierte Jahresfrachten von ca. 7 t/a Pharmaka (einschließlich Abbauprodukte) abgeschätzt.

Für einzelne häufig gefundene RKM werden in Schwerte in der Ruhr für 2016 Jahresfrachten zwischen ca. 120 und 340 kg/a abgeschätzt, während in Mülheim zwischen ca. 500 und 850 kg/a auftreten (Bild 15.5). In der Summe aller untersuchten RKM werden in Mülheim in den Jahren 2009 und 2016 Frachten in ähnlicher Größenordnung über 3 t/a ermittelt. Für Schwerte wird dagegen im Vergleich der Jahre eine geringfügige Zunahme von ca. 550 auf 850 t/a festgestellt.

Zusammenfassung

Mit den Proben im Jahr 2016 wurde im Monitoring auf organische Spurenstoffe das Oberflächenwasser der Ruhr an neun Probenahmestellen insgesamt 34 Mal (in Essen 33 Mal) untersucht. Das Untersuchungsspektrum wurde 2015 von 42 auf 60 Substanzen aus den Stoffgruppen per- und polyfluorierte Kohlenstoffverbindungen und Humanpharmaka erweitert. Zusätzlich wurden wie bisher phosphororganische Flammenschutzmittel sowie Röntgenkontrastmittel untersucht.

Soweit gesundheitliche Orientierungswerte oder Leitwerte für einzelne Stoffe als Vorsorgewerte für den menschlichen Trinkwassergenuss formuliert wurden, werden diese zumeist bereits im nicht aufbereiteten Oberflächenwasser eingehalten. Lediglich beim RKM Iopamidol und den Pharmaka Gabapentin, Metformin und dem Metaboliten Guanylharnstoff werden diese Trinkwasser-Vorsorgewerte im Oberflächenwasser überschritten.

Insgesamt 23 Verbindungen aus allen Stoffgruppen wurden bisher entweder gar nicht oder nur vereinzelt im Oberflächenwasser gefunden. Mittlere Konzentrationen übersteigen nur für TCPP, drei RKM, Metoprolol, Metformin und Gabapentin sowie die Metabolite Guanylharnstoff, FAA und AAA den Wert von 0,1 µg/L. Die Muster der Befunde in den verschiedenen Monitoringabschnitten zwischen 2008 und 2016 sind bei Flammenschutzmitteln, Röntgenkontrastmitteln und vielen untersuchten Pharmaka sowohl hinsichtlich der Häufigkeit ihres Auftretens als auch hinsichtlich der gefundenen Konzentrationen.

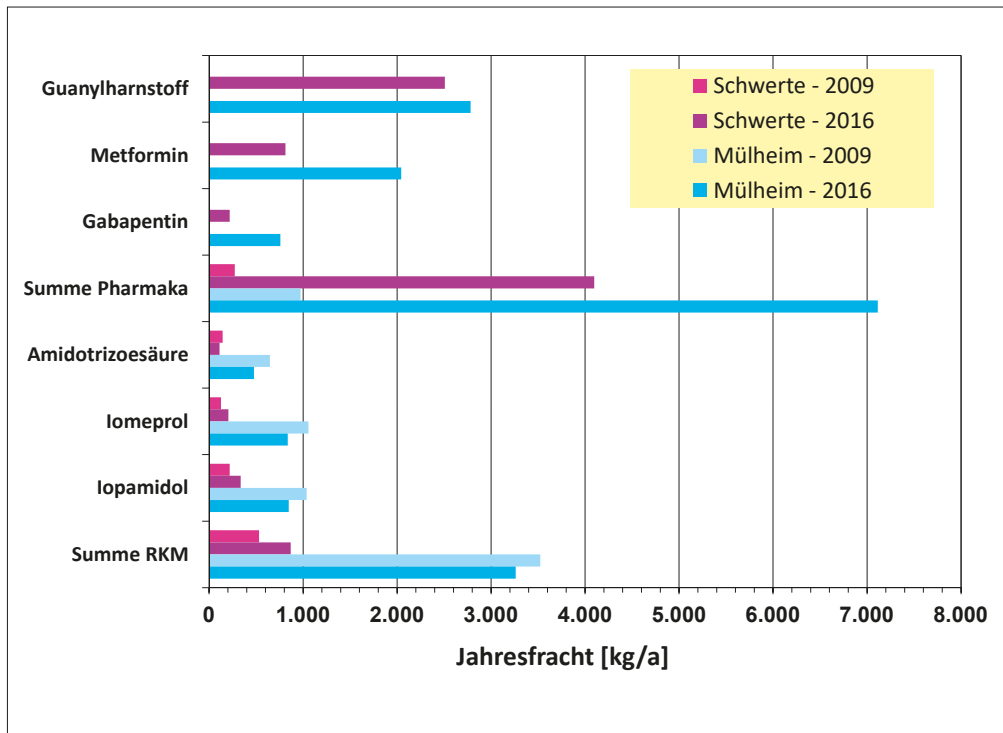


Bild 15.5: Geschätzte Jahresfrachten ausgewählter Verbindungen im Oberflächenwasser der Ruhr im Vergleich der Jahre 2009 und 2016 und der Probenahmestellen Schwerte und Mülheim. Gabapentin, Metformin und Guanylharnstoff wurden 2009 nicht untersucht, Summe Pharmaka beruht 2009 auf 11 und 2016 auf 32 untersuchten Parametern

Fig. 15.5: Estimated annual loads for selected substances in comparison between 2009 and 2016 and between the sampling points Schwerte and Mülheim. Gabapentin, metformin and guanylharnstoff were not analysed in 2009, pharmaceuticals combined is based on 11 analysed parameters in 2009 and on 32 analysed parameters in 2016

onshöhen einander ähnlich. Für PFC werden dagegen ab 2012 in immer geringerem Maße Konzentrationen über der Bestimmungsgrenze von 0,01 µg/L festgestellt. In Arnsberg konnte 2016 in keiner Probe eines der untersuchten PFC über der BG gefunden werden. Unter den 2015 in das Monitoring aufgenommenen Stoffen fallen vor allem Metformin, Gabapentin und die Metabolite Guanylharnstoff, FAA und AAA mit Konzentrationen auf, die an fast allen Probenahmestellen sehr häufig den Wert von 0,1 µg/L - bei Guanylharnstoff oft sogar den Wert von 1 µg/L - übersteigen.

Die mittleren Tagesfrachten der Einzelsubstanzen liegen in Meschede und Arnsberg häufig unter 100 g/d. Ab Wickede werden ruhrabwärts zunehmend für mehrere Stoffe mittlere Tagesfrachten über 100 g/d ermittelt. Mittlere Frachten über 1 kg/d werden ab Wickede für Guanylharnstoff und ab Schwerte zusätzlich für Metformin beobachtet. Unterhalb der Lennemündung bei Hagen treten dann RKM und Gabapentin sowie schließlich auch der Metabolit N-Formylaminoantipyrin (FAA) in dieser Klasse hinzu. Die Schätzungen der Jahresfrachten an den Probenahmeorten ergeben 2016 für alle untersuchten PFC Summen-Werte zwischen 0 und 42 kg/a. Im Jahr 2016 werden für alle Flammschutzmittel Jahresfrachten zwischen 10 und 500 kg/a ermittelt, während die Jahresfrachten für alle untersuchten Pharmaka mit Werten zwischen 0,6 und ca. 9,5 t/a abgeschätzt werden (jeweils als Summen-Werte für die Stoffgruppen).

16 Weitergehende Aufbereitung des Trinkwassers an der Ruhr: Wasserwerk Hennesee – stets gutes Trinkwasser (auch in Krisenzeiten)

*Dipl.-Ing. Robert Dietrich, Hochsauerlandwasser GmbH,
Meschede*

Ausgangslage

Sommer 2003: Es hat über längere Zeit keinen ergiebigen Niederschlag gegeben. Gleichzeitig erreichen die Temperaturen Höchstwerte. Flüsse und Bäche im Hochsauerlandkreis führen deutlich weniger Wasser als üblich und auch die meisten Wassergewinnungsanlagen lassen – teilweise stark – in ihrer Leistung nach. Gleichzeitig sind Ferien in Nordrhein-Westfalen und der Tourismus im Hochsauerlandkreis boomt. Ferienhausgebiete, Ferienwohnungen und Campingplätze sind nahezu ausgebucht, die Freibäder haben Hochkonjunktur. Die Schere geht in der Trinkwasserversorgung stark auseinander: Bei steigendem Wassergebrauch geht gleichzeitig die zur Verfügung stehende Menge immer weiter zurück.

Nicht nur beim ehemaligen Wasserwerk Meschede – einem der drei Gründungsunternehmen der Hochsauerlandwasser GmbH – gelangt die Trinkwasserversorgung im August 2003 an ihre Grenzen. Nur mit Mühe und größtmöglichem Wasserbezug vom Wasserverband Hochsauerland sowie von den Stadtwerken Arnsberg und allerhand Provisorien kann die Versorgung aufrechterhalten werden, bis mit dem Ende der Ferien gleichzeitig auch die Hitze weicht und es wieder Niederschlag gibt. Für die Verantwortlichen steht fest: Zu solch einer Wassermangelsituation darf es in Zukunft nicht mehr kommen.

Erste Überlegungen

Da die vom Wasserverband Hochsauerland geplante Trinkwassertalsperre, die Renautalsperre, mittelfristig nicht realisierbar ist, bedarf es dringend einer anderen Lösung. Es stellt sich die Frage, ob nicht der Hennesee – ähnlich der Sorpetalsperre in Sundern – als Anlage des Ruhrverbandes zur Bedarfsdeckung herangezogen werden kann. In der Vergangenheit war das auf Grund der Wasserqualität und der Bewirtschaftung der Hennetalsperre mit den verfügbaren Wasseraufbereitungstechniken keine Option. Allerdings hat sich inzwischen die Qualität des Talsperrenwassers deutlich verbessert und auch die Bewirtschaftung des Hennesees wurde geändert, was zur Folge hat, dass der Wasserstand der Talsperre in der Regel nicht mehr so großen Schwankungen unterworfen ist wie zuvor.

Allerdings ist der Hennesee (Stauinhalt bei Vollstau = 38,40 Mio. m³) keine Trinkwassertalsperre, sondern dient in erster Linie dem Ausgleich der Wasserführung der Ruhr, also zur Sicherstellung eines Mindestabflusses in trockeneren Zeiten und

gleichzeitig dem Hochwasserschutz. Dazu wird das Gewässer „Henne“ aufgestaut und zur Steigerung der Leistungsfähigkeit des Speichers zusätzlich das Wasser zweier Nachbartäler über Stollenbauwerke in die Talsperre übergeleitet. In den sich damit ergebenden drei Einzugsgebieten (A_{Eo} gesamt = 99,08 km²) befinden sich Orte mit klassifizierten Straßen sowie Gewerbebetrieben und es wird auch – teilweise intensiv – Land- und Forstwirtschaft betrieben.

Infolge der vorbeschriebenen Situation wird es nicht möglich sein, ein Wasserschutzgebiet für die Hennetalsperre auszuweisen. Das bedeutet, dass eine wichtige Hürde des sogenannten Multi-Barrieren-Systems in der Trinkwasserversorgung fehlt. Dieses System stellt sicher, dass Stoffen, die nicht ins Trinkwasser hineingehören, möglichst viele Hürden – also Barrieren – entgegengesetzt werden.

Konkrete Schritte

Nach intensiver Prüfung unterschiedlichster Möglichkeiten einer zusätzlichen Trinkwasserbereitstellung, der grundsätzlichen Zustimmung des Ruhrverbandes zu einer Rohwasserentnahme aus der Hennetalsperre und der Erstellung eines trinkwasserhygienischen Gutachtens durch das Hygiene-Institut des Ruhrgebiets in Gelsenkirchen sowie zweier Studien des IWW Zentrum Wasser in Mülheim stand für die Hochsauerlandwasser GmbH und die zuständigen Aufsichts- und Genehmigungsbehörden fest:

Mit einem nahezu unbegrenzten Wasservorrat sowie der Lage abseits der Ruhr und somit anderer wichtiger Wassergewinnungsanlagen würde sich mit einem Wasserwerk Hennesee ein unabhängiges zweites Standbein für die Hochsauerlandwasser GmbH ergeben. Auch die fehlende Barriere „Wasserschutzgebiet“ könnte durch eine moderne mehrstufige Trinkwasseraufbereitungsanlage nach dem Stand der Technik sowie ein entsprechendes Monitoring in Form einer regelmäßigen Beprobung und Untersuchung der Talsperre und ihrer Zuflüsse ausgeglichen werden.

Infolge des PFT-Skandals im Jahr 2006 sahen sich die Wasserversorgungsunternehmen an der Ruhr zunehmend der Forderung des nordrhein-westfälischen Umweltministeriums sowie der zuständigen Wasser- und Gesundheitsbehörden nach einer Ertüchtigung ihrer Wasseraufbereitungsanlagen auf den Stand der Technik ausgesetzt. Die Hochsauerlandwasser GmbH bzw. ihr Rechtsvorgänger Wasserwerk Meschede hatte bereits im Jahr 2005 mit dem Wasserwerk Mengesohl die erste ihrer vier Wassergewinnungsanlagen an der Ruhr mit einer Ultrafiltrationsmembrananlage ausgestattet. Es folgte 2010 die Inbetriebnahme einer zusätzlichen Aktivkohlestufe. Die gleiche Aufbereitungstechnik wurde bis Anfang 2011 auch im Wasserwerk Stockhausen installiert.

Durch die noch ausstehende Ertüchtigung der beiden weiteren „Ruhrwasserwerke“ der Hochsauerlandwasser GmbH – des Wasserwerkes Insel in Meschede-Freienohl und der Wasserge-

winnung Hennenohl in Bestwig-Velmede - erhielt das Projekt „Wasserwerk Hennesee“ zusätzlichen Auftrieb. Es stellte sich nämlich die Frage, ob es nicht sinnvoll sein könnte, auf die Er-tüchtigung der beiden v. g. Wassergewinnungsanlagen zu ver-zichten und stattdessen das Wasserwerk Hennesee entspre-chend größer zu dimensionieren. Eine Studie des Ingenieurbüros H2U aqua.plan.Ing-GmbH aus Neukirchen-Vluyn bestätigte schließlich diese Annahme. Daraufhin und auf Grundlage eines Frage-/ Antwortkataloges der Geschäftsfüh-rung beschloss am 24. Februar 2011 der Aufsichtsrat der Hochsauerlandwasser GmbH den Bau des Wasserwerkes Hen-nesee innerhalb der folgenden fünf Jahre. Dieses wurde so geplant, dass mit einer Aufbereitungsleistung von 3 x 110 Ku-bikmeter pro Stunde in einer ersten Ausbaustufe bis zu 6.800 Kubikmeter Trinkwasser pro Tag in das Versorgungsnetz einge-speist werden können. Um die Anlage später wirtschaftlich noch einmal um etwa die gleiche Aufbereitungskapazität er-weitern zu können, wurde sie so konzipiert, dass bestimmte Komponenten, wie z. B. die Entnahme- und die Einspeiselei-tungen oder auch der Stromanschluss, von vornherein größer ausgelegt wurden. Durch Übernahme der dadurch entstehen-den „Mehrkosten“ hat sich der Wasserverband Hochsauerland eine entsprechende Erweiterungsoption für die Zukunft gesi-chert.

Parallel zum Abschluss einer entsprechenden Vereinbarung mit dem Ruhrverband als Talsperreneigentümer begann das be-reits genannte Ingenieurbüro umgehend und unter Betei-ligung heimischer Büros mit einer entsprechenden Planung. Schon am 25. März 2014 erfolgte dann der erste Spatenstich

durch den seinerzeit amtierenden Aufsichtsratsvorsitzenden Bürgermeister Wolfgang Fischer aus Olsberg.

Konzept

Nach der Errichtung eines größeren Gebäudekomplexes zur Unterbringung der Wasseraufbereitungsanlage auf einem vom Ruhrverband erworbenen Grundstück unterhalb des Dammes der Hennetalsperre begann die verfahrenstechnische Ausrü-stung des Projektes mit höchsten technischen Ansprüchen. Zur Wasserentnahme wurden an beiden Grundablassleitungen der Talsperre Stutzen eingeschweißt und eine Verbindung über ein ca. 230 Meter langes und größtenteils erdverlegtes Rohrlei-tungssystem mit Tonerde-Schmelzzement-Mörtel ausgeklei-detten duktilen Gussrohren mit einem Durchmesser von 400 Millimetern zur Wasseraufbereitungsanlage geschaffen. Da-durch ist das Wasserwerk Hennesee auch betriebsfähig, wenn einmal einer der Grundablässe nicht zur Verfügung stehen sollte.

Sowohl aus Gründen der Energieeffizienz als auch aus Kosten-gründen wurde die Gesamtanlage als „geschlossenes System“ geplant, das heißt, dass der jeweilige Vordruck des Talsperren-wasserspiegels - bis auf die entstehenden Reibungsverluste - voll genutzt werden kann und nur der erforderliche „Rest-druck“ zur Einspeisung in das Trinkwassernetz mittels einer Druckerhöhungsanlage erzeugt werden muss. Wirtschaftlich

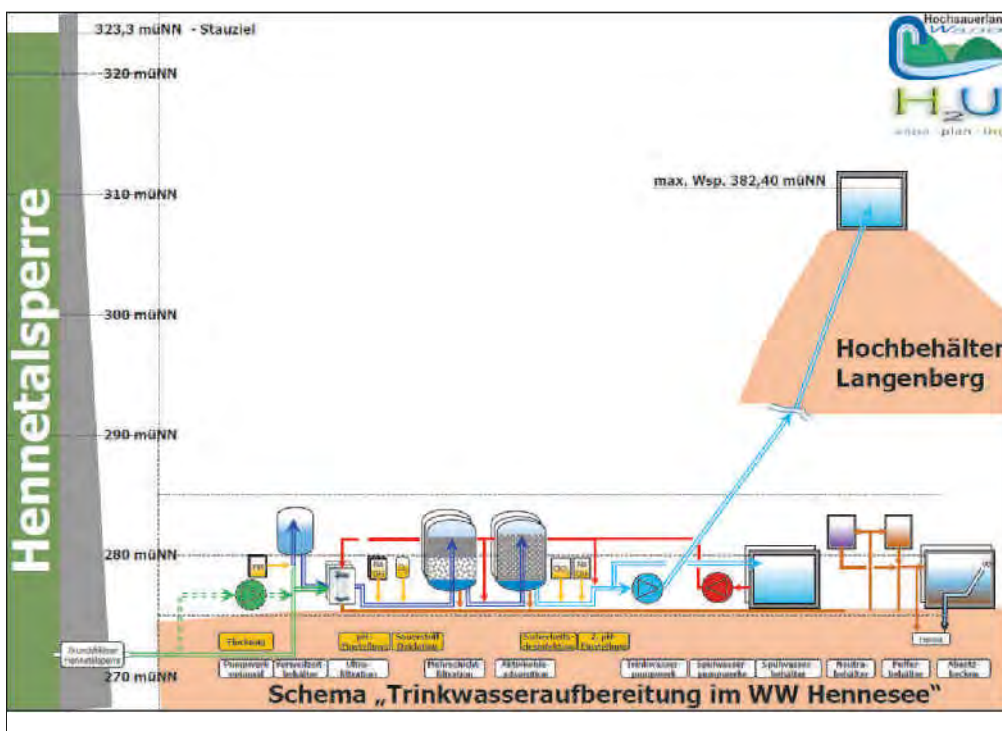


Bild 16.1: Schema der Trinkwasseraufbereitung im Wasserwerk Hennesee

Fig. 16.1: Drinking water treatment scheme at the waterworks Lake Henne

ist diese Lösung besonders von Bedeutung, da der Ruhrverband für aus seinen Talsperren direkt entnommenes Wasser einen zusätzlichen Sonderbeitrag in Höhe von 15,66 Cent pro Kubikmeter (ab 01.01.2017) erhebt.

Aus dem Schema „Trinkwasseraufbereitung im Wasserwerk Hennesee“ (Bild 16.1) sind die verschiedenen Aufbereitungsstufen ersichtlich:

Nachdem die aus der Talsperre entnommene Wassermenge und die Wasserqualität (pH-Wert, Sauerstoffgehalt, SAK₂₅₄, Leitfähigkeit, Trübung und Temperatur) im Eingangsbereich der neuen Filterhalle gemessen worden sind, erfolgt die Dosierung eines Flockungsmittels (Polyaluminiumchlorid) zwecks Zusammenlagerung von im Rohwasser enthaltenen kleinsten Schmutzpartikeln zu sogenannten „Flocken“. Zur Gewährleistung einer guten Durchmischung sowie einer entsprechenden Reaktionszeit wird das Wasser mit dem Flockungsmittel zunächst durch einen Verweilzeitbehälter im Obergeschoss des Gebäudes geleitet, bevor es eine Vorfiltration durchläuft, welche die nachfolgenden Ultrafiltrationsmembranmodule vor möglichen Beschädigungen durch gröbere Inhaltsstoffe des Rohwassers schützt.

Die Ultramembranfiltration, auch Ultrafiltration genannt, stellt ein wesentliches Herzstück der Wasseraufbereitungsanlage des Wasserwerkes Hennesee dar und hält die vorgenannten „Flocken“ sowie Partikel bis zu einer gewissen Größenordnung und Trübstoffe einschließlich Mikroorganismen wie Keime, Bakterien, Viren und Parasiten sicher zurück. Bei der Ultrafiltra-

tion wird das zu filtrierende Rohwasser in der Regel durch kleine Kunststoffröhrchen, sogenannte Polymermembranen, gepresst, die einen Innendurchmesser von ca. 0,5 - 2 Millimeter haben. Der eigentliche Filter sind die porösen Wände dieser Röhrchen, deren Filterporen einen Durchmesser von ca. 0,01 - 0,05 Mikrometer aufweisen. Damit können Feststoffe mit einer Größe ab 0,05 Mikrometer zuverlässig zurückgehalten und in regelmäßigen Abständen wieder ausgespült werden. Gelöste Stoffe und Salze bzw. Mineralien sind in der Lage, die Ultrafiltrationsmembranen zu überwinden. Durch das Bündeln vieler Filterröhrchen in Filtermodulen entsteht die notwendige Fläche, die einen entsprechenden Wasserdurchfluss ermöglicht. Im Wasserwerk Hennesee sind insgesamt drei „Filterstraßen“ mit jeweils 14 Modulen (hier: inge / dizzer® XL 0.9 MB 70 WT) und 70 Quadratmetern Filterfläche pro Modul, also insgesamt 2.940 Quadratmeter aktiver Filterfläche, installiert (Bild 16.2).

Im Anschluss an die Ultrafiltration wird dem Wasserstrom über Dosierstellen bedarfsabhängig Natronlauge und Sauerstoff zugegeben, da sowohl der pH-Wert als auch der Sauerstoffgehalt des Talsperrenwassers jahreszeitlich schwanken und entsprechende Mindestwerte erforderlich sind, um Korrosion in metallischen Leitungen - so auch in Kupferhausinstallationen - zu vermeiden. Auch für die anschließende Entmanganung sind pH-Wert und Sauerstoffgehalt von Bedeutung.

Die Entfernung von zeitweise im Rohwasser vorkommendem gelösten Mangan erfolgt parallel in drei Mehrschichtfiltern, die im oberen Bereich mit Akdolit® Hydro-Anthrasit N 2 - ein



Bild 16.2: Ultrafiltrationsmembranmodule im WW Hennesee
Fig. 16.2: Ultrafiltration membrane module at the waterworks Lake Henne



Bild 16.3: Luftbild WW Henne. Copyright by fotokleinsorge digital express-labor
 Fig. 16.3: Aerial view of the waterworks Lake Henne. Copyright by fotokleinsorge digital express-labor

durch Brechen und Sieben von natürlicher Anthrazitkohle konfektioniertes Filtermaterial - gefüllt sind. Darunter befindet sich ein Mischoxid (Akdolit® Hydrolith MN FS), welches wiederum auf zwei Stüttschichten aus Quarzkies mit unterschiedlicher Körnung gelagert ist. Das v. g. Mischoxid hat den Vorteil, dass beim lediglich zeitweisen Auftreten von Mangan im Rohwasser die Entmanganung relativ schnell wirksam wird.

Im letzten Aufbereitungsschritt durchfließt das Wasser zwei in Reihe geschaltete Aktivkohlefilter. Die verwendete Aktivkohle auf Steinkohlebasis (hier: Donau Carbon / Hydriffin 30 N) ist in der Lage, sogenannte Spurenstoffe, wie z. B. Pflanzenschutzmittel- oder Medikamentenrückstände zu adsorbieren sowie den DOC (gelöster organischer Kohlenstoff) zu reduzieren. Ein niedriger DOC beugt einer Wiederverkeimung des Trinkwassers im Rohrnetz vor. Da im Talsperrenwasser des

Hennesees bislang keine Spurenstoffe nachgewiesen wurden, haben die beiden Filter diesbezüglich lediglich die Funktion eines „Polizeifilters“.

Nach einer Sicherheitsdesinfektion mit Chlordioxid als letzte Barriere und einer nochmaligen bedarfsweisen Anpassung des pH-Wertes mittels Natronlauge erfolgt wiederum - wie beim Rohwasser - eine Messung von Wassermenge und Wasserqualität (pH-Wert, Sauerstoffgehalt, Trübung, ClO_2 -Gehalt und Temperatur), bevor das Trinkwasser das Gebäude verlässt.

Die Einspeisung in das Transportleitungsnetz des Wasserverbandes Hochsauerland bzw. in das Versorgungssystem der Hochsauerlandwasser GmbH erfolgt über eine ca. 650 Meter lange, mit Zementmörtel ausgekleidete duktile Gussrohrleitung mit einem Durchmesser von 400 Millimetern. Der hierzu

erforderliche „Restdruck“ - also der Druck, der nicht schon durch den Wasserspiegel der Talsperre zur Verfügung steht - wird über drei frequenzgeregelte Trinkwasserpumpen vor der Mengen- und Qualitätsmessung erzeugt.

Eine Druckstoßberechnung hat ergeben, dass der bei einem plötzlichen Stromausfall durch die dann abrupt stoppenden Pumpen entstehende Druckstoß so groß ist, dass dieser - um Schäden zu vermeiden - durch entsprechende Maßnahmen reduziert werden muss. Hierzu wurden im Obergeschoss des Gebäudes zwei Druckwindkessel mit einem entsprechenden kompressiblen Luftpolster eingebaut. Ein Luftbild zur Zeit der Einbringung der verschiedenen Filterkessel, des Verweilzeitbehälters für die Flockung und der Druckwindkessel zur Druckstoßreduzierung in das Gebäude zeigt deren Anordnung (Bild 16.3).

Zur Spülung der Ultrafiltrationsmembranmodule sowie der Mehrschicht- und Aktivkohlefilter wird einerseits ausreichend Trinkwasser und andererseits ein hoher Volumenstrom mit relativ geringem Druck benötigt. Dazu beinhaltet das Gebäude zwei Spülwasserbehälter aus Beton mit einem Speichervermögen von jeweils 100 Kubikmeter sowie zwei Spülwasserpumpwerke mit unterschiedlicher Leistung und jeweils zwei frequenzgeregelten Pumpen. Die Spülung der Aktivkohlefilter ist in der Regel nur bei ihrer Befüllung und Entleerung sowie im Rahmen eines Aktivkohlewechsels oder einer Aktivkohlereaktivierung etwa alle drei Jahre erforderlich. Bei den Mehrschichtfiltern wird von einer monatlichen Spülung ausgegangen.

Grundsätzlich ist deren Spülhäufigkeit selbstverständlich abhängig von der aufbereiteten Trinkwassermenge und der Beschaffenheit des Rohwassers. Die Ultrafiltrationsmembranmodule erfahren durchschnittlich etwa jede Stunde eine Spülung mit Trinkwasser. Zusätzlich ist zur Vermeidung ihrer Verblockung in Abständen von etwa 48 Stunden eine chemisch unterstützte Spülung mit Natronlauge und direkt anschließend mit Salzsäure erforderlich.

Das chemikalienhaltige Spülwasser mit Lauge und Säure neutralisiert sich unter Umwälzung in einem Neutralisationsbehälter aus Kunststoff (25 m³) im Obergeschoss des Gebäudes und kann anschließend in die Henne abgeleitet oder aber bei Bedarf einem der beiden Betonabsetzbecken im Erdgeschoss zugeführt werden. Die Becken haben ein Speichervermögen von jeweils 170 Kubikmeter und können in die Henne, aber auch in den städtischen Mischwasserkanal entwässern. Sie nehmen stärker verschmutzte Spülwässer auf und geben nach einem entsprechenden Absetzvorgang das mechanisch gereinigte Wasser in der Regel in die Henne ab. Der abgesetzte Filterschlamm wird von Zeit zu Zeit mit einem Saugwagen zu einer Kläranlage abtransportiert oder aber direkt dem Kanal zugeleitet. Um nicht bei jeder Spülung mit hohem Volumenstrom den bereits abgesetzten Filterschlamm in den Absetzbecken wieder aufzuwirbeln oder aber einen Spülstoß in die Henne zu verursachen, ist im Obergeschoss des Gebäudes ein Pufferbehälter aus Kunststoff (20 m³) eingebaut worden, der den jeweiligen Abfluss vergleichmäßigt.



Bild 16.5: Umweltminister Johannes Remmel im WW Hennesee

Fig. 16.5: Johannes Remmel, State Minister of the Environment, at the waterworks Lake Henne



Bild 16.4: Fertiggestelltes WW
Hennensee
Fig. 16.4: Completed waterworks
Lake Henne

Das gesamte Wasserwerk ist voll automatisiert und kann durch eine moderne Fernwirktechnik auch von „außen“ gesteuert und überwacht werden.

Notstromversorgung

Um auch bei Stromausfall Trinkwasser produzieren und fördern zu können, wurde zur Unterbringung von mobilen Notstromaggregaten nebst Kraftstoffvorrat in das neue Wasserwerk eine geeignete Halle integriert.

Die Notstromversorgung der Anlage selbst und zweier weiterer wichtiger Pumpstationen soll aber vorrangig über das Wasserkraftwerk der Hennetalsperre erfolgen. Dazu wird eine von der Hochsauerlandwasser GmbH finanzierte Ertüchtigung zur Schwarzstartfähigkeit der Wasserkraftanlage der Lister- und Lennekraftwerke GmbH vorgenommen sowie ca. 1,3 Kilometer 10-kV-Kabel und ca. 0,5 Kilometer 1-kV-Kabel durch die Hochsauerlandwasser GmbH verlegt.

Somit können auch bei einem länger andauernden Stromausfall (Blackout) über Tage oder möglicherweise sogar über Wochen hinweg die Zentren der drei Gesellschafterkommunen der Hochsauerlandwasser GmbH (Bestwig, Meschede, Olsberg) und ihre wichtigen Infrastruktureinrichtungen mit Trinkwasser versorgt werden.

Inbetriebnahme und Kosten

Das erste Trinkwasser aus dem neuen Wasserwerk wurde Ende Mai 2016 in das Leitungsnetz eingespeist und ein knappes Jahr später überzeugte sich auch der damalige Umweltminister Johannes Remmel von dem gelungenen „Werk“ (Bilder 16.4 und 16.5). Die Gesamtherstellungskosten des Wasserwerkes Hennensee einschließlich aller Planungskosten, Gebühren, Beiträge, sonstigen Nebenkosten, etc., aber ohne Notstromversorgung, Eigenleistungen und Bauzeitinszen, belaufen sich auf ca. sechs Millionen Euro.

Film

In einem ca. 18-minütigen Film wird das Projekt von der ersten Idee bis zu seiner Fertigstellung begleitet und erläutert. Interessierte haben die Möglichkeit, sich diesen Film über die Homepage der Hochsauerlandwasser GmbH www.hochsauerlandwasser.de aufzurufen und anzusehen.

Danksagung

Die Hochsauerlandwasser GmbH bedankt sich bei allen am Wasserwerk Hennensee Beteiligten für die konstruktive und gute Zusammenarbeit, ohne die dieses wegweisende Projekt sicherlich nicht so reibungslos verlaufen wäre.

17 Organisation der Arbeitsgemeinschaft der Wasserwerke an der Ruhr e.V. (AWWR)

Stand 31. Dezember 2016

Mitglieder und ständige Gäste

Präsidium:

Robert Dietrich, Hochsauerlandwasser GmbH, Meschede
Dr. Christoph Donner, RWW Rheinisch-Westfälische Wasserversorgungsgesellschaft mbH, Mülheim an der Ruhr (bis 05.11.2016)
Roland Rütther, Mark-E Aktiengesellschaft, Hagen
Hansjörg Sander, VWW Verbund-Wasserwerk Witten GmbH
Dr. Franz-Josef Schulte, RWW Rheinisch-Westfälische Wasserversorgungsgesellschaft mbH, Mülheim an der Ruhr (ab 05.11.2016)
Helmut Sommer, Wasserwerke Westfalen GmbH, Schwerte (Vorsitzender)

Mitglieder:

Klaus Döhmen, AVU Aktiengesellschaft für Versorgungsunternehmen, Gevelsberg
Dietmar Bückemeyer, Stadtwerke Essen AG
Robert Dietrich, Hochsauerlandwasser GmbH, Meschede
Dr. Christoph Donner, RWW Rheinisch-Westfälische Wasserversorgungsgesellschaft mbH, Mülheim an der Ruhr (bis 05.11.2016)
Bernd Heitmann, Stadtwerke Fröndenberg GmbH
Friedrich Reh, Gelsenwasser AG, Gelsenkirchen
Peter Flosbach, Dortmunder Energie- und Wasserversorgung GmbH
Thomas Kroll, Wasserbeschaffungsverband Arnsberg und Stadtwerke Arnsberg
Gregor Langenberg, Wassergewinnung Essen GmbH
Axel Reuber, Stadtwerke Brilon AöR
Bernd Reichelt, Stadtwerke Menden
Roland Rütther, Mark-E AG, Hagen
Hansjörg Sander, VWW Verbund-Wasserwerk Witten GmbH
Dieter Schick, Stadtwerke Hamm GmbH
Dr. Franz-Josef Schulte, RWW Rheinisch-Westfälische Wasserversorgungsgesellschaft mbH, Mülheim an der Ruhr (ab 05.11.2016)
Helmut Sommer, Wasserwerke Westfalen GmbH, Schwerte
Jürgen Schwarberg, Stadtwerke Sundern
Dietmar Spohn, Stadtwerke Bochum GmbH
Dr. Dirk Waider, Wasserbeschaffung Mittlere Ruhr GmbH

Ständige Gäste:

Christine Elhaus, Bezirksregierung Arnsberg
Prof. Dr.-Ing. Norbet Jardin, Ruhrverband, Essen
Prof. Dr. Ralf Klopp, Ruhrverband, Essen
Gerhard Odenkirchen, Ministerium für Klimaschutz, Umwelt, Landwirtschaft, Natur- und Verbraucherschutz NRW, Düsseldorf
Heidemarie Ohlhoff, Bezirksregierung Düsseldorf
Dr. Carsten Schmitt, ARW Arbeitsgemeinschaft Rhein-Wasserwerke e.V., Köln
Priv.-Doz. Dr. Georg Joachim Tuschewitzki, Hygiene-Institut des Ruhrgebiets, Gelsenkirchen
Dr. Wolfgang van Rienen, BDEW/DVGW Landesgruppe NRW, Bonn

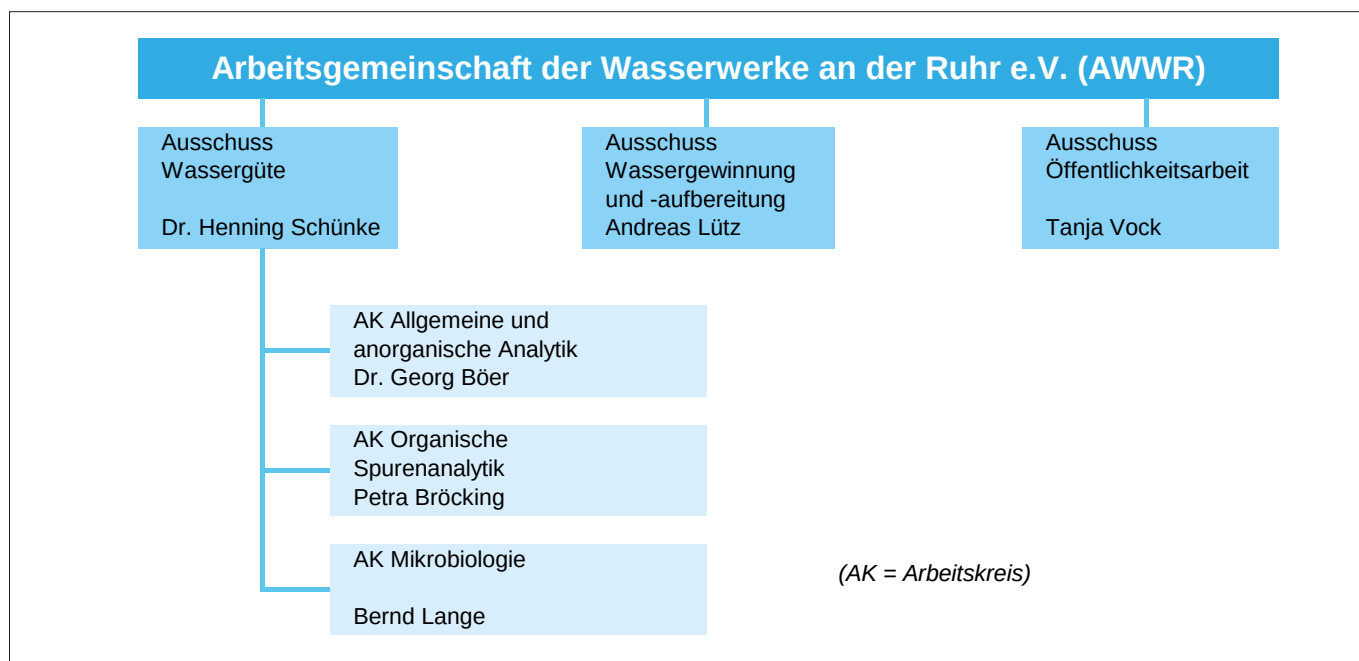
Kontakte

Anschrift:

AWWR Arbeitsgemeinschaft der Wasserwerke an der Ruhr e.V.
Zum Kellerbach 52
58239 Schwerte

Geschäftsstelle:

AWWR Arbeitsgemeinschaft der Wasserwerke an der Ruhr e.V.
c/o Gelsenwasser AG
Geschäftsführer: Dipl.-Geol. Ulrich Peterwitz
Willy-Brandt-Allee 26
45891 Gelsenkirchen
Tel.: 0209 708-274
Fax.: 0209 708-708



Ausschuss Wassergüte

Obmann: Dr. Henning Schünke, Westfälische Wasser- und Umweltanalytik GmbH, Schwerte

Dr. Thomas Bals, Energie- und Wasserversorgung Hamm GmbH, Hamm
Ingo Becker, Wasserwerke Westfalen GmbH, Schwerte
Dr. Georg Böer, Westfälische Wasser- und Umweltanalytik GmbH, Schwerte
Petra Bröcking, Hygiene-Institut des Ruhrgebiets, Gelsenkirchen
Uwe Frost, Ruhrverband, Essen
Prof. Dr. Ralf Klopp, Ruhrverband, Essen
Thomas Kroll, Stadtwerke Arnsberg GmbH & Co KG, Arnsberg
Bernd Lange, IWW Rheinisch-Westfälisches Institut für Wasserforschung gGmbH, Mülheim
Thomas J. Lottes, VWW Verbund Wasserwerk Witten GmbH, Witten
Monika Rabe, Enervie-Gruppe – Mark-E AG, Hagen
Ortwin Rodeck, Gelsenwasser AG, Gelsenkirchen
Dr. Mathias Schöpel, RWW Rheinisch-Westfälische Wasserversorgungsgesellschaft mbH, Mülheim
Dr. Henning Schünke, Westfälische Wasser- und Umweltanalytik GmbH, Schwerte
Christian Skark, Institut für Wasserforschung GmbH Dortmund, Schwerte
Gerhard Strücker, Mark-E AG, Hagen
Dr. Georg Tuschewitzki, Hygiene-Institut des Ruhrgebiets, Gelsenkirchen

Arbeitskreis Allgemeine und anorganische Analytik

Obmann: Dr. Georg Böer, Westfälische Wasser- und Umweltanalytik GmbH, Schwerte

Dr. Thomas Bals, Energie- und Wasserversorgung Hamm GmbH, Fröndenberg
Dr. Georg Böer, Westfälische Wasser- und Umweltanalytik GmbH, Schwerte
Petra Bröcking, Hygiene-Institut des Ruhrgebiets, Gelsenkirchen
Kay Jansen, Ruhrverband, Essen
Thomas J. Lottes, VWW Verbundwasserwerk Witten GmbH, Witten
Monika Raabe, Mark-E AG, ENERVIE Gruppe, Hagen
Dr. Achim Rübel, IWW Rheinisch-Westfälisches Institut für Wasserforschung gGmbH, Mülheim
Dr. Daniel Schunk, RWW Rheinisch-Westfälische Wasserwerksgesellschaft mbH, Mülheim

Arbeitskreis Organische Spurenanalytik

Obfrau: Petra Bröcking, Hygiene-Institut des Ruhrgebietes, Gelsenkirchen

Dr. Peter Baalsa, IWW Rheinisch-Westfälisches Institut für Wasserforschung gGmbH, Mülheim
Petra Bröcking, Hygiene-Institut des Ruhrgebietes, Gelsenkirchen
Ulrich Gatzemann, Westfälische Wasser- und Umweltanalytik GmbH, Schwerte
Monika Raabe, Mark-E Aktiengesellschaft, ENERVIE Gruppe, Hagen
Regina Respondek, LANUV Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz NRW, Recklinghausen, Außenstelle Düsseldorf
Dr. Daniel Schunk, RWW Rheinisch-Westfälische Wasserwerksgesellschaft mbH, Mülheim
Beate Steinsiepe-Burchard, Ruhrverband, Essen

Arbeitskreis Mikrobiologie

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
Jörg Kriegsmann, Verbundwasserwerk Witten GmbH, Witten
Bettina Langer, Hygiene-Institut des Ruhrgebietes, Gelsenkirchen
Luisa Stahlke, IWW Rheinisch-Westfälisches Institut für Wasser Beratungs- und Entwicklungsgesellschaft mbH, Mülheim
Ute Stratmann, Westfälische Wasser- und Umweltanalytik GmbH, Schwerte
Gisela Trope, Westfälische Wasser- und Umweltanalytik GmbH, Gelsenkirchen
Dr. Jost Wingender, Universität Duisburg-Essen, Essen
Susanne Zander-Hauck, Ruhrverband, Essen

Ausschuss Wassergewinnung und -aufbereitung

Obmann: Andreas Lütz, Wassergewinnung Essen GmbH, Essen

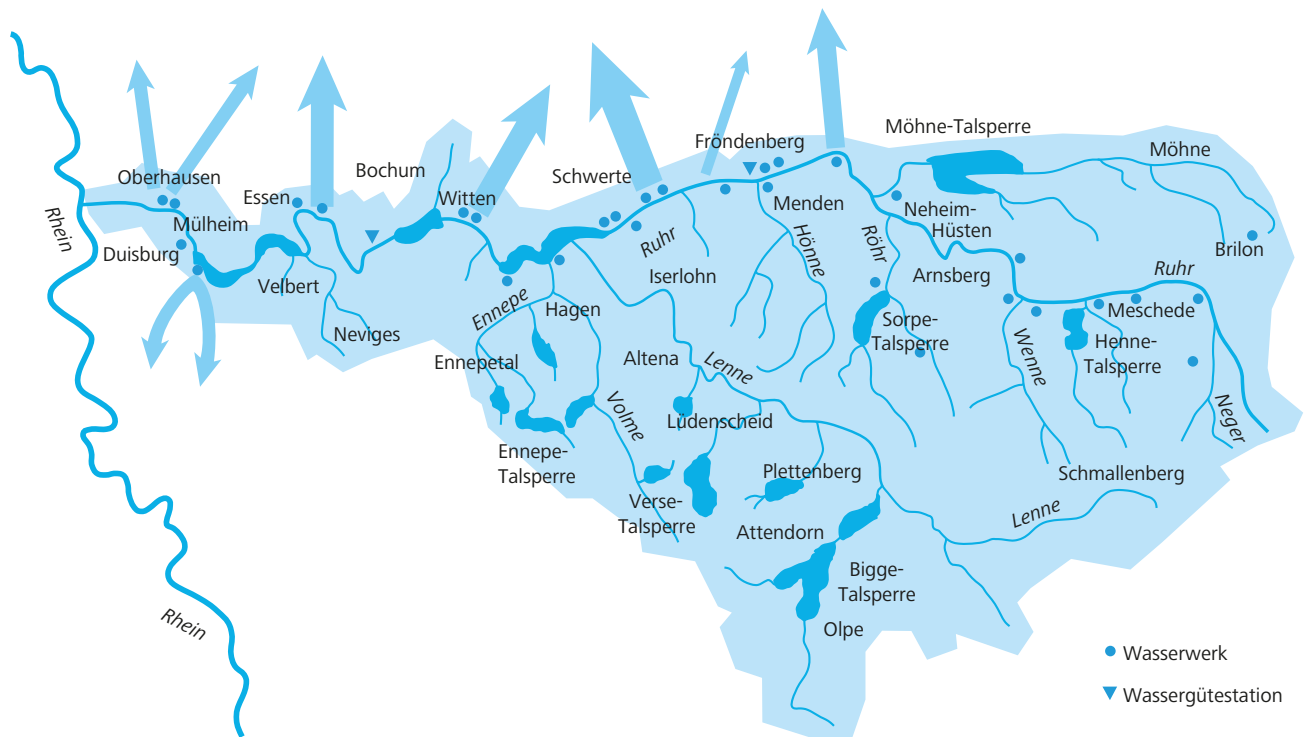
Thomas Bock, Wasserwerke Westfalen GmbH, Schwerte
Thomas Brenne, Mark-E Aktiengesellschaft, Hagen
Robert Dietrich, Hochsauerlandwasser GmbH, Meschede
Klaus Döhmen, AVU Aktiengesellschaft für Versorgungsunternehmen, Gevelsberg
Dr. Peter Evers, Ruhrverband, Essen
Christian Finger, Stadtwerke Brilon, Brilon
Hartmut Insel, RWW Rheinisch-Westfälische Wasserwerksgesellschaft mbH, Mülheim an der Ruhr
Dr. Peter Kappler, Stadtwerke Bochum GmbH, Bochum
Peter Klein, Ruhrverband, Essen
Volker Kretschmer, Stadtwerke Fröndenberg GmbH, Fröndenberg (ab 18.03.2015)
Thomas Kroll, Stadtwerke Arnsberg GmbH & Co KG, Arnsberg
Matthias Lürbke, Stadtwerke Menden GmbH, Menden
Andreas Lütz, Wassergewinnung Essen GmbH, Essen
Magnus Meckelburg, GELSENWASSER AG, Gelsenkirchen (bis 18.03.2015)
Dieter Schick, Stadtwerke Hamm GmbH, Hamm
Jürgen Schwarberg, Stadtwerke Sundern, Sundern
Priv. Doz. Dr. Georg-Joachim Tuschewitzki, Hygiene-Institut des Ruhrgebietes, Gelsenkirchen
Björn Wölfel, GELSENWASSER AG, Gelsenkirchen (bis 03.11.2016)

Ausschuss Öffentlichkeitsarbeit

Obmann: Ramon Steggink, RWW Rheinisch-Westfälische Wasserwerksgesellschaft mbH, Mülheim an der Ruhr (bis 07.03.2016), Obfrau: Tanja Vock, Wasserwerke Westfalen GmbH, Schwerte (ab 08.03.2016)

Jörg Fröhling, Hochsauerlandwasser GmbH, Meschede
Maria Geers, Stadtwerke Menden GmbH, Menden (ab 10.06.2016)
Cornelia Helm, Stadtwerke Hamm GmbH, Hamm
Kai Krischnak, Stadtwerke Bochum GmbH, Bochum
Marie Luise Niepel, Stadtwerke Arnsberg GmbH, Arnsberg (ab 10.06.2016)
Dirk Pomplun, Stadtwerke Essen AG, Essen
Jörg Prostka, AVU Aktiengesellschaft für Versorgungsunternehmen, Gevelsberg
Uwe Reuter, Mark-E-AG, Hagen
Markus Rüdel, Ruhrverband, Essen
Dr. Martina Sprotte, Dortmunder Energie- und Wasserversorgung GmbH, Dortmund
Ramon Steggink, RWW Rheinisch-Westfälische Wasserwerksgesellschaft mbH, Mülheim an der Ruhr
Tanja Vock, Wasserwerke Westfalen GmbH, Schwerte
Felix Wirtz, GELSENWASSER AG, Gelsenkirchen

18 Die AWWR in Zahlen



Mitglieder der AWWR	Anzahl der Wasserwerke	Gesamt-Wasserförderung
AVU Gevelsberg	1	ca. 230 Mio. m ³ /a
Dortmunder Energie- und Wasserversorgung GmbH	siehe WWW	
Gelsenwasser AG	siehe WGE	
Hochsauerlandwasser GmbH	6	
Mark-E Aktiengesellschaft	1	
RWW Rheinisch-Westfälische Wasserwerksgesellschaft mbH	4	
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	

19 Analyseenergebnisse des Ausschusses Wassergüte

Dr. Henning Schünke, Westfälische Wasser- und Umweltanalytik GmbH

Einführung

Der Ausschuss Wassergüte diskutiert und bewertet die Wasserbeschaffenheit der Ruhr anhand der Ergebnisse der zeit-dichten Ruhruntersuchungen, sowie den Ruhr-längsuntersuchungen. Die nachfolgend dokumentierten und ausgewerteten Analyseenergebnisse für das Ruhrwasser aus dem Jahr 2016 wurden für diesen Bericht von den folgenden Unternehmen zur Verfügung gestellt:

- Mark-E Aktiengesellschaft, Hagen
- Ruhrverband, Essen
- RWW Rheinisch-Westfälische Wasserwerksgesellschaft mbH, Mülheim
- Stadtwerke Hamm GmbH
- Wasserwerke Westfalen GmbH

Die Untersuchungen erfolgten in den unternehmenseigenen Laboren bzw. für die Wasserwerke Westfalen durch die Westfälische Wasser- und Umweltanalytik GmbH. Die Messungen über den Verlauf der Ruhr in den Längsuntersuchungen wurden durch den Ruhrverband sowie im Auftrag der Wasserversorger durch das Hygiene-Institut in Gelsenkirchen vorgenommen. Die einzelnen Institutionen übermittelten die Daten per E-Mail an die Westfälische Wasser- und Umweltanalytik, die auch die Auswertung übernimmt.

In der seit 2006 gültigen Messstrategie ist eine zeitlich dichte Überwachung durch die Wasserversorger und den Ruhrverband mit mindestens einer monatlichen Messung vorgesehen. Darüber hinaus werden durch den Ruhrverband und das Hygiene-Institut jeweils zwei Probenahmen zur Erhebung der Daten für die Ruhr-längsuntersuchungen vorgenommen, die in Tabelle 19.1 aufgeführt werden. Eine Auswertung der Messwerte des Ruhrverbandes in Form von Längsprofilen erfolgt außerdem für den Vergleich der Messwerte der Ruhr mit den acht wichtigsten Nebenflüssen, die meist im Mündungsbereich auf verschiedene physikalische, chemische und biologische Parameter untersucht werden, um ggf. örtliche Beeinflus-

sungen der Ruhr durch die Zuflüsse nachzuweisen. Eine Übersicht über die beprobten Messstellen und die untersuchenden Labore gibt Tabelle 19.2 wieder.

Für die Nebengewässermessstellen wird in der Spalte „Ruhr-km“ in Klammern die Kilometrierung aufgeführt, bei der die Gewässer in die Ruhr münden. In Tabelle 19.3 sind für 40 untersuchte Kenngrößen die Mittelwerte zu acht Nebenflüssen/-bächen der Ruhr aufgeführt.

Für die Ruhr galten seit 2005 bis zur Mitgliederversammlung im Jahr 2016 gesonderte Zielwerte, die als 90-Perzentile festgelegt wurden. Nur für die coliformen Bakterien wurde als Zielwert das geometrische Jahresmittel zu Grunde gelegt. Mit dem Beschluss der Mitgliederversammlung gelten seit 2016 nun auch für die Ruhr ausschließlich die mit den anderen Gewässerverbänden festgelegten Zielwerte des Europäischen Fließgewässermemorandums. In Tabelle 19.4 sind für die durch die Ruhr-Zielwerte 13 vereinbarten Stoffe bzw. Stoffgruppen mit den in 2016 nachgewiesenen Überschreitungen zusammengefasst. Ergänzend wurden erstmals die Zielwerte und die Überschreitungen auch für die seit 2016 für die Ruhr geltenden Zielwerte gemäß des Europäischen Fließgewässermemorandums in die Tabelle mit aufgenommen.

Die Zusammenfassung und Auswertung der untersuchten Pflanzenschutzmittel erfolgt gesondert in Tabelle 19.5. Zur besseren Auffindbarkeit der dokumentierten Messgrößen enthält Tabelle 19.6 am Ende des Kapitels die Analysennachweise in alphabetischer Reihenfolge.

Tabelle 19.1: Mittlere Abflüsse während der Längsuntersuchungen
Table 19.1: Average flows during examinations along the course of the river

Längsuntersuchung	Untersuchungs-	Abfluss am Pegel
Untersuchungslabor	zeitraum	Hattingen m³/s
Winter / Hygiene-Institut (HYG)	22.2.2016	178,6
Frühjahr / Ruhrverband (RV)	07. - 09.03.2016	77,3
Sommer / Hygiene-Institut (HYG)	01.08.2016	28,0
Herbst / Ruhrverband (RV)	10. - 13.10.2016	23,8

Tabelle 19.2: Übersicht über die Messstellen und die untersuchenden Laboratorien
Table 19.2: 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 AWWR
108,39		X		WWU	Ruhr, Hengsen Obergraben
(106,96)	0,08	X			Baarbach, 80 m vor Mündung in die Ruhr (unterh. KA)
105,11		X	X		Ruhr, Geisecke-Wellenbad (Brückenmitte)
95,15		X		WWU	Ruhr, Westhofen, Kraftwerk
(92,72)	2,74	X	X		Lenne, 2740 m vor Mündung in die Ruhr
88,75		X	X	Mark E	Ruhr, Auslauf Hengsteysee
(87,67)	1,24	X	X		Volme, 1240 m vor Mündung in die Ruhr (am Pegel Eckesey)
80,66		X	X		Ruhr, Pegel Wetter
74,45		X			Ruhr, in Höhe Kraftwerk Hohenstein
71,91				WWU	Ruhr, Witten, Wasserwerk Gelsenwasser
69,00		X			Ruhr, Einlauf Stausee Kernade
(67,35)	1,33	X			Ölbach, unterhalb Teich 3, 1330 m vor Mündung in die Ruhr
62,65		X	X	WWU	Ruhr, Oberwasser Kraftwerk Stiepel WMR
51,28		X			Ruhr, Schwimmbrücke Dumberg
47,42		X	X		Ruhr, Steele-Horst, Pumpwerk Gelsenwasser
42,76		X		RV	Ruhr, Essen-Rellinghausen, Zornige Ameise
38,35		X			Ruhr, Einlauf Baldeneysee
31,18		X			Ruhr, Auslauf Baldeneysee
23,47		X	X	RWW	Ruhr, Auslauf Stausee Kettwig
(23,24)	0,02	X			Rinderbach, 20 m vor Mündung in die Ruhr
14,43		X			Ruhr, Kraftwerk Mülheim-Kahlenberg
11,35				RWW	Ruhr, Wasserwerk Styrum-Ost
5,43		X			Ruhr, Duisburg Ackerfähre
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				

Ruhrlängsuntersuchungen

Die im Rahmen der Längsuntersuchungen durch den Ruhrverband und das Hygiene-Institut erhobenen Daten umfassen ohne die Pflanzenschutzmittel mehr als 3600 Werte. Der Ruhrverband entnahm und analysierte an 31 Probenahmestellen Wasserproben mit bis zu 40 Kenngrößen (ohne Pflanzenschutzmittel), während das Hygiene-Institut mit der Untersuchung an 13 Stellen beauftragt wurde bis zu 52 Kenngrößen zu ermitteln. Während der vier Längsuntersuchungen wurden am Pegel in Hattingen die in Tabelle 19.1 aufgeführten Abflüsse bestimmt.

Die Analysenergebnisse aus den Ruhrlängsuntersuchungen sind nachfolgend in Form von Ganglinien dargestellt (Bild 19.1 bis 19.7). Es wurden jeweils sechs Kenngrößen zu einem Block zusammengefasst. Die 42. dargestellte Größe in Bild 19.7 gibt den mittleren Abfluss am Pegel in Hattingen während der Längsuntersuchungen wieder. Werte unterhalb der Bestimmungsgrenze wurden mit dem Betrag der Bestimmungsgrenze in den Grafiken berücksichtigt und sind durch das Symbol „*“ kenntlich gemacht. Die senkrecht verlaufenden gestrichelten Linien kennzeichnen die Probenahmestellen. Die Abkürzungen RV bzw. HYG stehen für Ruhrverband respektive Hygiene-Institut.

Die Grafiken der Längsuntersuchung enthalten nur die Ganglinien für die Ruhr, da in den Mündungen der Nebenbäche z.T. wesentlich höhere Messwerte vorlagen. Ergänzend zu den als Mittelwert zusammengefassten Werte der acht Nebenflüsse/-bäche (Tabelle 19.3) werden für sechs ausgesuchte Kenngrößen die Mittelwerte auch als Punkte den Ganglinien der Parameternittelwerten in der Ruhr in den Grafiken gegenübergestellt (Bild 19.8).

Zeitlich dichte Ruhrüberwachung

Die zeitlich dichte Überwachung der Ruhr wird an zehn Probenahmestellen durch die Versorgungsunternehmen und den Ruhrverband vorgenommen. Dabei werden bis zu 24 Messgrößen untersucht, die aufgrund der unterschiedlichen Monitoringstrategien je nach Kenngröße mit einer wöchentlichen bis monatlichen Untersuchung bestimmt werden. In Essen-Rellinghausen betrug die jährliche Untersuchungshäufigkeit bis zu 136 Proben. Zum Teil wurden bestimmte Kenngrößen an den Messstellen auch nicht bestimmt. Der Auswertung lagen mehr als 9000 Messwerte (ohne Pflanzenschutzmittel) aus der zeitlich dichten Ruhrüberwachung zugrunde.

Die Analysenergebnisse wurden zu statistischen Parametern wie Mittel-, Extrem- und Perzentilwerten verdichtet und sind nachfolgend in einer kombiniert tabellarisch/grafischen Form dargestellt (Bild 19.9 bis 19.32). Innerhalb der Rechenalgorithmen wurden Werte unterhalb der Bestimmungsgrenze mit

30 % der Bestimmungsgrenze mitberücksichtigt. Bei den Mittelwerten und Perzentilen, deren errechneter Betrag unterhalb der Bestimmungsgrenze lag, wurde ersatzweise die Bestimmungsgrenze mit einem vorangestellten „<“ angegeben. Für die Minimal- und Maximalwerte ist jeweils das Messdatum angegeben. Sofern ein Extremwert mehrfach nachgewiesen wurde, ist statt des Datums die Kennung „Mehrere“ gesetzt.

Unterhalb der Tabellen sind die Messwerte der zeitlich dichten Untersuchung in ihrem jahreszeitlichen Verlauf dargestellt. Die Grafiken enthalten die Messwerte von jeweils zwei benachbarten Probenahmestellen als schwarze bzw. blaue Linie unter den Spalten der statistischen Werte. Welche Ganglinie zu welcher Spalte gehört, ist mittels einer farbigen Linie unterhalb der Tabellenspalten kenntlich gemacht. Zur besseren Vergleichbarkeit sind alle Grafiken bei einer Kenngröße gleich skaliert. Als ergänzende Information ist jeweils links der zeitliche Verlauf des Abflusses der Ruhr am Pegel in Hattingen dargestellt. Liegen Zielwertüberschreitungen vor, sind diese bei den 90-Perzentilen bzw. beim geometrischen Jahresmittel (nur coliforme Bakterien) durch die fette Schrift hervorgehoben.

Pflanzenschutzmittel

Pflanzenschutzmittel (PSM) sind chemische Substanzen, die in erster Linie Nutzpflanzen vor Schädlingsbefall (meist Insekten oder Pilze) schützen oder einen konkurrierenden Pflanzenwuchs unterbinden sollen. Diese hochwirksamen Verbindungen, die z.T. nur langsam abgebaut werden, dürfen in Lebensmitteln, wie dem Trinkwasser, nur in äußerst geringen Konzentrationen vorkommen. Der Gesetzgeber hat für Einzelsubstanzen im Trinkwasser einen Grenzwert von 100 ng/l festgelegt, sowie für die Summe der Einzelsubstanzen oberhalb der Bestimmungsgrenze einen Wert von 500 ng/l.

Im Rahmen der Längsuntersuchungen und zeitlich dichten Ruhrüberwachung wurden 2016 knapp 5500 Bestimmungen von Pflanzenschutzmitteln durchgeführt. Von den 44 untersuchten PSM wurden für sechs Verbindungen Werte im Arbeitsbereich der Analyseverfahren gemessen. Alle übrigen Messwerte lagen unterhalb der jeweiligen Bestimmungsgrenze. Bei keiner Substanz wurde ein Messwert oberhalb des Trinkwassergrenzwertes von 100 ng/l nachgewiesen. In der Tabelle 19.5 ist die Überschreitungsstatistik zusammengestellt.

Die nachfolgend dargestellten Ergebnisse zu den Nährstoffen und Pflanzenschutzmitteln dienen gleichzeitig als Berichterstattung für das laufende Jahr als Berichterstattung der Kooperation Landwirtschaft/Wasserwirtschaft an der Ruhr für das vergangene Jahr. Die Ergebnisse flossen wie in den Vorjahren in die Tätigkeit der von den Wasserversorgungsunternehmen finanzierten Berater ein und wurden im Beirat der Kooperation diskutiert.

Tabelle 19.3: Mittelwerte ausgewählter Gütemerkmale von acht Nebenflüssen der Ruhr
 Table 19.3: 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	Hönnne 116,58	Möhne 137,35	Röhr 141,83
Wassertemperatur	° C	8,2	10,5	7,0	7,2	8,3	9,9	8,5	6,6
pH-Wert		8,35	7,70	8,05	8,00	7,85	8,35	8,05	7,95
Elektrische Leitfähigkeit	µS/cm	737	2445	422	348	1073	624	361	301
Trübung	FNU	4,7	3,5	2,8	2,3	3,8	3,6	1,2	2,3
Spektr. Absorptionskoeff. bei 254 nm	1/m	6,3	8,9	5,6	3,6	10,2	2,9	8,4	2,9
Spektr. Absorptionskoeff. bei 436 nm	1/m	0,35	0,55	0,40	0,25	0,65	0,15	0,30	0,10
Biochem. Sauerstoffbedarf in 5 Tagen	mg/l	1,5	1,8	< 3,0	< 3,0	1,9	1,0	0,8	1,0
Chemischer Sauerstoffbedarf (CSB)	mg/l	9,1	23,7	9,4	8,1	15,8	5,2	8,2	4,4
Gelöster organ. gebund. Kohlenstoff (DOC)	mg/l	3,1	5,8	3,0	2,1	5,1	1,9	2,5	1,9
Gelöster Sauerstoff	mg/l	11,9	8,1	12,2	12,1	11,2	11,5	11,0	11,8
Chlorophyll-a	µg/l	3,0	16,0	2,0	< 1,0	3,0	1,5	1,2	1,0
Gesamter gelöster Phosphor als PO4	mg/l	0,37	0,27	0,33	0,18	0,47	0,17	0,07	0,12
Borat-Bor	mg/l			< 0,05	0,06				
Ethylendinitrilotetraessigsäure (EDTA)	µg/l	2,3	5,6	2,3	3,0	12,8	2,5	0,6	< 0,5
Nitilotriessigsäure (NTA)	µg/l	< 0,5	< 0,5	< 2,0	< 2,0	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5
Diethylentrinitrilopentaessigsäure (DTPA)	µg/l	< 1,0	1,0	< 1,0	< 1,0	< 1,0	< 1,0	< 1,0	< 1,0
Ammonium	mg/l	0,03	0,80	0,08	0,04	0,17	0,03	0,03	0,07
Nitrat	mg/l	21,0	12,8	14,8	12,0	23,7	19,5	10,0	11,5
Nitrit	mg/l	< 0,2	0,31	< 0,2	< 0,2	0,18	< 0,2	< 0,2	< 0,2
Organisch gebundener Stickstoff	mg/l	0,40	0,72	< 0,4	< 0,4	0,67	< 0,2	0,29	0,25
Mangan	µg/l	25	133	17	15	65	21	31	26
Gelöstes Mangan	µg/l	< 10	114	< 10	< 10	47	< 10	< 10	< 10
Eisen	mg/l	0,26	0,24	0,16	0,10	0,24	0,17	0,13	0,22
Gelöstes Eisen	mg/l	< 0,01	0,03	0,05	0,04	0,04	< 0,01	0,01	< 0,01
Natrium	mg/l	63	440	35	27	85	50	27	10
Kalium	mg/l	7,5	18,5	4,2	3,7	16,4	4,4	2,6	1,8
Magnesium	mg/l	12,5	25,0	5,9	6,4	11,5	8,0	5,6	5,9
Calcium	mg/l	71	83	32	33	112	86	41	44
Barium	µg/l	12	345	< 50	< 50	20	41	25	28
Kupfer	µg/l	1,9	2,1	2,7	2,4	4,5	2,7	1,7	1,6
Nickel	µg/l	3,0	4,1	3,0	1,6	10,7	1,9	2,8	2,3
Chrom	µg/l	< 1,0	< 1,0	< 1,0	< 1,0	< 1,0	< 1,0	< 1,0	< 1,0
Zink	µg/l	16	12	11	15	60	14	4	5
Blei	µg/l	1,7	0,4	1,1	< 1,0	0,6	0,5	0,2	1,1
Cadmium	µg/l	0,06	0,05	< 0,1	< 0,1	0,10	< 0,1	< 0,1	< 0,1
Chlorid	mg/l	91	515	54	40	180	66	30	15
Sulfat	mg/l	60	95	38	27	85	44	28	34
Fluorid	mg/l	0,13	0,25	0,09	0,08	0,19	0,08	0,08	< 0,05
Polycyclische aromat. Kohlenwasserstoffe	ng/l	5	6	15	4	0	1	1	6
Adsorb. org. geb. Halogene (AOX)	µg/l	10	17	< 10	< 10	13	< 10	8	7
Coliforme Bakterien	1/100 ml	4137	13553	7653	1638	16702	1971	320	4137

Tabelle 19.4: Zielwerte für die Qualität des Ruhrwassers mit Überschreitungen im Jahr 2016
 Table 19.4: Target values for the quality of Ruhr water and exceedings in 2016

Kenngröße		Einheit	AWWR-Zielwert als 90 Perzentil 2005	Zielwert Europäisches Fließgewässer Memorandum 2013	Trinkwasser- Grenzwert (TrinkwV. 2001)	Überschreitungen der Zielwerte AWWR / Eur. Fließgewässer- Memorandum 2016
Cadmium	Cd	µg/l	1	-	5	keine / -
Nickel	Ni	µg/l	10	-	20	keine / -
Ammonium	NH ₄	mg/l	0,6	0,3	0,5	keine / keine
Nitrat	NO ₃	mg/l	25	25	50	Essen (01.08.)
Phosphat gesamt gelöst	PO ₄	mg/l	0,5	-	-	keine / -
Gel. org. geb. Kohlenstoff	DOC	mg/l	5	3	-	keine / -
Tetrachlorethen		µg/l	1	0,1	10 für die Summe aus beiden	keine / keine
Trichlorethen		µg/l	1	0,1		keine / keine
Diethyltrinitrilopentaessigsäure DTPA		µg/l	10	1	-	keine / < 2 ³⁾
Ethylendinitrilotetraessigsäure EDTA		µg/l	10	1	-	Hengstey + Wetter/ ab Hengstey
Nitrilotriessigsäure NTA		µg/l	10	1	-	keine / < 2 ³⁾
PSM ¹⁾		ng/l	50	100	100	keine / keine
Coliforme Bakterien		100 ml ⁻¹	15000 ²⁾	-	0	keine / -
Zusätzlich Parameter ⁴⁾						
Elektrische Leitfähigkeit	LF	µS/cm		700	2170	keine
pH-Wert				7 – 9	6,5 – 9,5	keine
Temperatur	T	°C		25	25	keine
Sauerstoff	O ₂	mg/l		8	-	ca. 5 - 10 %
Chlorid	Cl	mg/l		100	-	keine
Sulfat	SO ₄	mg/l		100	250	keine
Fluorid	F	mg/l		1,0	1,0	keine

¹⁾ Organisch-chemische Stoffe zur Pflanzenbehandlung und Schädlingsbekämpfung.

²⁾ Zielwerte als geometrisches Jahresmittel.

³⁾ Bestimmungsgrenze über dem Zielwert des Fließgewässermemorandums.

⁴⁾ Weitere Parameter des Europäischen Fließgewässermemorandums.

Kommentierung der Ergebnisse 2016

Niederschläge und Abfluss: Im Jahr 2016 lagen die Niederschläge im Einzugsgebiet der Ruhr erneut unterhalb des langjährigen Mittels. Nachdem schon im Jahr 2015 die Niederschläge mit gut 90 % unterhalb des Durchschnittes lagen und damit nach den sehr trockenen Jahren 2014 und 2013 (ca. 75 % bzw. 70 %; DGJ-Seite Ruhrverband) die erwarteten Mengen nicht erreichten, lagen die Niederschläge für 2016 im Ruhreinzugsgebiet mit gut 80 % erneut deutlich unter dem 30-jährigen Mittel. Dabei fielen die höchsten Niederschläge im Sauerland vor allem im Februar zum Ausklang des Winters und erreichten nur noch im Juni die Werte des langjährigen Mittels. In den übrigen Monaten lagen die Regenfälle deutlich unterhalb des Durchschnitts. Entgegen dem langjährigen Trend waren auch zu Beginn des Winters nur sehr niedrige Niederschlagswerte zu verzeichnen (DWD-Daten).

Erwartungsgemäß wirkten sich die Niederschläge entsprechend auf den Abfluss der Ruhr aus: so lag die höchste Abflussspitze mit knapp 450 m³/s am Pegel Hattingen im Februar, erreichte damit aber noch nicht den Hochwasserwarnwert. Auch der mittlere Abfluss lag für diesen Monat über dem 30-jährigen Durchschnitt. Nur im Juni wurde bei der Wasserführung der mittlere Durchschnittswert nochmals erreicht, während in den übrigen Monaten durch die geringen Niederschläge auch nur ein unterdurchschnittlicher Abfluss zu verzeichnen war. Selbst im Spätherbst und Winter wurden unterdurchschnittliche Abflüsse am Pegel Hattingen registriert. Zur Einordnung der Ergebnisse wird der Ruhrabfluss am Pegel Hattingen als ergänzende Information in den Abbildungen 19.9 bis 19.32 mit aufgeführt.

Temperaturen: Die Wassertemperaturen folgten dem normalen Jahresgang der Lufttemperaturen, wiesen aber trotz des geringeren Abflusses gegenüber dem Vorjahr etwas geringere Maximalwerte auf. Die Temperatur blieb aber im gesamten Ruhrverlauf an allen Messstellen unter der 25 °C-Marke (Bild 19.9). Wie auch die Ruhr längsuntersuchungen zeigen, zeigte der Verlauf der Ruhr den üblichen Temperaturanstieg, der sich vor allem in der Sommeruntersuchung bemerkbar machte, während bei den drei weiteren Messungen im Frühjahr, Herbst und Winter nur sehr geringe Temperaturzunahmen nachweisbar waren. (Bild 19.1).

Leitfähigkeit und Salze: Aus dem Bereich der unteren Ruhr (Essen-Kettwig und Mülheim-Styrum) liegen für 2016 keine Daten für die Leitfähigkeit vor. Diese Parameter hängen direkt von den Abflüssen ab und wiesen bei den Untersuchungen im Jahr 2016 im Bereich der oberen und mittleren Ruhr einen entsprechenden Verlauf auf. Vor allem ab der mittleren Ruhr

konnte ein reziproker Verlauf zum Abfluss gezeigt werden, während im oberen Ruhrabschnitt nur geringe Auswirkungen des Abflusses auf die Leitfähigkeit erkennbar waren (Bild 19.10). Die Zunahme der Leitfähigkeit, die aus den zeitdichten Untersuchungen bereits ersichtlich wurde, zeigte sich auch bei der Längsuntersuchung, wobei besonders in der Sommer- und Herbstuntersuchung bei den geringeren Abflüssen ein deutlicher Anstieg im Ruhrverlauf erkennbar war (Bild 19.1).

Neben dem Summenparameter der Leitfähigkeit war auch beim Chlorid ein vergleichbarer Verlauf zu beobachten (Bild 19.26). Allerdings wurde hier im oberen Ruhrbereich im Januar eine deutliche zusätzliche Konzentrationsspitze beobachtet, die sich über mehrere Messstellen erstreckte und mit den Tiefsttemperaturen im Jahr 2016 korrelierte, so dass sie auf einen Eintrag durch Streusalz hindeuten könnte. Im übrigen Jahresverlauf entsprachen die Chloridkonzentrationen weitestgehend den Messungen der Leitfähigkeiten. Die Zunahme der Salzlasten über den Ruhrverlauf wurde neben dem Trend aus der zeitdichten Untersuchung auch bei den Längsuntersuchungen erkennbar. Vor allem in der Sommer- und Herbstuntersuchung wies sie einen deutlichen Anstieg auf. Ab dem Zustrom des Ölbaches trat dabei im Bereich von Bochum die größte Zunahme an Chlorid auf (Bild 19.6). Trotz des geringeren Abflusses als im Vorjahr lagen die Sommermittel für Chlorid nicht über den Werten von 2015.

In den Längsuntersuchungen wurden weitere Salze untersucht (Natrium, Kalium, Calcium, Magnesium, Barium, Sulfat), für die meist ein vergleichbarer Konzentrationsverlauf zu Chlorid nachgewiesen wurde (Bilder 19.5, 19.6).

Trübung: Durch die Mobilisierung von Sedimenten ist auch für die Trübung eine enge Korrelation zu den Ruhrabflüssen feststellbar. Bei der zeitdichten Untersuchung durch die Versorger und den Ruhrverband wurde dies besonders bei einer häufigen Probenahme auch in 2016 wiedergefunden. So konnte sowohl im oberen Ruhrabschnitt als auch in Essen eine enge Korrelation mit den in Hattingen nachgewiesenen Abflusswerten besonders für den Übergang von Januar zum Februar nachgewiesen werden (Bild 19.12). Für die weiteren Messstationen trat durch die seltenere Probenahme der Zusammenhang nur abgeschwächt auf. Bei der Probenahme wurden auch die maximalen Trübungen gemessen, während an den übrigen Messstellen nur relativ niedrige Trübungen nachgewiesen wurden.

Durch die niedrigen Abflüsse während der Längsuntersuchungen im Frühjahr, Sommer und Herbst wurden in der Ruhr über den gesamten beobachteten Verlauf niedrige Messwerte für die Trübung ermittelt. Nur in der Untersuchung im Winter wurden bei höheren Abflüssen in der mittleren Ruhr auch erhöhte Werte nachgewiesen (Bild 19.1). Vor allem im Bereich von Wetter wurde eine Trübungsspitze gefunden, die auf einem kurzzeitigen Trübungsereignis beruht, da weder im Oberlauf noch im Unterlauf diese Werte bestätigt wurden. Für die Trübungswelle dürfte deshalb ein lokales Ereignis ursächlich sein.

Chlorophyll, Sauerstoff und pH-Werte: Bei den Chlorophyll a-Gehalten konnten größere Änderungen im Jahresverlauf nur an Messstellen hinter Ruhrstaubereichen nachgewiesen werden (Bild 19.13), während in den oberstromigen Probestellen keine deutliche Entwicklung der Algen als Primärproduzenten nachweisbar war. Die jahreszeitlichen Maxima lagen an der mittleren und unteren Ruhr im Frühjahr zwischen März und Mai. Eine bedeutende Entwicklung trat ab Hagen an der Messstelle Hengstey auf. Im weiteren Jahresverlauf waren ab Juni keine erhöhten Chlorophyllkonzentrationen mehr nachweisbar. Die höchsten Werte konnten für Chlorophyll a am Hengsteysee und in Essen gemessen werden.

Bei den Ruhrlängsuntersuchungen konnten die in der zeitdichten Untersuchung gefundenen Spitzenwerte nicht bestätigt werden, da die Messungen vom 7. bis zum 9. März offensichtlich zu Beginn des Algenwachstums vorgenommen wurden. Vor allem im Frühjahr konnte für den Ruhrverlauf eine Chlorophyllzunahme nachgewiesen, während in der Sommeruntersuchung nur niedrige Konzentrationen über den gesamten Ruhrverlauf auftraten (Bild 19.1). Insgesamt wiesen die gemessenen Werte für Chlorophyll aber bei allen Untersuchungsreihen nur eine geringe Endkonzentration auf, die unter der des Vorjahres lag und auf ein geringes Algenwachstum hindeuten.

Abhängig vom Algenwachstum sind weitere Parameter, die durch die Photosynthese während der Algenblüte beeinflusst werden. So wird das gelöste Kohlendioxid / Kohlensäure gezehrt, dadurch der pH-Wert angehoben und zusätzlich Sauerstoff freigesetzt. Im zurückliegenden Jahr konnten keine sekundären Effekte des Algenwachstums in der Ruhr festgestellt werden. Die zeitdichten Untersuchungen wiesen durchweg gute Sauerstoffkonzentrationen auf, die im Frühjahr an der Sättigungsgrenze lagen (Bild 19.15). Im weiteren Jahresverlauf fielen die Gehalte etwas ab. Dies dürfte aber vor allem an der Löslichkeit des Gases auf Grund der steigenden Wassertemperaturen basieren. Die Sauerstoffkonzentrationen lagen zu jeder Zeit auf einem Niveau, eine gute Versorgung auch für Fische sicherzustellen. Auch nach der Algenblüte

wurde keine verstärkte Sauerstoffzehrung nachgewiesen, die durch den Abbau der zuvor gebildeten Biomasse aus der Algenblüte in vorangehenden Jahren auftrat. Auch die pH-Werte wiesen keine vom Algenwachstum abhängigen Veränderungen im Jahresgang auf. Die Messungen wiesen einen leicht basischen pH-Wert nach, der mit üblichen Schwankungen auf der durchschnittlichen Höhe lag (Bild 19.11).

In den Längsuntersuchungen wurde für die Sauerstoffkonzentration im Sommer ein leichter Rückgang im Ruhrverlauf nachgewiesen, der mit den höheren Wassertemperaturen und der abhängigen Löslichkeit des Gases zusammenhängt. Auch in den Längsuntersuchungen wurden Sauerstoffkonzentrationen in der Ruhr mit ausreichender Versorgung für Fische nachgewiesen (Bild 19.2). Bei den pH-Werten wurde nur in der Längsuntersuchung des Sommers im August im Ruhrverlauf ein geringer Rückgang der Werte gemessen, der allerdings mit dem Wachstum der pelagischen Algen nicht korrelierte, sondern auch auf der Löslichkeit des Kohlendioxids beruhen dürfte (Bild 19.1).

Nährstoffe, UV-Absorption und gebundener Kohlenstoff: Während des Wachstums von Primärproduzenten, den Algen, werden dem Gewässer Nährstoffe entzogen, die neben dem Kohlendioxid zum Aufbau der Zellsubstanz dienen. Als wichtigste Nährstoffe sind die Makroelemente Stickstoff und Phosphat für eine Algenentwicklung notwendig und sollten in der Ruhr während dieser Wachstumsphase in reduzierten Konzentrationen vorliegen. Für das Phosphat war die niedrigste Konzentration 2016 in der Phase des Algenwachstums nachweisbar (Bild 19.21), allerdings traten nur sehr geringe Konzentrationsunterschiede auf. Dagegen wurde für Nitrat, der hauptsächlich Stickstoffverbindung, nach den hohen Konzentrationen im Frühjahr eine Abnahme über den gesamten Jahresverlauf bis zum Ende des Sommers gemessen. Die nachgewiesenen Nitratgehalte dürften im Frühjahr durch Düngemaßnahmen, im Spätsommer und Herbst dagegen durch die Freisetzung aus dem Ackerbau nach der Vegetation verursacht werden und damit mögliche Effekte durch die Ökologie im Gewässer überdecken, so dass keine Korrelation mit dem Wachstum von pelagischen Algen nachgewiesen werden kann (Bild 19.20).

In den Längsuntersuchungen konnten, wahrscheinlich auf Grund der geringen Biomasseproduktion im Frühjahr, keine Abhängigkeiten des Phosphatgehaltes vom Algenwachstum festgestellt werden. Auch beim Nitrat waren neben einer leichten Konzentrationszunahme im Verlauf der Ruhr durch die zunehmenden Einträge keine lokalen Effekte auf die Konzentration

onen durch das Algenwachstum nachweisbar. Durch die Freisetzung nach der Vegetationszeit waren vor allem bei den Untersuchungen im Herbst und Winter höhere Konzentrationen für Nitrat messbar (Bild 19.3).

Die weiteren Stickstoffkomponenten Nitrit und Ammonium wurden in den Ruhrlängsuntersuchungen, das Ammonium auch in der zeitdichten Untersuchung gemessen. Primär wird vor allem das Ammonium beim Abbau von Biomasse freigesetzt. Bei der weiteren aeroben Umsetzung wird es anschließend zu Nitrit und im Weiteren zu Nitrat oxidiert. Dieser oxidative Abbau erfolgt in den Kläranlagen bei einer vollständigen Klärung mit den entsprechenden Verweilzeiten und geeigneten Temperaturen. Entsprechend ist mit Ammonium vor allem in der kalten Jahreszeit oder bei sehr hohem Durchfluss nach lokalen Niederschlagsereignissen zu rechnen. Entsprechende lokale Effekte konnten in der zeitdichten Untersuchung mit einmaligen Konzentrationsspitzen gezeigt werden (Bild 19.19). Aber auch der jahreszeitliche Einfluss war bei den Längsuntersuchungen während der kalten Jahreszeit in der Winter- und Frühjahruntersuchung mit höheren Gehalten nachweisbar (Bild 19.3). Konzentrationsspitzen von Ammonium in der Sommeruntersuchung weisen allein auf lokale Einträge hin, die z.B. nach begrenzten Regenereignissen bei einem erhöhten Zustrom und unvollständiger Klärung auftreten können. Für die genauere Analyse wäre aber eine lokale Situationsbetrachtung notwendig, für die die Daten an dieser Stelle nicht zur Verfügung stehen. Als weitere Stickstoffkomponente wurde das Nitrit in der Längsuntersuchung gemessen (Bild 19.3); hier waren nur geringe Konzentrationen nachweisbar. Meist lagen die Ergebnisse unter der Bestimmungsgrenze.

Nach der Biomassebildung durch Algen als Primärproduzenten kann auch der gelöste organische Kohlenstoff (DOC) durch den Abbau freigesetzt werden. Dieser Parameter wurde sowohl in der zeitdichten als auch in der Längsuntersuchung gemessen. In der zeitdichten Untersuchung trat im jahreszeitlichen Verlauf ein nahezu ausgeglichener Gehalt auf. Die niedrigsten Werte konnten zu Jahresbeginn gezeigt werden, während im weiteren Jahr minimal ansteigende Werte festzustellen waren (Bild 19.16). Ein Zusammenhang mit dem Algenwachstum ließ sich deshalb nicht ziehen.

Für den Parameter DOC wurden kurzzeitige Schwankungen gemessen, die auf örtlich begrenzte Ereignisse zurückzuführen sein dürften. Bei den Zielwerten der AWWR wurde keine Überschreitung im 90er-Perzentil festgestellt, allerdings lag ein Wert im Maximum über dieser Grenze. Für die Ziele des Fließgewässermemorandums werden jedoch die Maximalwerte gewertet und dies bei einer deutlich abgesenkten Höhe. Dadurch werden durch die Schwankungen an fast allen Messstellen die Zielwerte erreicht oder überschritten. Bei der Betrachtung

der 90er-Perzentile wurde dieser neue Zielwert allerdings nur an einem Probenort überschritten und an einem weiteren erreicht. Dies weist auf die hohen Schwankungsbreite hin, der die DOC-Werte in der Ruhr unterliegen.

Bei der UV-Adsorption wurde ein paralleler Verlauf zum DOC bestimmt (Bild 19.17) und als weiterer Summenparameter für die Kohlenstoffe genutzt. Die Schwankungsbreiten dieses Parameters liegen noch über den Schwankungen für den DOC, da die UV-Messung deutlich sensibler die Kohlenstoffverbindungen erfasst.

Beide Parameter wiesen auch in der Längsuntersuchung einen vergleichbaren Verlauf auf. Auch hier waren bei der UV-Messung größere Unterschiede festzustellen. Wie im Vorjahr fiel in den Längsuntersuchungen für beide Parameter ein deutlicher Anstieg an der Probenstelle Echthausen auf (Bild 19.2), der früher nicht gemessen werden konnte. Die Ursache des Anstiegs könnte im Zustrom aus den Nebengewässer Möhne oder einem anderen Zufluss verursacht werden. Auf Grund des wiederholten Anstiegs im zweiten Jahr in Folge scheint eine Ursachenermittlung angeraten.

Metalle: Die Metalluntersuchungen wurden in den Laboren mit unterschiedlichen Bestimmungsgrenzen vorgenommen. Dadurch konnte nicht an jeder Probestelle ein durchgängiger Verlauf nachgewiesen werden. Die zeitlich dichtesten Untersuchungen mit den niedrigeren Bestimmungsgrenzen wurden vom Ruhrverband an der Messstelle Essen-Rellinghausen vorgenommen.

Für die Schwermetalle Cadmium, Chrom und Nickel wurden an allen Messstellen mit höheren Bestimmungsgrenzen Werte in Höhe der Bestimmungsgrenzen oder darunter gemessen. So konnten für Cadmium (BG 0,10 – 0,30 µg/L) keine Werte ermittelt werden, nur mit einer niedrigeren Bestimmungsgrenze von 0,01 µg/L wurde in Essen ein Verlauf nachgewiesen, der den Abflüssen folgte und im Februar einen Spitzenwert bei maximalem Abfluss erzielte, bei einem Medianwert von nur 0,04 µg/L (Bild 19.22). Auch für Chrom wurden bei den höheren Bestimmungsgrenzen (BG 1,0 – 2,0 µg/L) keine messbaren Werte gefunden. Mit der niedrigen Nachweisgrenze von 0,5 µg/L konnte dagegen ein Verlauf in Essen nachgewiesen werden, der auch mit den Abflüssen korrelierte. Hier wurde im Februar das Maximum bestimmt. Im Mittel lagen aber auch hier die Konzentrationen aber unter der Bestimmungsgrenze

von 0,5 µg/L (Bild 19.23). Ein vergleichbares Bild wurde für Nickel erhalten, das im Bereich der oberen Ruhr unterhalb der Bestimmungsgrenze lag, während in der unteren Ruhr die Bestimmungsgrenze von 2,0 µg/L erreicht wurde (Bild 19.24). Eine detailliertere Analyse lässt sich aus der zeitdichten Untersuchung mit niedriger Nachweisgrenze in Essen ablesen. Neben einer Korrelation mit dem Abfluss waren hier am Jahresende eine Anzahl von auffälligen Konzentrationsspitzen festgestellt worden, für die es keinen offensichtlichen Hintergrund gibt. Für Mangan konnte auf Grund der höheren Gehalte stets ein Verlauf bestimmt werden (Bild 19.25). Allerdings liegen hier nur Werte im Bereich der oberen und mittleren Ruhr vor. Dort stiegen die Konzentrationen im Ruhrverlauf leicht an. Auffällig waren beim Mangan hohe Gehalte am Abfluss des Hengsteysees, die zusätzlich noch stark schwankten.

Aus den vier Längsuntersuchungen konnten die vorgenannten Beobachtungen bestätigt werden (Bild 19.4): Für Cadmium und Chrom wurden im Längsprofil Werte unter oder an der Bestimmungsgrenze gemessen. Bei Nickel konnte eine leichte Zunahme über den Ruhrverlauf gezeigt werden, wobei der Einfluss des Abflusses und eine Remobilisierung durch die unterschiedlichen Niveaus der Untersuchungen zu Tage traten. Hinter dem Zustrom der Möhne wurde wie in den letzten Jahren ein Anstieg beobachtet, der allerdings in den Untersuchungen 2016 nicht so prägnant auftrat, wie in den Vorjahren. Für das gelöste Mangan wurde in der Winter- und Frühjahrmessung eine deutliche Zunahme im Verlauf der Ruhr nachgewiesen, wobei der höchste Wert hinter dem Hengsteysee auftrat und damit den Beobachtungen aus der zeitdichten Untersuchung entsprach (Bild 19.5). In der Herbstmessung wurde nahezu über die gesamte Ruhr kein Mangan nachgewiesen, mit Ausnahme des Spitzenwertes in Essen. Der stark reduzierte Gehalt an Mangan in der Herbstmessung sollte in den nächsten Untersuchungen überprüft werden. Bei den Längsuntersuchungen wurden noch weitere Metalle wie Kupfer, Blei, Zink und Eisen erfasst (Bild 19.4 und 19.5). Wie in den Voruntersuchungen traten für Zink die maximalen Werte in der oberen Ruhr auf, die aus dem geogenen Ursprung im Bereich des Sauerlandes herrühren dürften (Bild 19.5).

Anthropogene Spurenstoffe: Diese Stoffklasse wird nur mit wenigen Parametern im Rahmen der zeitdichten und Längsuntersuchung beobachtet. Detailliert bearbeitet werden die Spurenstoffe im gesonderten Monitoring und in diesem Ruhrgüterbericht berichtet (s. Kapitel 15).

Als Summenparameter können die organischen Halogenverbindungen durch den AOX-Gehalt (adsorbierbare-organische-Halogene) erfasst werden. Auch für diesen Parameter wurden unterschiedliche Bestimmungsgrenzen an den Messstellen angewendet, dies aber auch nur an der oberen und mittleren Ruhr. An den Probenahmestellen mit den höheren Bestimmungsgrenzen (10 µg/L) wurden überwiegend Werte unterhalb dieser Konzentration nachgewiesen (Bild 19.27). Vereinzelt Ausreißer oberhalb der Bestimmungsgrenze lagen vor allem am Oberlauf. An der Messstelle des Ruhrverbandes in Essen wurde auch beim AOX eine niedrigere Bestimmungsgrenze (5 µg/L) verwendet. Durch die dabei erhaltenen Werte, die bei einem 90er-Perzentil die Bestimmungsgrenze der übrigen Messungen erreichten, konnten Konzentrationsschwankungen detailliert nachgewiesen werden. Höhere AOX-Werte traten hier vor allem in den Sommermonaten auf, wobei die Mittelwerte sowohl im Winter als auch im Sommer stets unterhalb von 10 µg/L blieben. Die vor allem im Sommer vermehrt auftretenden AOX-Konzentrationen könnten durch die niedrigen Abflüsse bedingt sein. Auch aus den Längsuntersuchungen konnte dieser Effekt der Konzentrationsniveaus durch die unterschiedlichen Abflüsse abgelesen werden (Bild 19.7).

In die Untersuchungen sind die kurzkettingen Chlorkohlenwasserstoffe Tetrachlorethen (Bild 19.28) und Trichlorethen (Bild 19.29) eingeschlossen. Auch hier wurden verschiedene Bestimmungsgrenzen angewendet. Durchgängige Messreihen mit maximal 54 Proben lagen nur für die obere und mittlere Ruhr vor. Bei den Messungen wurde das Tetrachlorethen mit zwei Ausreißern und das Trichlorethen durchgängig unterhalb der Bestimmungsgrenze gemessen. Mit der niedrigen Bestimmungsgrenze wurde in Essen nur im Januar untersucht. Auch hier lagen die Werte unterhalb der Bestimmungsgrenze.

Als auffälligste Komponente bei den Untersuchungen für anthropogene Spurenstoffe hatten sich in den letzten Jahren die Komplexbildner herausgestellt, von denen drei Komponenten untersucht wurden. Als ein Komplexbildner wurde das NTA gemessen, das auf Grund seiner Abbaubarkeit bereits in den vergangenen Jahren selten oder gar nicht nachweisbar war (Bild 19.32). Hinter der Eintragsstelle der Komplexbildner an der Mündung der Lenne wurde in den Vorjahren dagegen das DTPA als hauptsächlichem Komplexbildner nachgewiesen. Nach den Rückgängen der DTPA-Konzentrationen in den letzten Jahren wurde im vergangenen Jahr das DTPA mit erneut geringeren Konzentrationen beobachtet, so dass sie auch direkt hinter dem Eintrag unterhalb der Bestimmungsgrenze von 2 µg/L lag. Im weiteren Verlauf wurden sogar die niedrigeren Bestimmungsgrenzen von 1 µg/L nur in Essen einmalig minimal überschritten. Bei den Ruhrlängsuntersuchungen im Früh-

jahr und Herbst, bei denen auch die Bestimmungsgrenze von 1 µg/L angewendet wurde, konnte dieser Komplexbildner nicht nachgewiesen werden (Bild 19.30).

Im weiteren Verlauf der Ruhr kann das DTPA im Gewässer zu EDTA umgewandelt werden. Damit stellt EDTA den am längsten persistierenden dritten Komplexbildner dar, der im Ruhrverlauf meist nachweisbar bleibt. Da EDTA nicht nur aus dem Abbau von z.B. DTPA herrührt, sondern auch durch den direkten Eintrag in der Ruhr vorliegt, ergibt sich aus der DTPA-Punktbelastung an der Lennemündung ggf. ein Konzentrationsprung. Aus diffussem Eintrag oder als Produkt aus DTPA war das EDTA über den gesamten Verlauf der Ruhr nachweisbar (Bild 19.31). Im Verlauf oberhalb der Lennemündung lag, wie in den Vorjahren, die Grundbelastung abhängig von der Wasserführung mit 2 bis 3 µg/L im Mittel vor, wenn man einen einmaligen Ausreißer an der Messstelle Hengsen unberücksichtigt lässt. Der Ausreißer wurde im Labor nochmals validiert und bestätigt, wird aber in dieser Diskussion nicht weiter bewertet.

Auf Grund der niedrigen Wasserführung lagen die Mittelwerte oberhalb der Lenne im Jahr 2016 gegenüber 2015 etwas höher (2,1, 2,6 und 3,4 µg/L). Mit dem Zustrom der Lenne erfolgte ein Konzentrationsprung, der aber nicht die Höhe des Vorjahres erreichte. Insgesamt war somit ein reduzierter Eintrag von Komplexbildnern durch den punktuellen Eintrag festzustellen. Die erhöhten Mittelwerte ließen sich im weiteren Verlauf der Ruhr bis Witten nachweisen, im unteren Ruhrabschnitt lagen die Mittelwerte wieder auf einem reduzierten Niveau.

Auch in den Längsuntersuchungen wurde diese Entwicklung und der Einleitungspunkt für die Komplexbildner bestätigt (Bild 19.7). In allen vier Messkampagnen wurde ein Konzentrationsprung hinter der Lenne nachgewiesen.

Trotz des offensichtlichen Rückgangs trat bei den Komplexbildnerlasten bei EDTA eine Überschreitung des AWWR-Zielwertes an der Messstelle Hengstey auf, in der Ruhr längsuntersuchung auch an der Messstelle Wetter. Ebenfalls deutlich erhöht waren die Werte der Ruhr in Witten, erreichen aber nicht mehr die AWWR-Zielwerte. Bei einer Bewertung auf der Basis des Fließgewässermemorandums wurde für EDTA an allen Messstellen eine Überschreitung gefunden, da bei einer Grundlast durch diffusen Eintrag von 2 - 3 µg/L an jeder Stelle der Maximalwert oberhalb von 1 µg/L liegt. Bei den beiden anderen

Komplexbildnern NTA und DTPA konnte auf Grund der hohen Bestimmungsgrenze an einigen Probestellen keine Beurteilung nach Fließgewässermemorandum vorgenommen werden. Bei den übrigen Messstellen wurde der Zielwert des Memorandums zum Teil im Maximum ebenfalls überschritten. Sowohl bei einer Bewertung nach den AWWR-Zielwerten als auch nach dem Memorandum bleibt diese Stoffgruppe auf Grund der Punkteinleitung im weiteren Ruhrverlauf mit einer Überschreitung der Zielwerte auffällig (Tabelle 19.2).

Die Konzentrationen an Komplexbildnern nach der Punkteinleitung an der Lennemündung hatten weitere Effekte: so waren sie wahrscheinlich Auslöser für die erhöhten Metallbelastungen nach der Einleitung an der Lenne, wie dies bei der Längsuntersuchung für Eisen und Mangan nachgewiesen wurde (Bild 19.5).

Bei der Untersuchung auf Pflanzenschutzmittel (PSM) waren auch 2016 erneut nur vereinzelt Wirkstoffe nachweisbar (Tabelle 19.5). Auf Grund der niedrigen Nachweiszahlen spielen die PSM für die Wassergüte in der Ruhr weiterhin eher eine Nebenrolle. Gegenüber 2015 waren minimal höhere Zahlen festzustellen; dies dürfte vor allem durch die geringe Wasserführung bedingt sein. Zwei Stoffe wurden nur einmalig gemessen: 2,4-Dichlorphenoxyessigsäure (2,4-D) und ein photolytisch gebildeter Metabolit von Terbutylazin, das Desethylterbutylazin. Neben dem Wirkstoff Terbutylazin trat erneut der Wirkstoff MCPA am häufigsten in 3,7 % der Proben auf, der neben der landwirtschaftlichen Nutzung auch im Gartenbau weit verbreitet eingesetzt wird. Weiterhin konnten Isoproturon und Metolachlor nachgewiesen werden. Bei den Messungen wurden nie Konzentrationen oberhalb der 0,1 µg/L-Grenze bestimmt. Nur das MCPA wurde in 2 Proben (2 Prozent) oberhalb der Hälfte des Grenzwertes nachgewiesen.

Gewässerhygiene: Der hygienische Zustand wird in der Ruhrüberwachung durch die Untersuchung der coliformen Bakterien ermittelt (Bild 19.14). Charakteristisch für die coliformen Bakterien sind die hohen Schwankungsbreiten, die durch lokale Ereignisse in den Einzugsgebieten der Kläranlagen oder Nebengewässer bedingt sind. Aufgrund von niedrigen Niederschlägen in 2016 und den daraus sich ergebenden geringeren Abflüssen traten im zurückliegenden Jahr in den zeitdichten Untersuchungen deutlich niedrigere Spitzenbelastungen auf (Bild 19.14). Die Spitzenwerte der coliformen Bakterien wurden zum Jahresbeginn in der oberen und mittleren Ruhr nachgewiesen. Vereinzelt Spitzen wurden daneben im übrigen Jahr zu unterschiedlichen Zeitpunkten nachgewiesen, die auf lokalen Ereignissen beruhen. Wie in den Vorjahren wurden an der unteren Ruhr dagegen sehr ausgeglichene bakteriologische Messwerte ermittelt.

Entsprechend der niedrigen bakteriologischen Zahlen wurde der auf dem Geomittelwert beruhende AWWR-Zielwert von 15.000 KBE/100mL auch in diesem Jahr nicht überschritten. Die im Frühjahr und Herbst vorgenommenen Längsuntersuchungen zeigten ebenfalls weitgehend ausgeglichene Bakterienzahlen (Bild 19.1). Nur im Frühjahr war an der Mündung der Volme ein erhöhter Wert zu finden, wobei auch hier kein Spitzenwert über dem AWWR-Zielwert gemessen wurde. Im Fließgewässermemorandum wird dagegen kein Zielwert für die coliformen Bakterien vorgegeben, so dass keine Bewertung hierüber vorgenommen werden kann.

Nebengewässer: Der Ruhrverband untersucht neben der Ruhr auch die wichtigsten Nebengewässer. Die Ergebnisse aus 4 Untersuchungen werden als Mittelwerte in der Tabelle 19.4 zusammengefasst. Ausgesuchte Parameter aus den Analysen der Nebengewässer werden im Bild 19.8 mit den Messwerten der Ruhr an den Mündungsstellen verglichen, so dass die zusätzliche Belastung durch die als Vorfluter fungierenden Bäche für die Ruhr abgeschätzt werden kann.

Wie aus der Tabelle 19.4 hervorgeht, liegen besonders hohe Belastungen bei den Nebengewässern Baarbach und besonders dem Ölbach vor. Daneben sind zum Teil auch erhöhte Werte für einzelne Analyten in weiteren Zuflüssen aufgetreten. Erhöhte Konzentrationen bei den Leitfähigkeiten wurden zusätzlich in der Hönne und dem Rinderbach gemessen, die auf eine erhöhte Salzfracht zurückzuführen sind. Neben dem Salz (Natrium, Magnesium, Chlorid) werden hier aber auch Nitrat und Metalle der Ruhr zugeleitet. Die höchsten Belastungen wiesen die Wässer aus dem Ölbach und dem Baarbach auf, die bei den meisten analysierten Parametern deutlich erhöhte Werte beinhalten. In beiden Gewässern lagen hohe Lasten bei den Abwasserparametern CSB, DOC, AOX und Fluorid vor. Insgesamt wies der Ölbach den 10-fachen Wert für die Leitfähigkeit auf, was zum Teil durch die Salzlasten und die Metalle verursacht wird. Zusätzlich zu den anorganischen chemischen Parametern sind beide Bäche aber auch mit Industriechemikalien belastet. Zusätzlich fielen in beiden Gewässern auch bei dem bakteriologischen Parameter coliforme Bakterien hohe Zahlen auf. Hier lagen bei den Mittelwerten der Ölbach knapp unter dem AWWR-Zielwert, der Baarbach überstieg diesen sogar. Der Baarbach als kleines Nebengewässer wird durch die Schwerpunktkläranlage belastet, die sich bei der Größe der Vorflut besonders stark auswirkt.

In Bild 19.8 wird die Belastung der Nebengewässer mit den in der Ruhr vorliegenden Konzentrationen verglichen; deutlich wird hier die große Belastung bei der Leitfähigkeit beim Ölbach, aber auch der chemische Sauerstoffbedarf ist hier am höchsten. Beide Gewässer, Ölbach und Baarbach, weisen auch bei den coliformen Bakterien die höchsten Belastungen auf. Bei den polycyclischen Aromaten (PAK) fällt bei dieser Darstellung aber auch die Volme mit erhöhten Konzentrationen auf.

Der Eintrag der Komplexbildner wird nicht durch diese Messungen an der Lenne erfasst, da sich die Messstelle nicht im

Mündungsbereich befindet, sondern deutlich oberhalb (2,74 km oberhalb der Mündung, Tab. 19.1). Gemessen werden die Belastungen erst am Ausgang des Hengsteysees, also nach der Vermischung mit dem Wasser der Ruhr in der Stauhaltung. Dagegen wird durch die Hönne eine deutlich erhöhte Konzentration an EDTA emittiert.

Zusammenfassung

Nachdem im Jahr 2015 die Niederschläge geringfügig unter dem Mittel gelegen hatten, musste 2016 erneut als ein sehr trockenes Jahr ausgewiesen werden. Dadurch waren im Jahresverlauf nur wenige Spitzen bei den Abflüssen feststellbar, die in der Wintersaison des frühen Jahres lagen.

Bei den Messungen wurde meist nur eine geringe Belastung der Ruhr für die untersuchten Parameter nachgewiesen. Bei dem punktuellen Eintrag von Komplexbildnern aus der Industrie in Hagen ließ sich nach dem weiteren Rückgang nur noch das EDTA nachweisen. Trotzdem wurde der hohe Zielwert der AWWR bei EDTA an der abstromig liegenden Messstelle, dem Auslauf des Hengsteysees, überschritten. Eine weitere Reduktion wäre notwendig, besonders vor dem Hintergrund der niedrigeren Zielwerte durch das Fließgewässermemorandum.

Die Untersuchungen der Nebengewässer wiesen erneut für einige Bäche einen hohen Eintrag in die Ruhr nach. Diese zusätzliche Belastung für die Ruhr muss deshalb weiter beobachtet werden, um das Ziel einer Qualitätsverbesserung für das Gewässer, die laut Wasserrahmenrichtlinie angestrebt werden muss, erreichen zu können.



Bild 19.1: Die Wasserbeschaffenheit der Ruhr nach Analysen des AWWR-Ausschusses „Wassergüte“
 Fig. 19.1: Water condition of the Ruhr according to analyses of the AWWR water quality committee

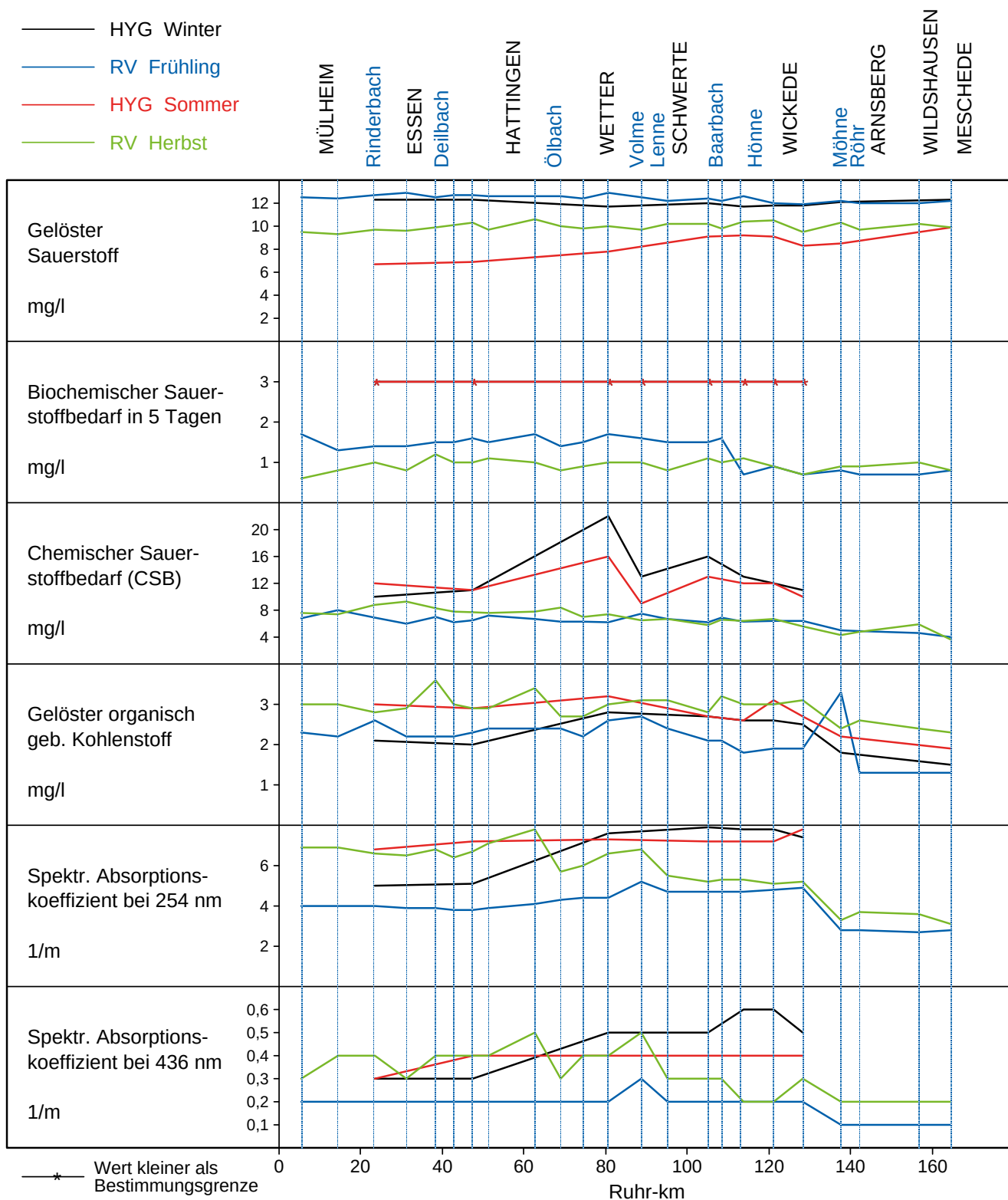


Bild 19.2: Die Wasserbeschaffenheit der Ruhr nach Analysen des AWWR-Ausschusses „Wassergüte“
 Fig. 19.2: Water condition of the Ruhr according to analyses of the AWWR water quality committee



Bild 19.3: Die Wasserbeschaffenheit der Ruhr nach Analysen des AWWR-Ausschusses „Wassergüte“
 Fig. 19.3: Water condition of the Ruhr according to analyses of the AWWR water quality committee

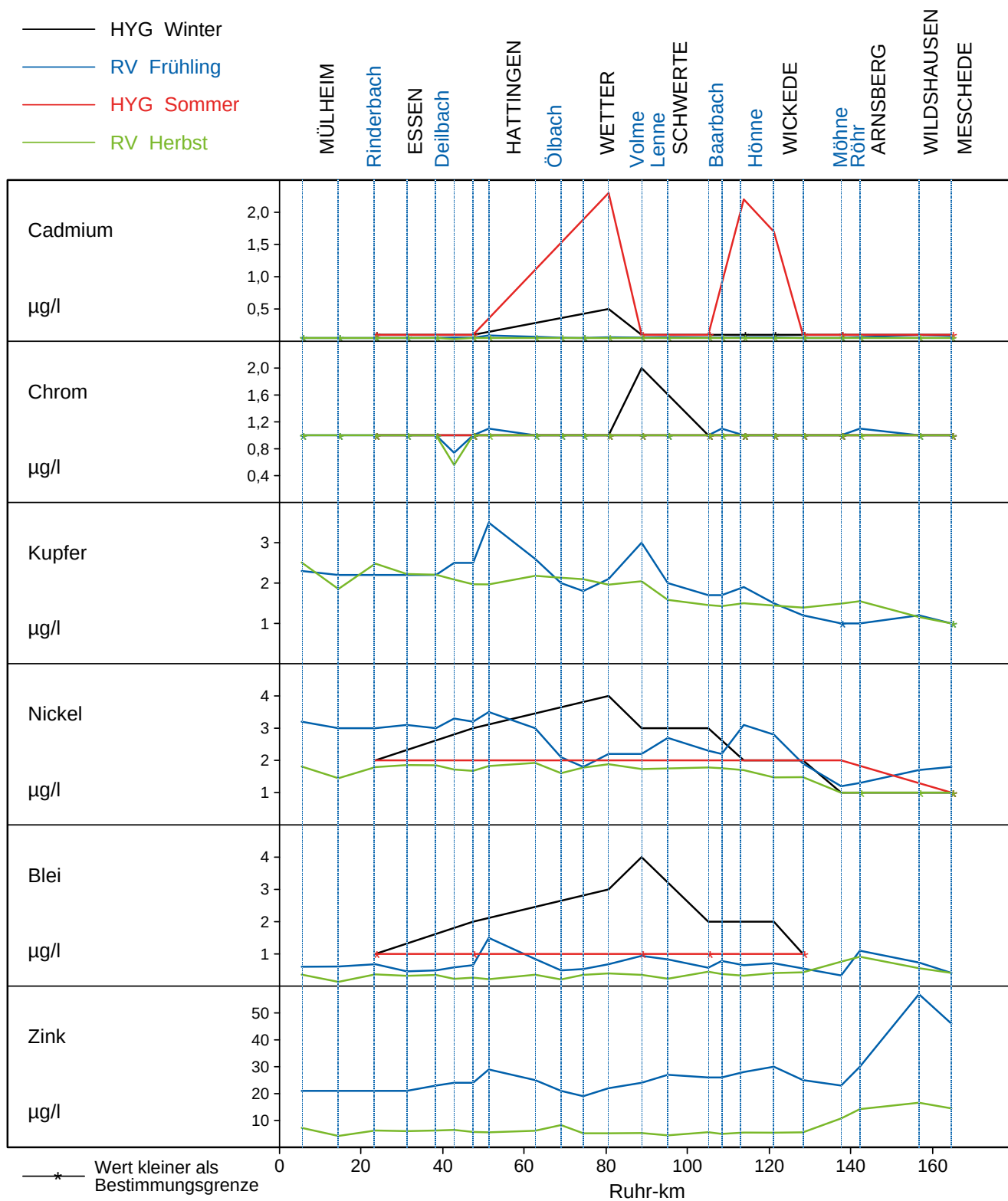


Bild 19.4: Die Wasserbeschaffenheit der Ruhr nach Analysen des AWWR-Ausschusses „Wassergüte“
 Fig. 19.4: Water condition of the Ruhr according to analyses of the AWWR water quality committee

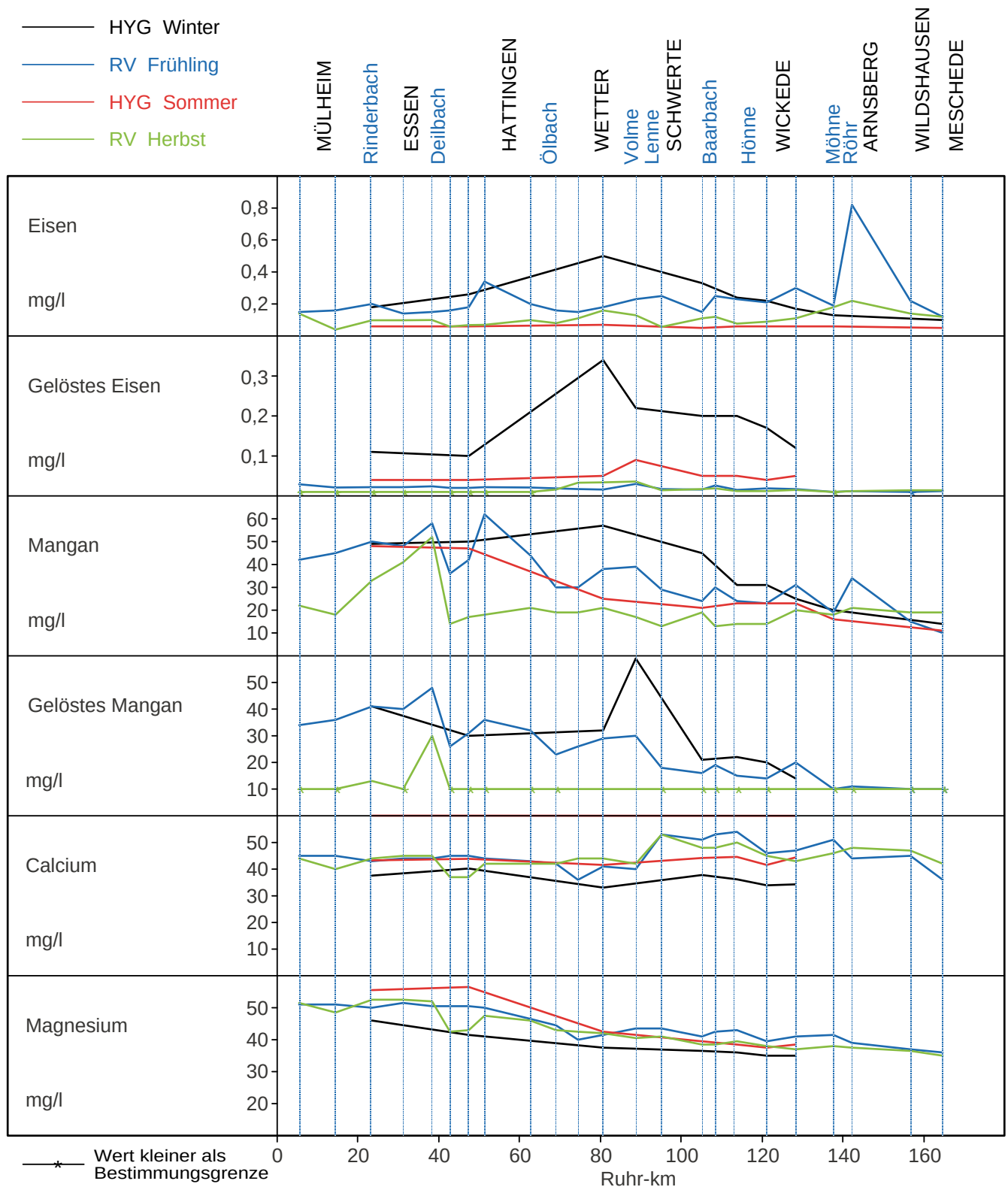


Bild 19.5: Die Wasserbeschaffenheit der Ruhr nach Analysen des AWWR-Ausschusses „Wassergüte“
 Fig. 19.5: Water condition of the Ruhr according to analyses of the AWWR water quality committee

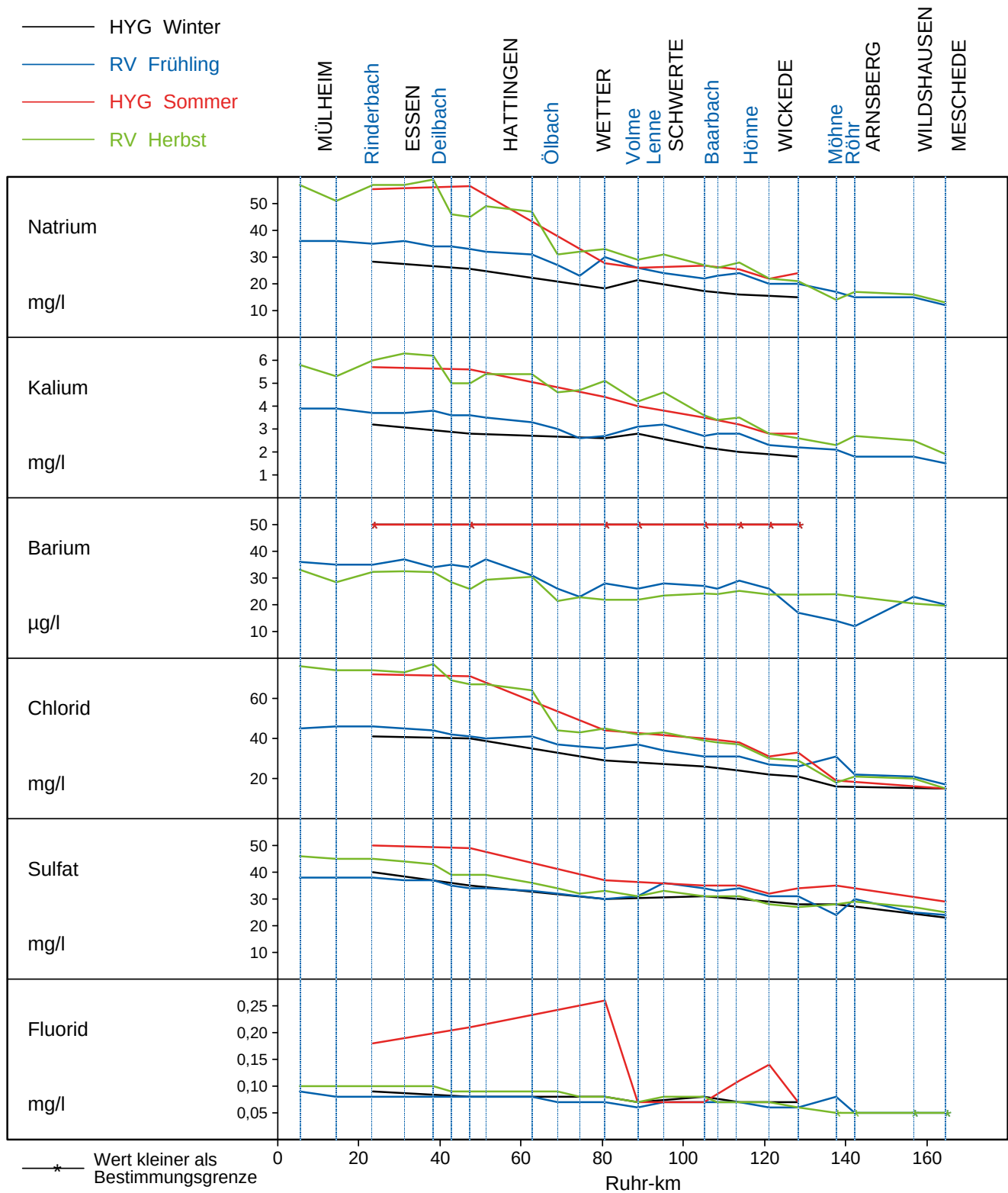


Bild 19.6: Die Wasserbeschaffenheit der Ruhr nach Analysen des AWWR-Ausschusses „Wassergüte“
 Fig. 19.6: Water condition of the Ruhr according to analyses of the AWWR water quality committee

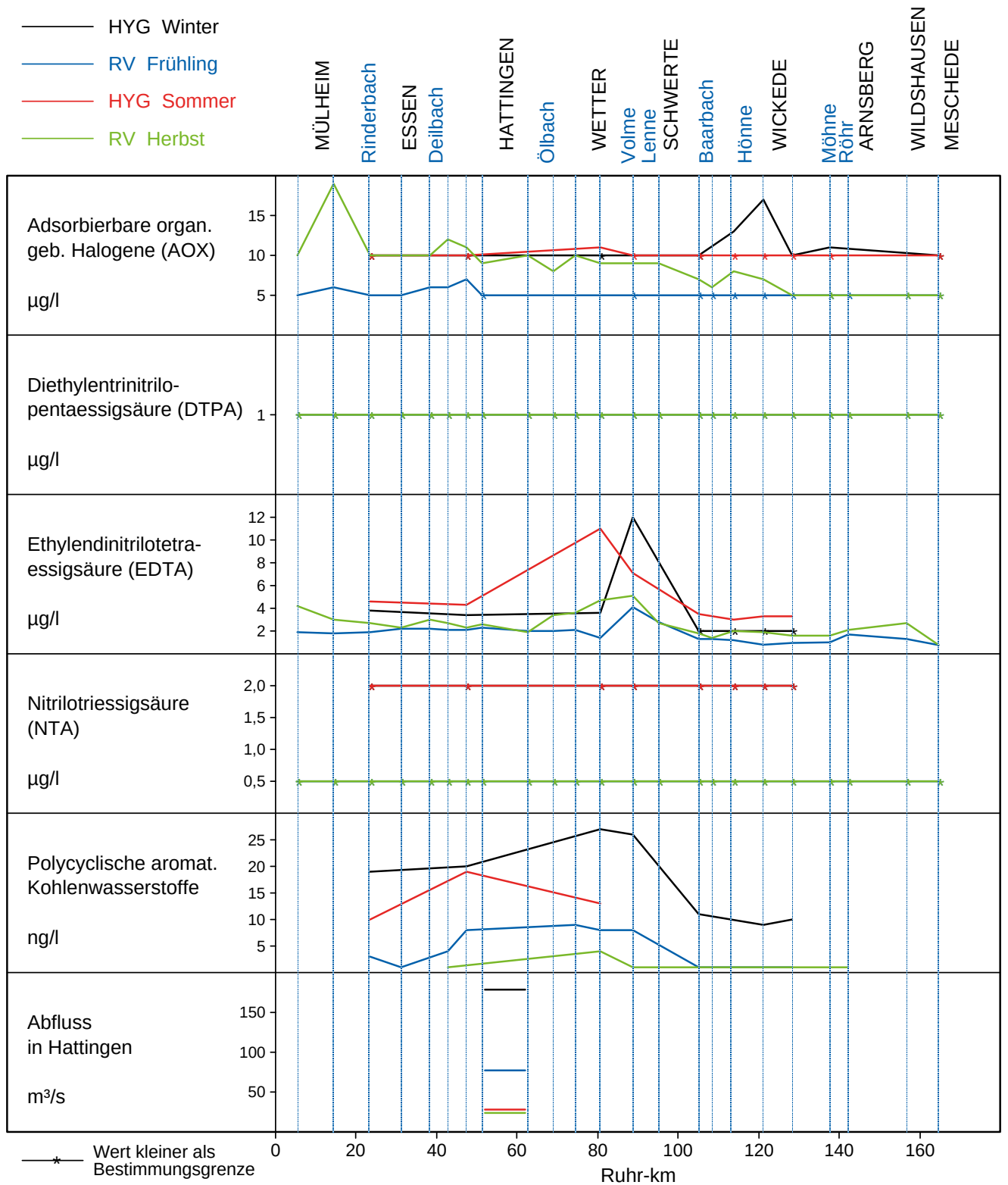


Bild 19.7: Die Wasserbeschaffenheit der Ruhr nach Analysen des AWWR-Ausschusses „Wassergüte“
 Fig. 19.7: Water condition of the Ruhr according to analyses of the AWWR water quality committee

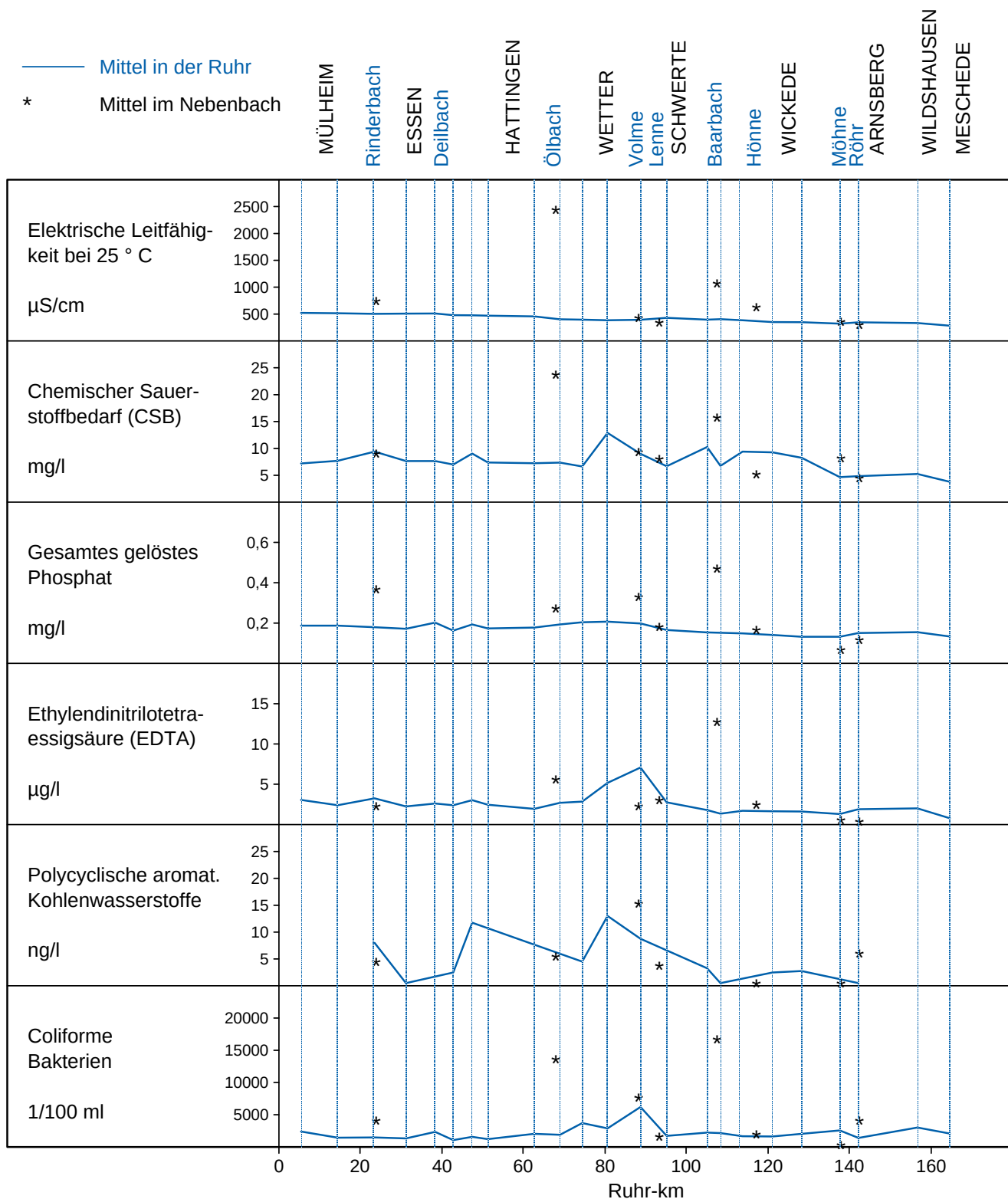


Bild 19.8: Die Wasserbeschaffenheit der Ruhr und ihrer Nebenbachmündungen anhand von sechs ausgesuchten Gütemerkmalen
 Fig. 19.8: Water condition of the Ruhr and its tributaries at their inflows indicated by six selected parameters

Kenngröße: Wassertemperatur

Einheit: °C

Zielwert:

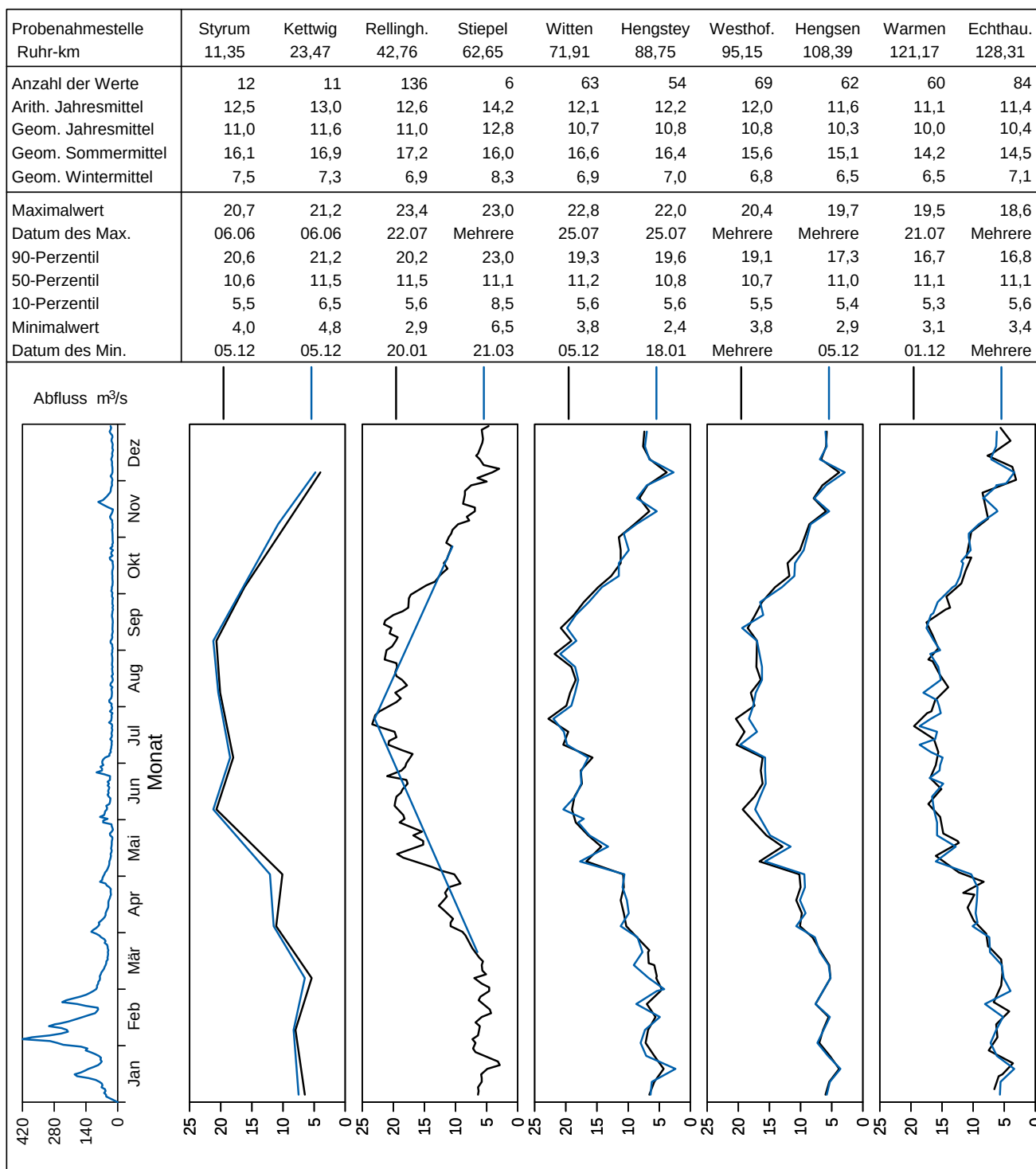


Bild 19.9: Analysenstatistik verschiedener Kenngrößen im Ruhrwasser
Fig. 19.9: Statistics on the analysis of selected parameters in Ruhr water

Kenngröße: Elektrische Leitfähigkeit bei 25 ° C

Einheit: $\mu\text{S/cm}$

Zielwert:

Probenahmestelle Ruhr-km	Styrum 11,35	Kettwig 23,47	Rellingh. 42,76	Stiepel 62,65	Witten 71,91	Hengstey 88,75	Westhof. 95,15	Hengsen 108,39	Warmen 121,17	Echthau. 128,31
Anzahl der Werte			136		48	54	48	48	60	48
Arith. Jahresmittel			467		385	377	431	407	367	364
Geom. Jahresmittel			458		380	374	428	405	365	362
Geom. Sommermittel			472		387	380	435	409	365	364
Geom. Wintermittel			418		374	367	421	401	366	360
Maximalwert			620		471	464	528	480	436	440
Datum des Max.			23.12		19.12	27.12	12.12	12.12	22.12	19.12
90-Perzentil			562		442	427	489	452	412	419
50-Perzentil			494		401	398	442	420	370	364
10-Perzentil			343		304	304	363	346	315	304
Minimalwert			269		251	251	311	307	272	286
Datum des Min.			05.02		01.02	21.11	01.02	01.02	04.02	01.02

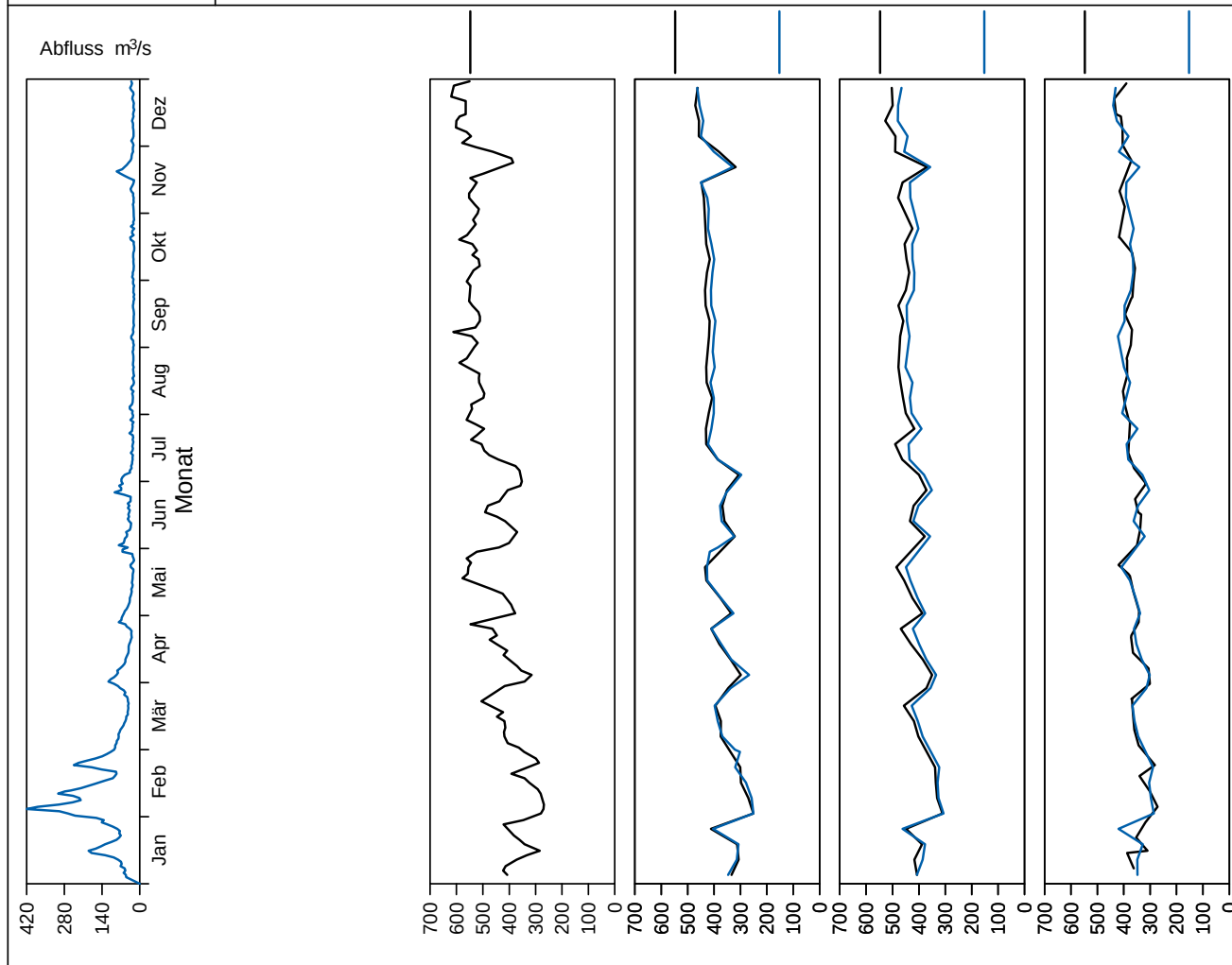


Bild 19.10: Analysenstatistik verschiedener Kenngrößen im Ruhrwasser
Fig. 19.10: Statistics on the analysis of selected parameters in Ruhr water

Kenngröße: pH-Wert

Einheit:

Zielwert:

Probenahmestelle Ruhr-km	Styrum 11,35	Kettwig 23,47	Rellingh. 42,76	Stiepel 62,65	Witten 71,91	Hengstey 88,75	Westhof. 95,15	Hengsen 108,39	Warmen 121,17	Echthau. 128,31
Anzahl der Werte	12	12	136		48	54	48	48	60	62
Arith. Jahresmittel	7,74	7,63	7,90		7,91	7,78	7,96	7,98	7,92	7,99
Geom. Jahresmittel	7,74	7,63	7,90		7,91	7,77	7,96	7,98	7,92	7,99
Geom. Sommermittel	7,72	7,64	7,90		7,92	7,77	7,99	7,98	7,92	7,99
Geom. Wintermittel	7,75	7,61	7,91		7,89	7,77	7,92	7,97	7,93	8,00
Maximalwert	7,89	7,82	8,40		8,49	8,33	8,45	8,26	8,43	8,39
Datum des Max.	Mehrere	04.07	25.07		11.04	Mehrere	11.07	25.04	22.04	25.04
90-Perzentil	7,88	7,80	8,10		8,05	8,07	8,14	8,13	8,07	8,11
50-Perzentil	7,74	7,69	7,90		7,89	7,74	7,92	7,97	7,91	7,98
10-Perzentil	7,61	7,35	7,70		7,79	7,53	7,85	7,87	7,83	7,86
Minimalwert	7,58	7,31	7,30		7,64	7,21	7,69	7,75	7,69	7,73
Datum des Min.	06.06	06.06	Mehrere		06.06	26.09	27.06	23.05	20.10	05.09

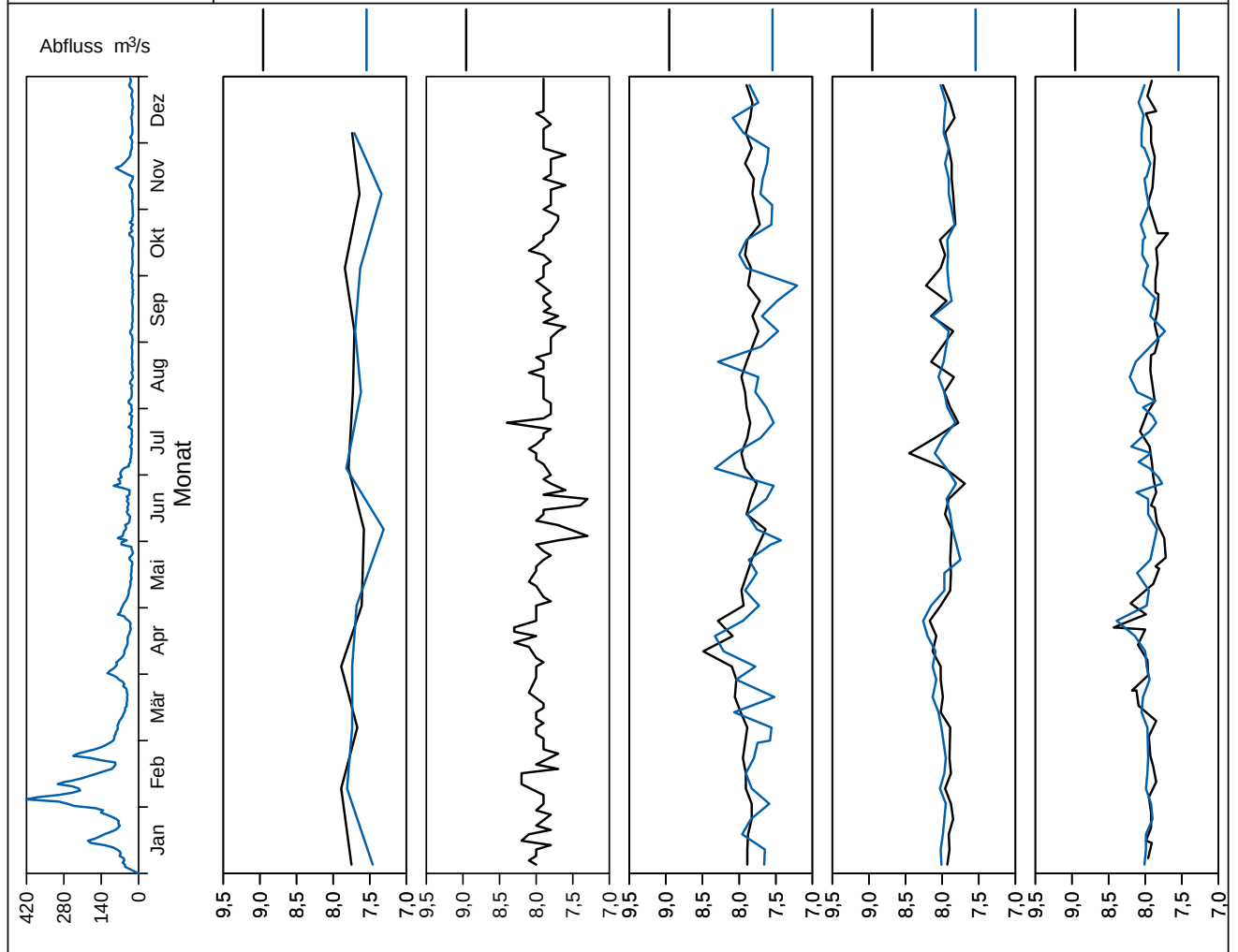


Bild 19.11: Analysenstatistik verschiedener Kenngrößen im Ruhrwasser
Fig. 19.11: Statistics on the analysis of selected parameters in Ruhr water

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	136		24	54	24	24	60	43
Arith. Jahresmittel	2,5	3,2	5,0		3,2	2,4	3,2	3,7	4,3	2,6
Geom. Jahresmittel	1,9	2,5	3,1		2,3	1,9	2,4	3,0	2,8	2,1
Geom. Sommermittel	2,3	3,0	3,2		2,2	1,5	2,3	3,3	2,5	2,0
Geom. Wintermittel	1,6	2,1	3,0		2,3	2,3	2,5	2,7	3,1	2,3
Maximalwert	8,4	9,4	79,0		22,0	11,9	14,0	11,0	55,3	17,0
Datum des Max.	08.02	08.02	03.02		01.02	22.02	22.02	22.02	04.02	01.02
90-Perzentil	4,0	4,4	8,7		4,6	4,4	7,2	7,5	6,5	4,0
50-Perzentil	1,9	2,9	3,0		2,2	1,7	2,2	2,2	2,2	1,9
10-Perzentil	0,8	1,1	1,1		1,0	0,9	1,2	1,7	1,3	1,3
Minimalwert	0,7	0,7	0,4		0,7	0,6	0,9	1,6	1,1	1,2
Datum des Min.	07.11	04.10	02.11		17.10	08.08	22.08	Mehrere	Mehrere	Mehrere

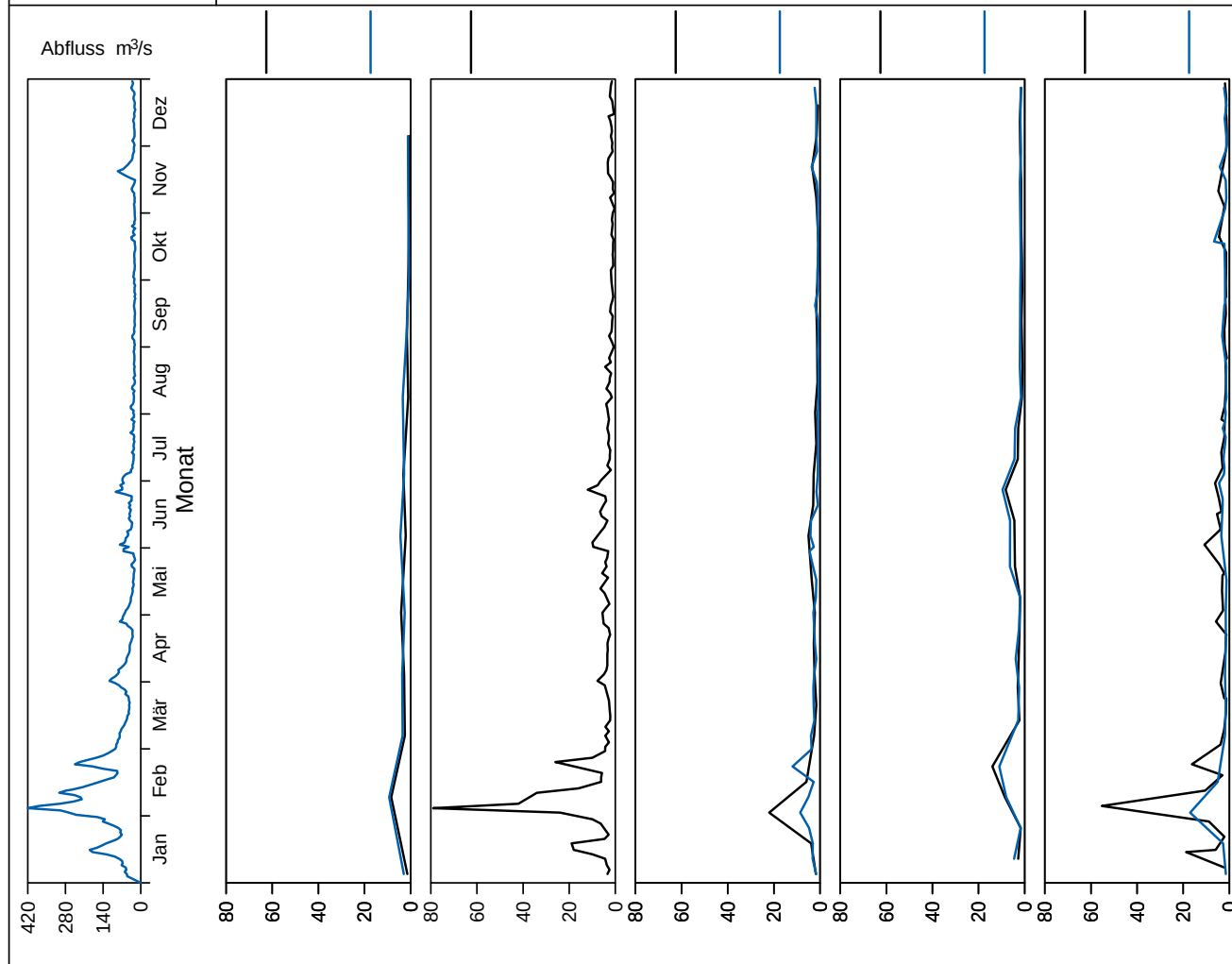


Bild 19.12: Analysenstatistik verschiedener Kenngrößen im Ruhrwasser
Fig. 19.12: Statistics on the analysis of selected parameters in Ruhr water

Kenngröße: Chlorophyll-a

Einheit: µg/l

Zielwert:

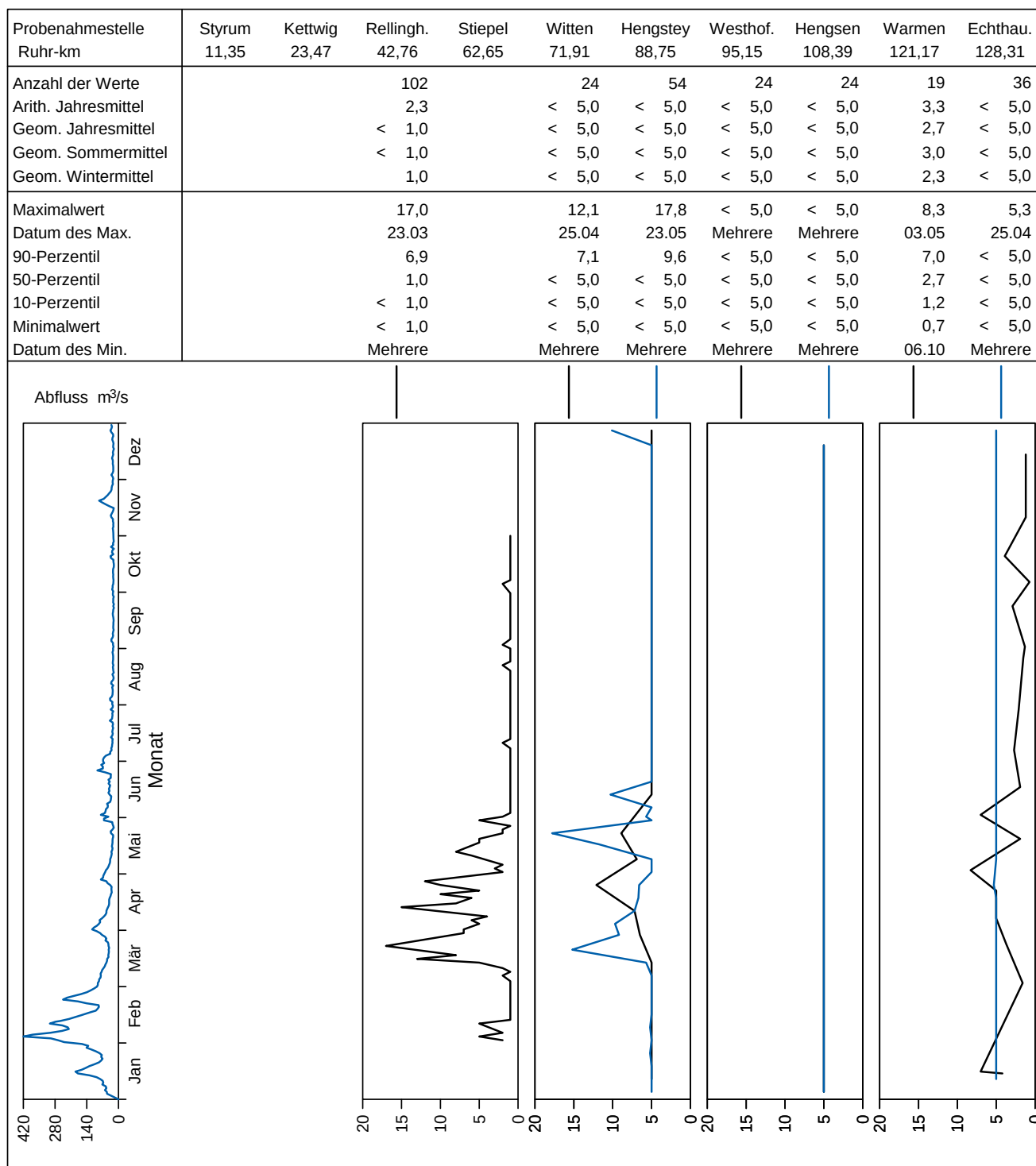


Bild 19.13: Analysenstatistik verschiedener Kenngrößen im Ruhrwasser
Fig. 19.13: Statistics on the analysis of selected parameters in Ruhr water

Kenngröße: Coliforme Bakterien

Einheit: 1/100 ml

Zielwert: 15000 1/100 ml

Probenahmestelle Ruhr-km	Styrum 11,35	Kettwig 23,47	Rellingh. 42,76	Stiepel 62,65	Witten 71,91	Hengstey 88,75	Westhof. 95,15	Hengsen 108,39	Warmen 121,17	Echthau. 128,31
Anzahl der Werte	12	12	50		51	54	36	36	56	51
Arith. Jahresmittel	2775	1221	4830		4008	3607	5744	4508	3720	6420
Geom. Jahresmittel	1943	903	2278		1670	1690	2927	2436	1817	2830
Geom. Sommermittel	1896	751	2253		1502	1396	2029	1646	1356	2786
Geom. Wintermittel	1990	1084	2305		1848	2047	4221	3604	2684	2872
Maximalwert	9210	3130	24196		28000	52000	39000	33000	26130	65000
Datum des Max.	08.02	08.02	Mehrere		Mehrere	01.02	22.02	27.06	14.01	05.09
90-Perzentil	8102	2982	13884		7700	6940	14800	9200	6699	18000
50-Perzentil	1380	814	1694		1900	1800	2250	2400	2016	2100
10-Perzentil	1074	317	535		410	466	925	705	370	790
Minimalwert	830	259	323		9	135	440	310	110	260
Datum des Min.	07.11	07.11	21.12		25.04	09.05	09.05	11.04	21.07	04.10

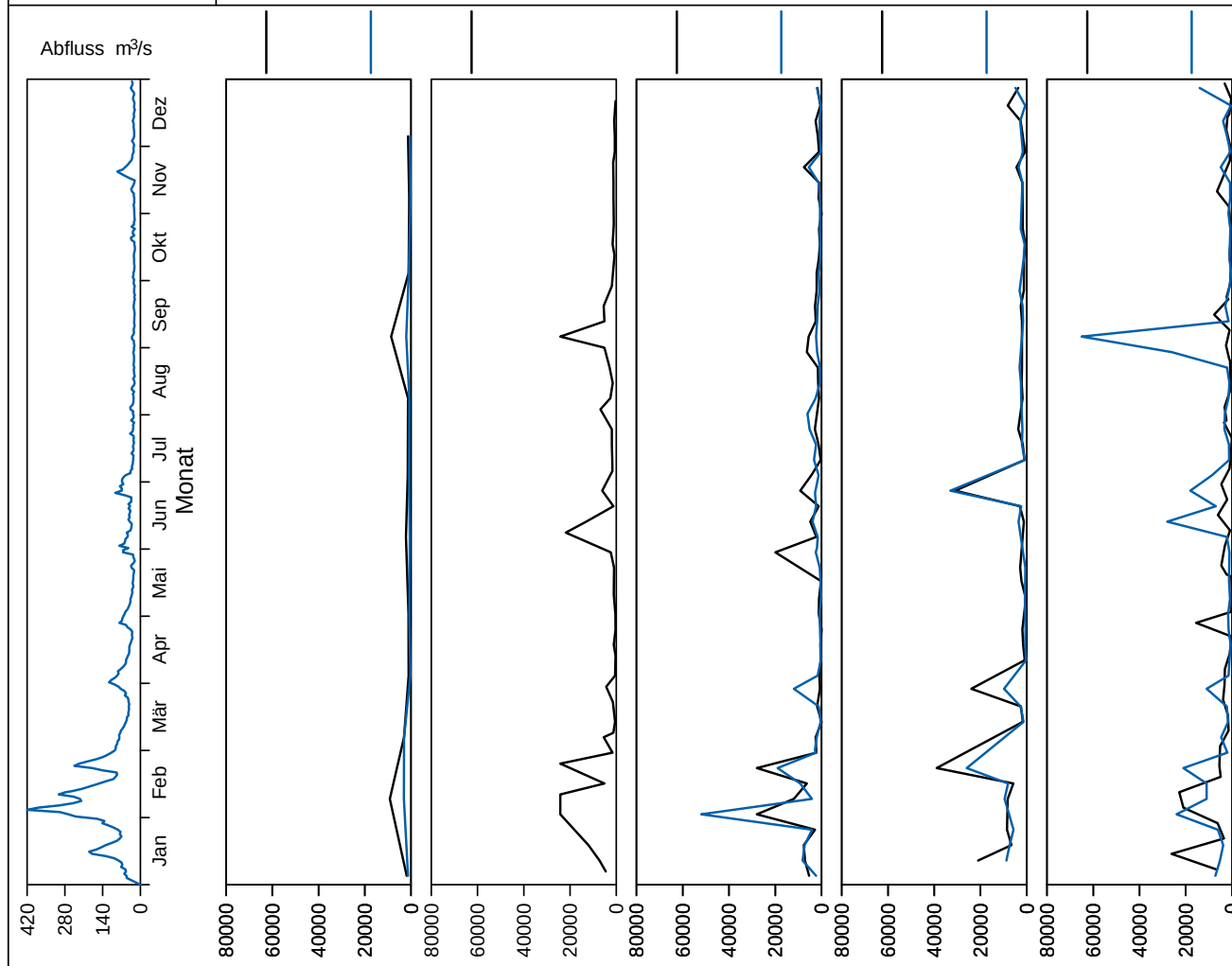


Bild 19.14: Analysenstatistik verschiedener Kenngrößen im Ruhrwasser
Fig. 19.14: Statistics on the analysis of selected parameters in Ruhr water

Kenngröße: Gelöster Sauerstoff

Einheit: mg/l

Zielwert:

Probenahmestelle Ruhr-km	Styrum 11,35	Kettwig 23,47	Rellingh. 42,76	Stiepel 62,65	Witten 71,91	Hengstey 88,75	Westhof. 95,15	Hengsen 108,39	Warmen 121,17	Echthau. 128,31
Anzahl der Werte			136		48	54	48	48	60	55
Arith. Jahresmittel			10,4		10,0	9,7	10,4	10,1	10,4	10,3
Geom. Jahresmittel			10,2		9,9	9,6	10,3	10,0	10,3	10,2
Geom. Sommermittel			9,0		9,1	8,8	9,3	9,1	9,4	9,3
Geom. Wintermittel			11,7		10,7	10,5	11,5	11,0	11,5	11,0
Maximalwert			13,6		13,2	12,2	15,5	15,7	14,4	13,5
Datum des Max.			20.01		21.03	01.03	01.02	01.02	17.03	20.09
90-Perzentil			12,6		12,5	11,6	11,8	11,8	12,5	11,9
50-Perzentil			10,5		9,8	9,8	10,6	10,1	10,0	10,4
10-Perzentil			8,2		7,8	7,6	8,6	8,3	8,8	8,3
Minimalwert			7,7		6,8	6,3	7,5	7,6	8,1	7,6
Datum des Min.			Mehrere		12.12	Mehrere	27.06	04.10	15.09	05.09

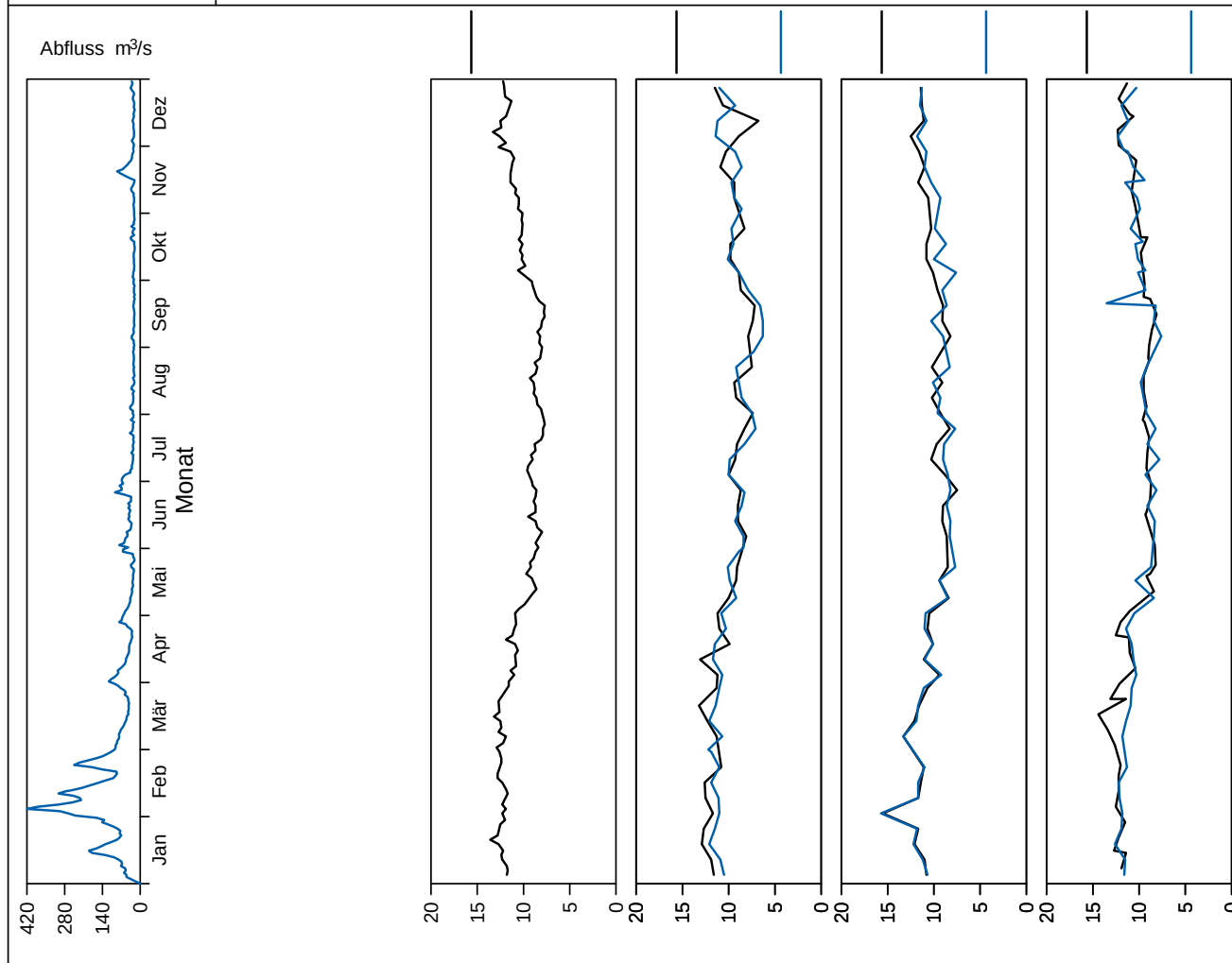


Bild 19.15: Analysenstatistik verschiedener Kenngrößen im Ruhrwasser
Fig. 19.15: Statistics on the analysis of selected parameters in Ruhr water

Kenngröße: Gelöster organisch gebundener Kohlenstoff (DOC) Einheit: mg/l
 Zielwert: 5 mg/l

Probenahmestelle Ruhr-km	Styrum 11,35	Kettwig 23,47	Rellingh. 42,76	Stiepel 62,65	Witten 71,91	Hengstey 88,75	Westhof. 95,15	Hengsen 108,39	Warmen 121,17	Echthau. 128,31
Anzahl der Werte	12	12	135		48	54	48	48	59	56
Arith. Jahresmittel	2,3	2,3	2,9		2,4	2,4	2,4	2,4	2,4	2,4
Geom. Jahresmittel	2,3	2,2	2,9		2,4	2,3	2,4	2,4	2,4	2,3
Geom. Sommermittel	2,5	2,4	3,1		2,5	2,4	2,6	2,6	2,4	2,5
Geom. Wintermittel	2,1	2,0	2,5		2,2	2,3	2,2	2,2	2,3	2,2
Maximalwert	3,0	2,9	4,1		3,1	5,1	3,7	3,9	3,3	3,5
Datum des Max.	06.06	06.06	02.09		12.09	21.11	27.06	12.09	02.06	18.07
90-Perzentil	2,8	2,8	3,6		2,9	2,9	2,8	3,0	2,7	2,8
50-Perzentil	2,4	2,3	3,0		2,4	2,4	2,5	2,5	2,4	2,4
10-Perzentil	1,7	1,7	2,0		1,8	1,7	1,8	1,8	2,0	1,8
Minimalwert	1,6	1,7	1,7		1,6	1,1	1,6	1,5	1,6	1,3
Datum des Min.	04.01	Mehrere	Mehrere		Mehrere	20.06	04.01	04.01	22.04	04.04

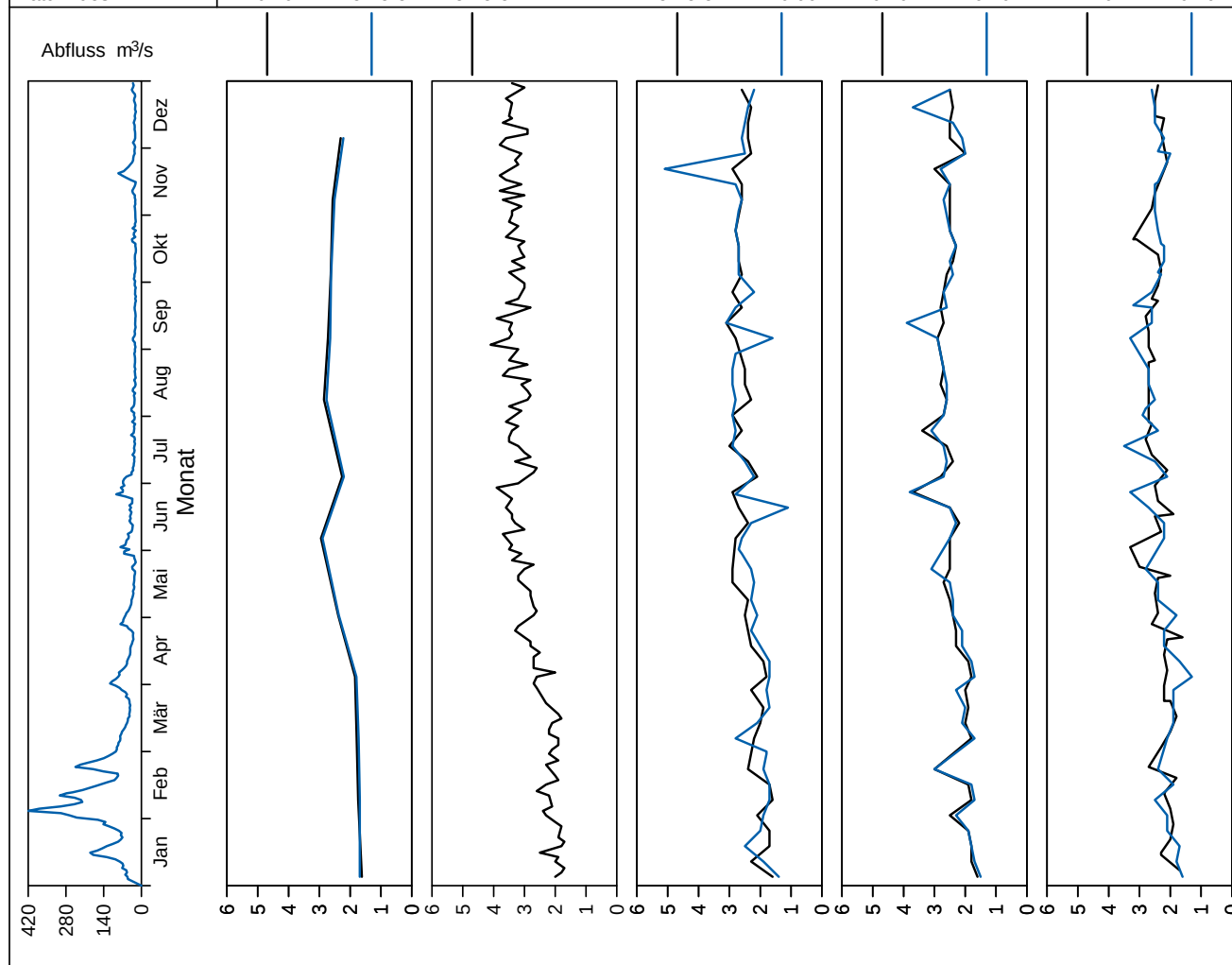


Bild 19.16: Analysenstatistik verschiedener Kenngrößen im Ruhrwasser
 Fig. 19.16: Statistics on the analysis of selected parameters in Ruhr water

Kenngröße: Spektraler Absorptionskoeffizient bei 254 nm

Einheit: 1/m

Zielwert:

Probenahmestelle Ruhr-km	Styrum 11,35	Kettwig 23,47	Rellingh. 42,76	Stiepel 62,65	Witten 71,91	Hengstey 88,75	Westhof. 95,15	Hengsen 108,39	Warmen 121,17	Echthau. 128,31
Anzahl der Werte	12	12	136		48	54	48	48	60	55
Arith. Jahresmittel	6,0	6,0	5,8		5,7	6,0	6,0	5,9	6,0	5,8
Geom. Jahresmittel	5,9	5,9	5,7		5,5	5,8	5,8	5,7	5,9	5,7
Geom. Sommermittel	6,5	6,5	6,1		6,0	6,1	6,1	6,1	6,3	6,1
Geom. Wintermittel	5,4	5,4	5,3		5,0	5,6	5,5	5,4	5,6	5,4
Maximalwert	8,2	8,0	8,4		8,6	10,2	11,2	10,5	8,8	9,8
Datum des Max.	06.06	06.06	23.11		21.11	21.11	27.06	27.06	15.09	27.06
90-Perzentil	7,3	7,2	7,1		7,0	7,2	7,5	7,7	7,0	7,0
50-Perzentil	6,4	6,3	6,0		5,9	6,0	5,8	5,6	5,9	5,7
10-Perzentil	4,6	4,5	4,3		4,4	4,3	4,7	4,4	5,0	4,6
Minimalwert	4,2	4,2	1,2		0,9	3,1	3,9	3,8	4,4	3,7
Datum des Min.	04.01	04.01	14.10		22.02	19.12	04.01	04.01	Mehrere	04.01

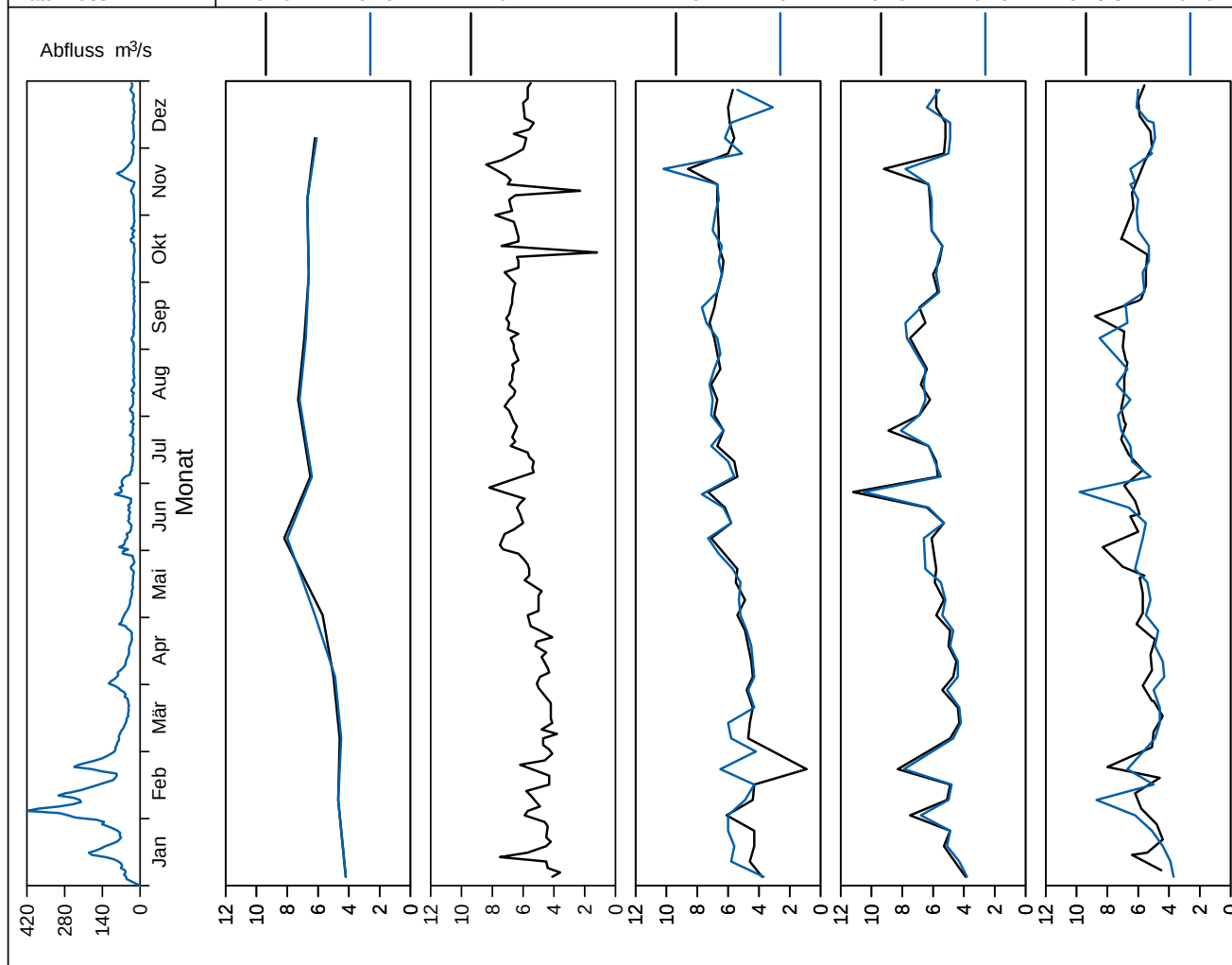


Bild 19.17: Analysenstatistik verschiedener Kenngrößen im Ruhrwasser
Fig. 19.17: Statistics on the analysis of selected parameters in Ruhr water

Kenngröße: Spektraler Absorptionskoeffizient bei 436 nm

Einheit: 1/m

Zielwert:

Probenahmestelle Ruhr-km	Styrum 11,35	Kettwig 23,47	Rellingh. 42,76	Stiepel 62,65	Witten 71,91	Hengstey 88,75	Westhof. 95,15	Hengsen 108,39	Warmen 121,17	Echthau. 128,31
Anzahl der Werte			136			53			50	
Arith. Jahresmittel			0,36			0,38			0,34	
Geom. Jahresmittel			0,35			0,37			0,33	
Geom. Sommermittel			0,37			0,39			0,36	
Geom. Wintermittel			0,32			0,35			0,30	
Maximalwert			0,70			0,80			0,50	
Datum des Max.			Mehrere			21.11			Mehrere	
90-Perzentil			0,50			0,50			0,40	
50-Perzentil			0,40			0,40			0,30	
10-Perzentil			0,20			0,22			0,29	
Minimalwert			0,20			0,20			0,20	
Datum des Min.			Mehrere			Mehrere			Mehrere	

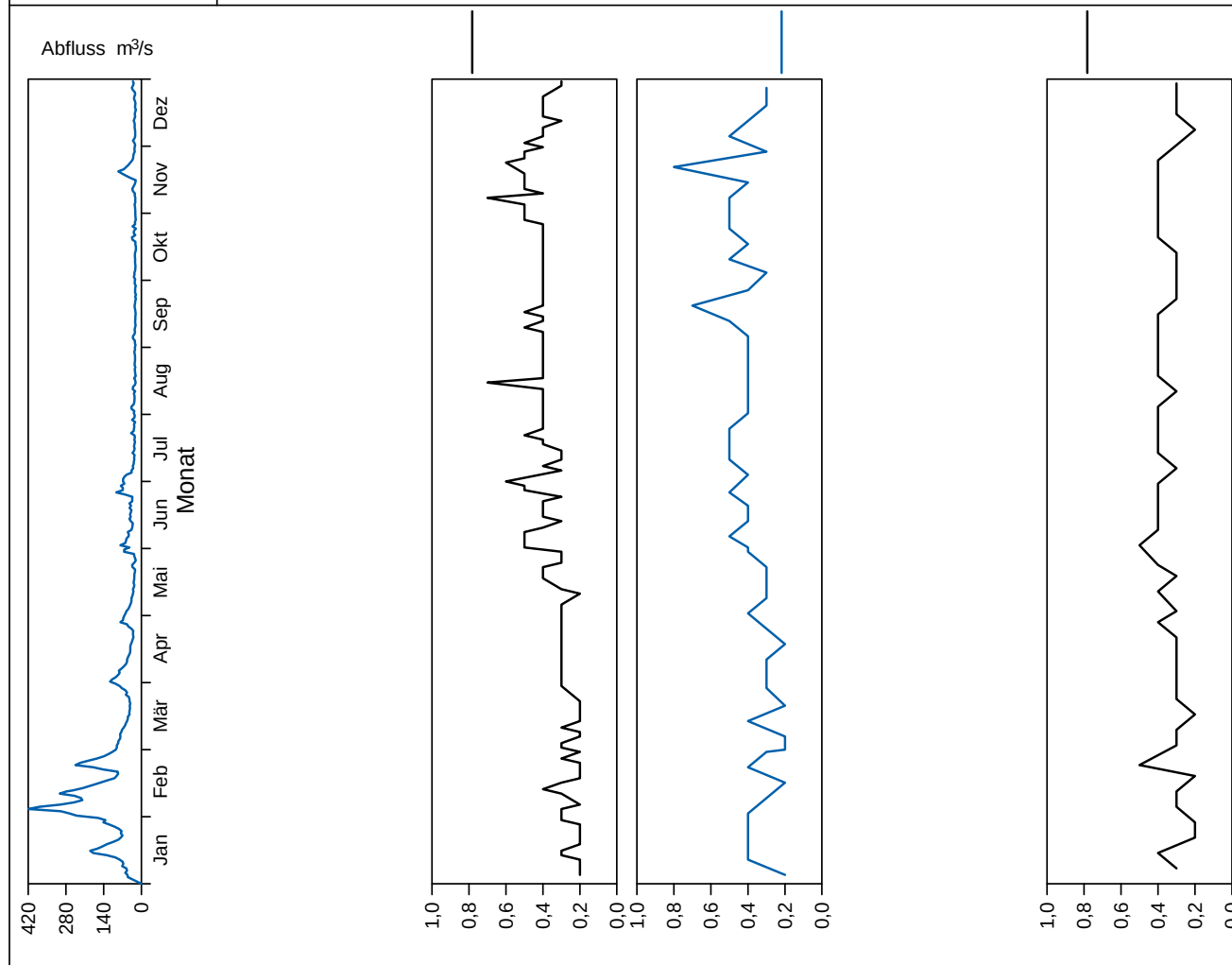


Bild 19.18: Analysenstatistik verschiedener Kenngrößen im Ruhrwasser
Fig. 19.18: Statistics on the analysis of selected parameters in Ruhr water

Kenngröße: Ammonium

Einheit: mg/l

Zielwert: 0.6 mg/l

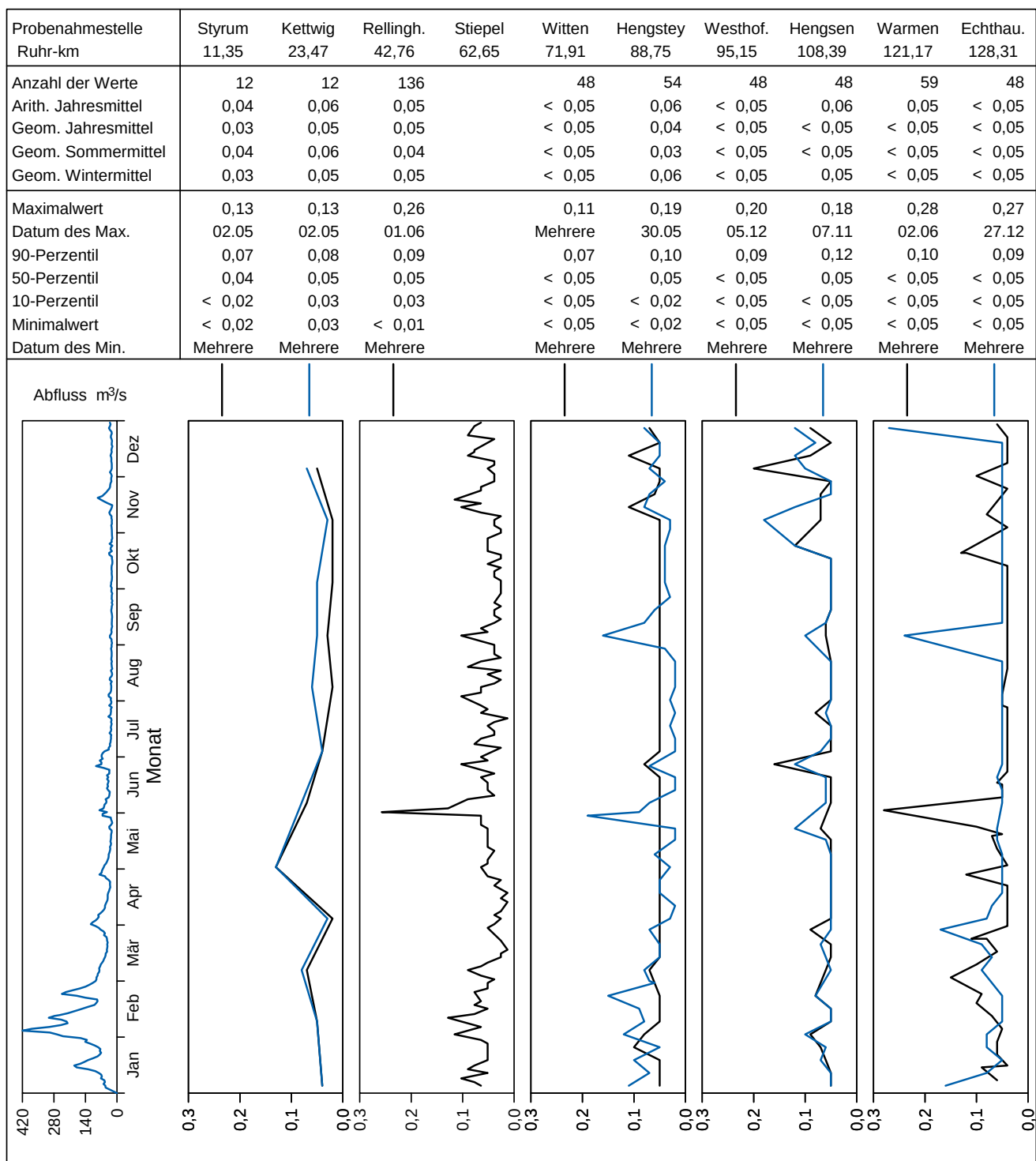


Bild 19.19: Analysenstatistik verschiedener Kenngrößen im Ruhrwasser
Fig. 19.19: Statistics on the analysis of selected parameters in Ruhr water

Kenngröße: Nitrat

Einheit: mg/l

Zielwert: 25 mg/l

Probenahmestelle Ruhr-km	Styrum 11,35	Kettwig 23,47	Rellingh. 42,76	Stiepel 62,65	Witten 71,91	Hengstey 88,75	Westhof. 95,15	Hengsen 108,39	Warmen 121,17	Echthau. 128,31
Anzahl der Werte	12	12	136		48	54	48	48	60	48
Arith. Jahresmittel	12	12	11		12	11	12	12	11	11
Geom. Jahresmittel	11	11	11		12	10	12	12	10	11
Geom. Sommermittel	11	11	10		11	9	11	11	10	10
Geom. Wintermittel	12	12	12		13	12	13	12	11	11
Maximalwert	15	15	15		16	15	17	16	15	15
Datum des Max.	07.03	07.03	06.01		04.01	04.01	04.01	04.01	21.01	11.01
90-Perzentil	14	14	14		15	13	16	15	13	14
50-Perzentil	12	12	11		12	11	12	12	10	11
10-Perzentil	8	8	8		9	7	9	9	8	9
Minimalwert	8	8	8		8	6	9	8	7	7
Datum des Min.	05.09	05.09	Mehrere		12.09	Mehrere	19.09	07.11	Mehrere	07.11

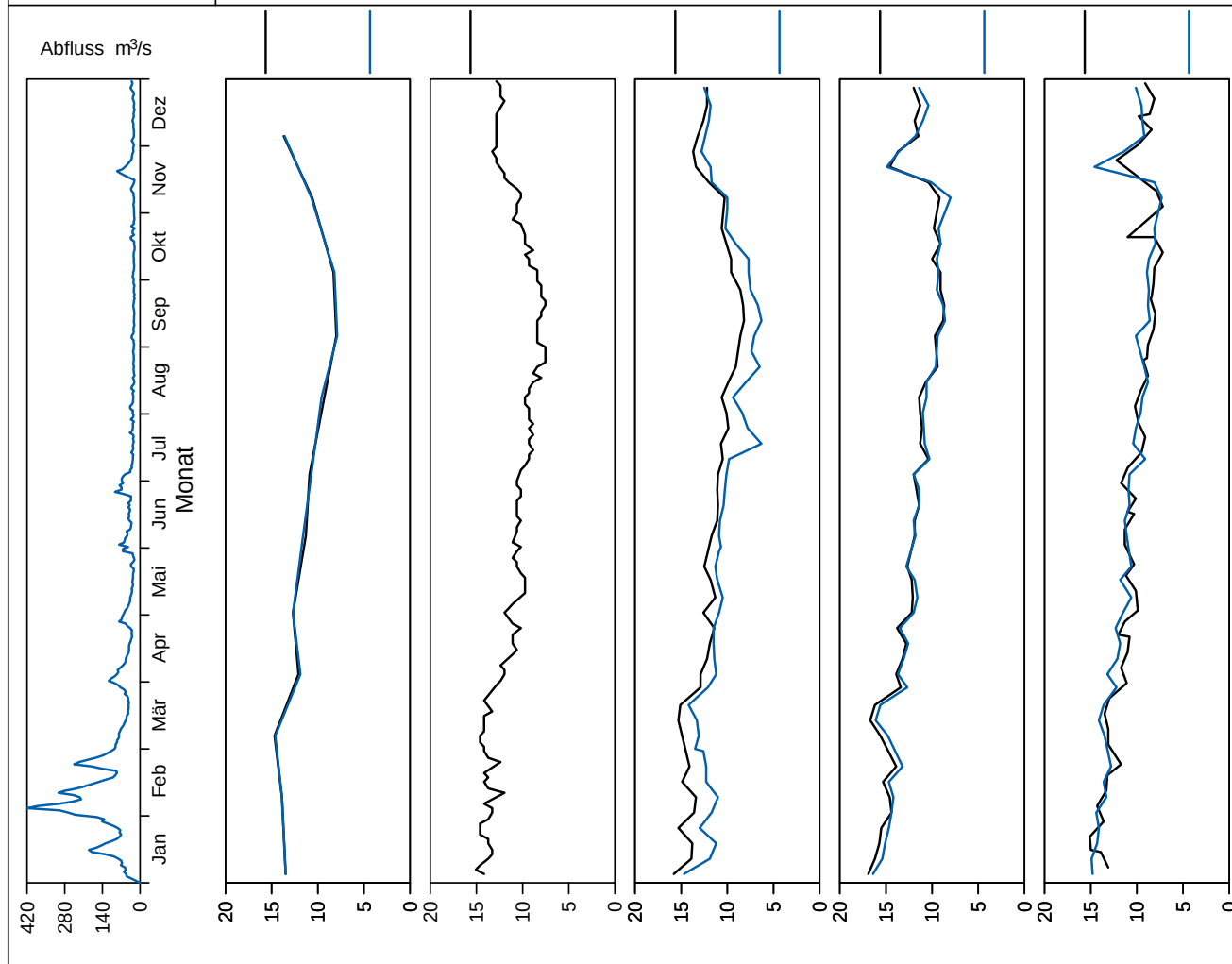


Bild 19.20: Analysenstatistik verschiedener Kenngrößen im Ruhrwasser
Fig. 19.20: Statistics on the analysis of selected parameters in Ruhr water

Kenngröße: Gesamtes gelöstes Phosphat

Einheit: mg/l

Zielwert: 0.5 mg/l

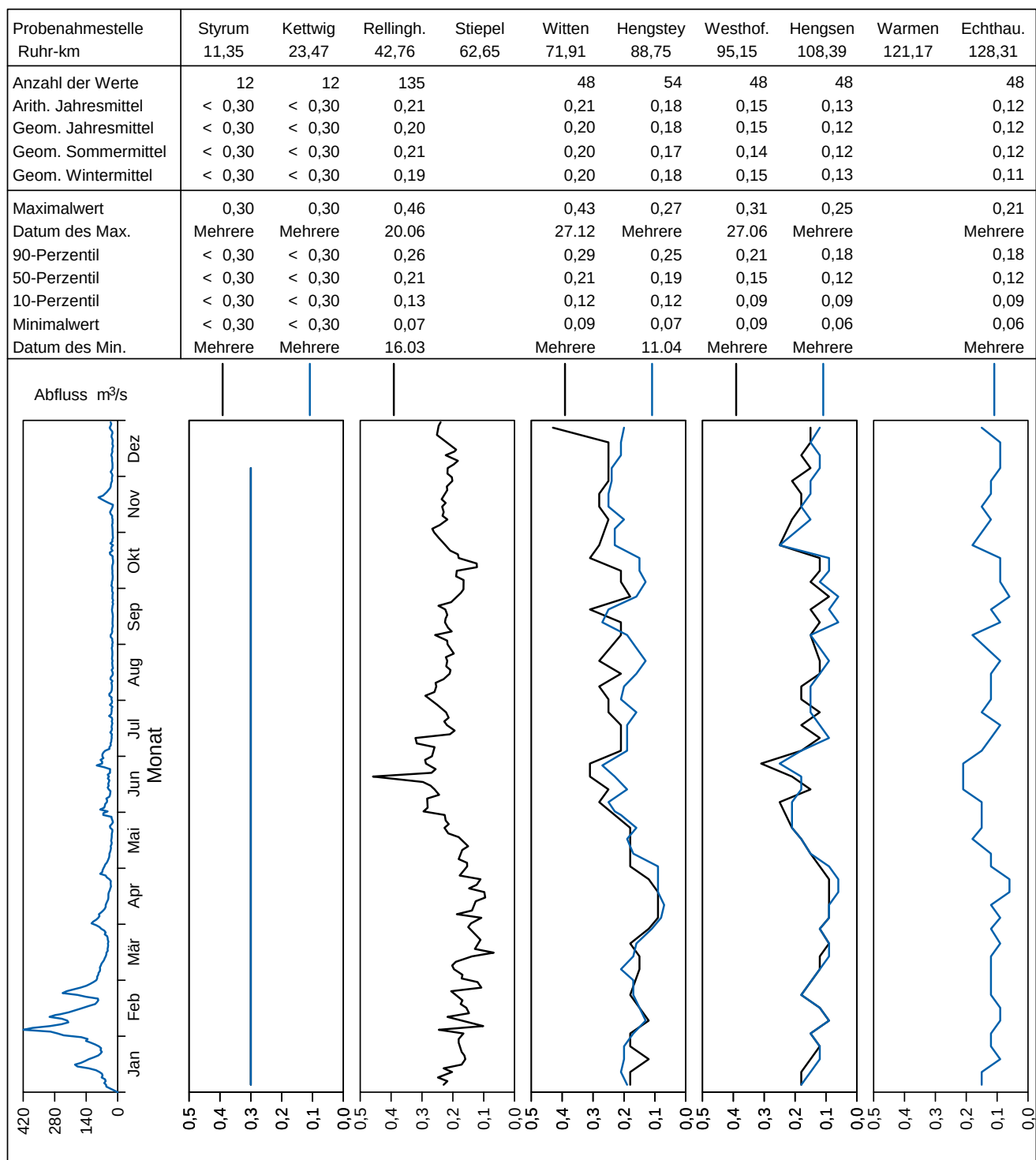


Bild 19.21: Analysenstatistik verschiedener Kenngrößen im Ruhrwasser
Fig. 19.21: Statistics on the analysis of selected parameters in Ruhr water

Kenngröße: Cadmium

Einheit: µg/l

Zielwert: 1 µg/l

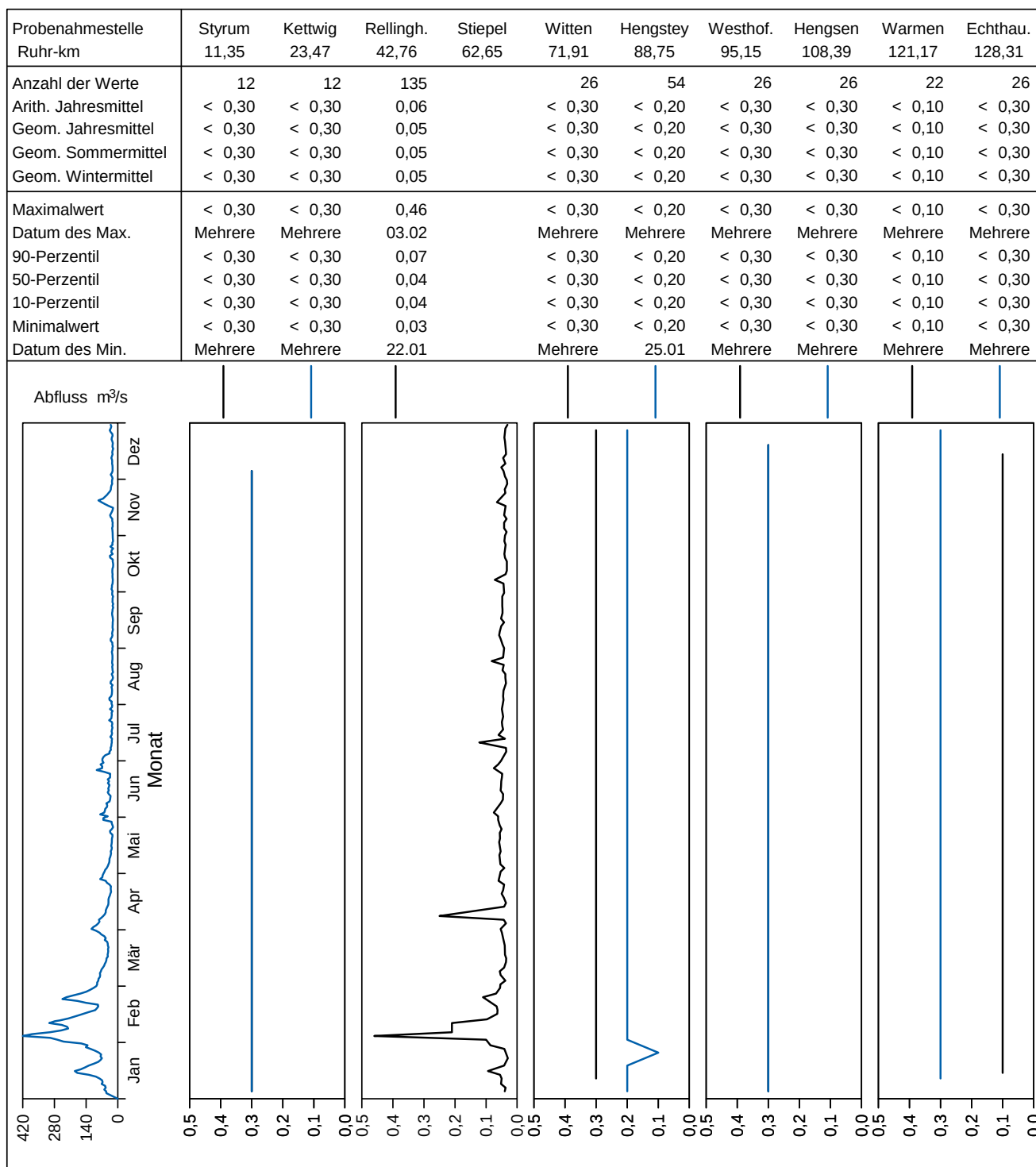


Bild 19.22: Analysenstatistik verschiedener Kenngrößen im Ruhrwasser
Fig. 19.22: Statistics on the analysis of selected parameters in Ruhr water

Kenngröße: Chrom

Einheit: µg/l

Zielwert:

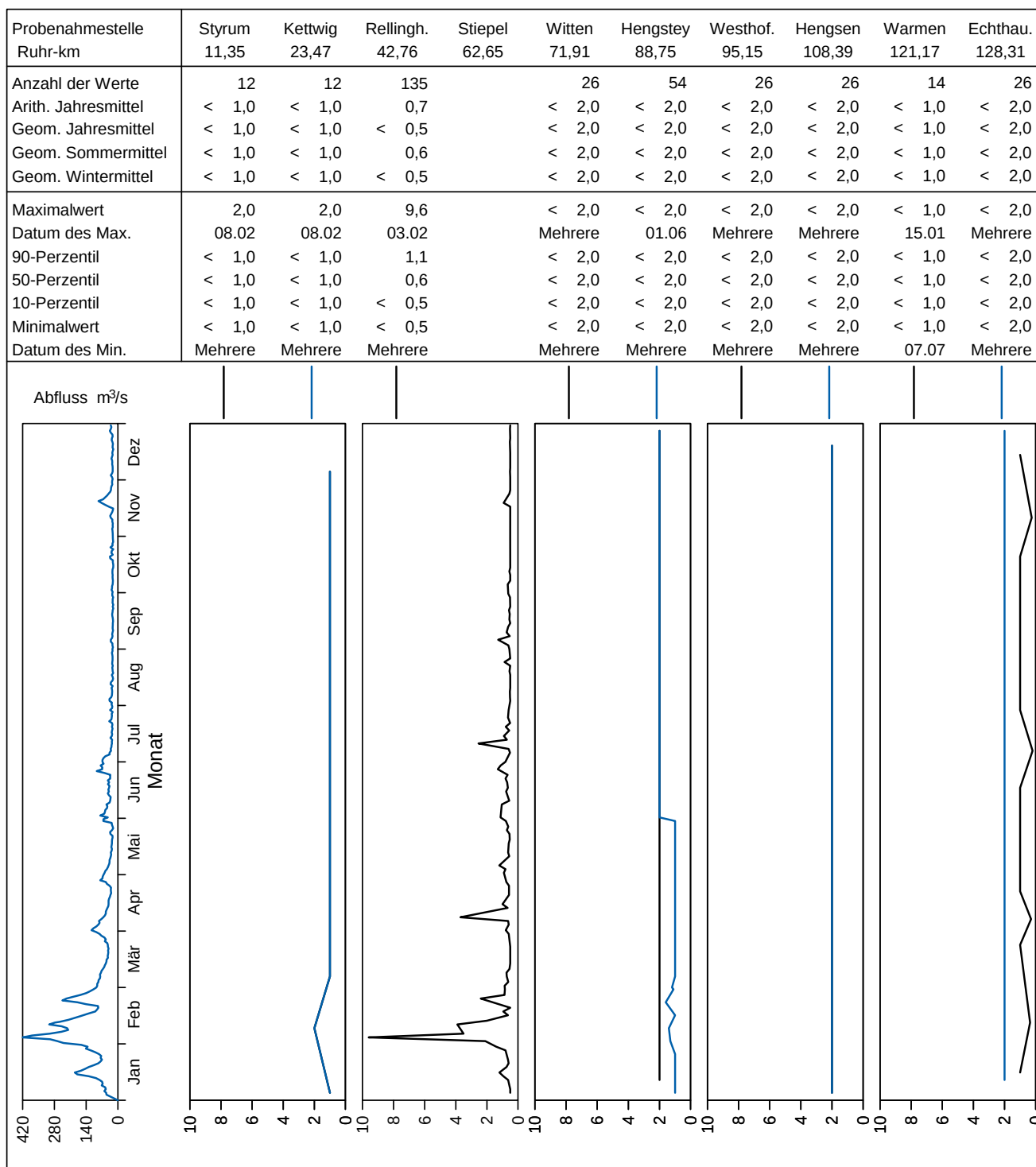


Bild 19.23: Analysenstatistik verschiedener Kenngrößen im Ruhrwasser
Fig. 19.23: Statistics on the analysis of selected parameters in Ruhr water

Kenngröße: Nickel

Einheit: µg/l

Zielwert: 10 µg/l

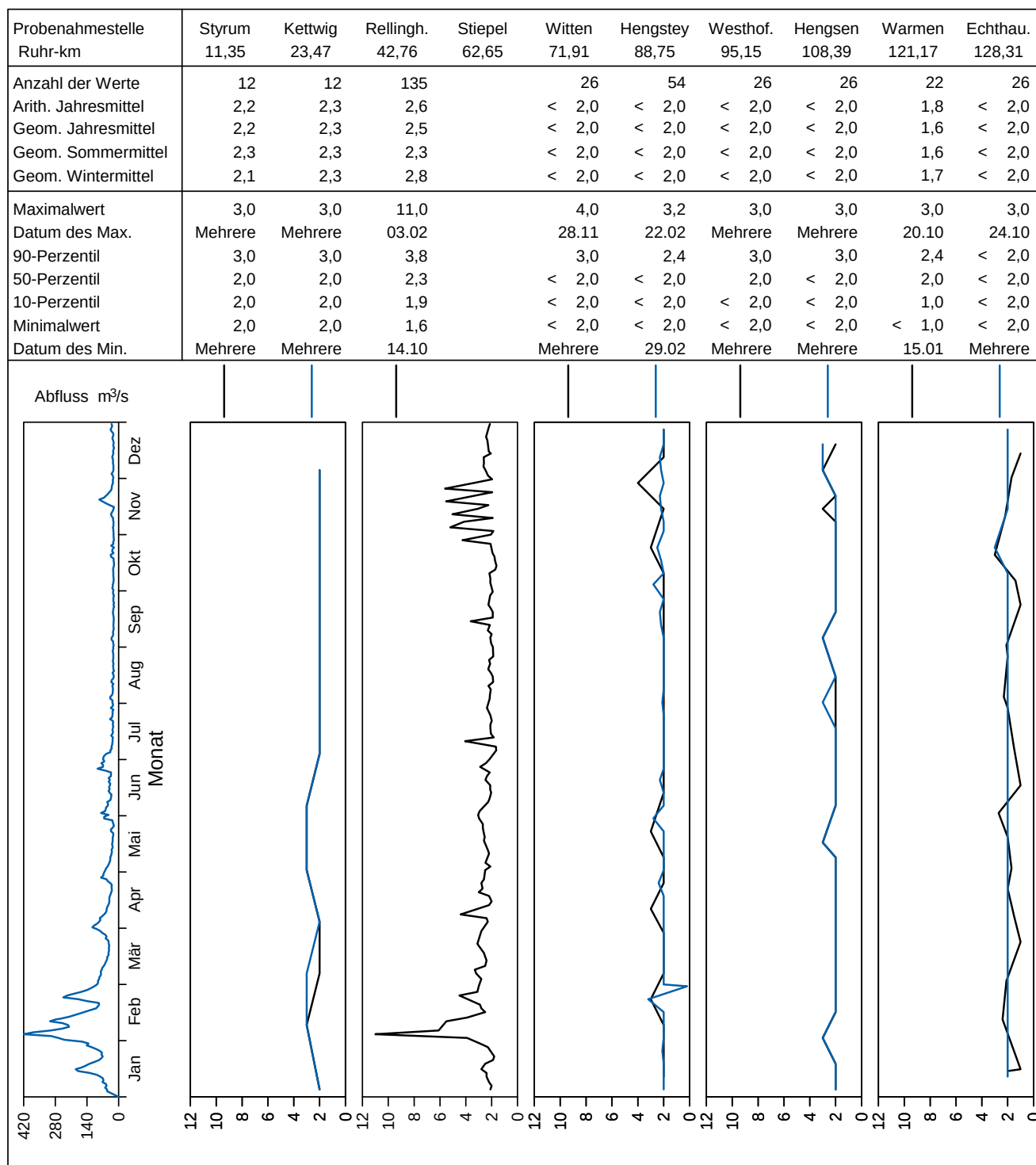


Bild 19.24: Analysenstatistik verschiedener Kenngrößen im Ruhrwasser
Fig. 19.24: Statistics on the analysis of selected parameters in Ruhr water

Kenngröße: Gelöstes Mangan

Einheit: µg/l

Zielwert:

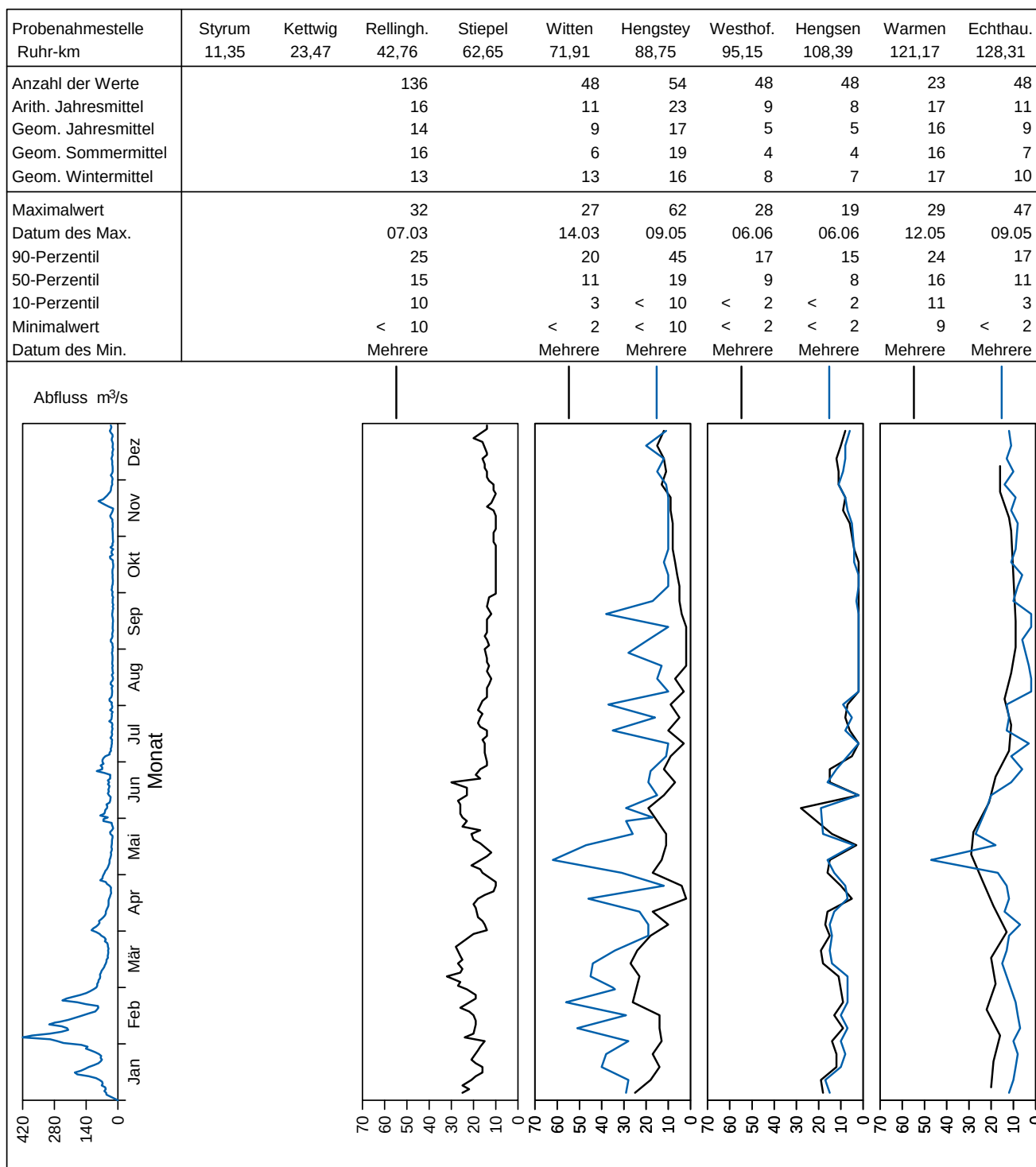


Bild 19.25: Analysenstatistik verschiedener Kenngrößen im Ruhrwasser
Fig. 19.25: Statistics on the analysis of selected parameters in Ruhr water

Kenngröße: Chlorid

Einheit: mg/l

Zielwert:

Probenahmestelle Ruhr-km	Styrum 11,35	Kettwig 23,47	Rellingh. 42,76	Stiepel 62,65	Witten 71,91	Hengstey 88,75	Westhof. 95,15	Hengsen 108,39	Warmen 121,17	Echthau. 128,31
Anzahl der Werte	12	12	136		48	54	48	48	60	48
Arith. Jahresmittel	52	52	52		39	37	39	35	29	29
Geom. Jahresmittel	48	48	49		38	35	38	34	29	28
Geom. Sommermittel	49	48	51		38	36	39	34	29	29
Geom. Wintermittel	47	48	42		37	35	37	33	28	28
Maximalwert	82	81	84		53	53	60	56	44	53
Datum des Max.	04.10	04.10	07.09		Mehrere	27.12	12.12	25.01	20.10	25.01
90-Perzentil	78	78	69		49	47	51	43	37	38
50-Perzentil	46	43	56		39	37	40	36	29	28
10-Perzentil	31	32	30		27	24	26	24	21	22
Minimalwert	23	23	20		22	20	22	21	18	19
Datum des Min.	08.02	08.02	05.02		Mehrere	08.02	Mehrere	01.02	04.02	27.06

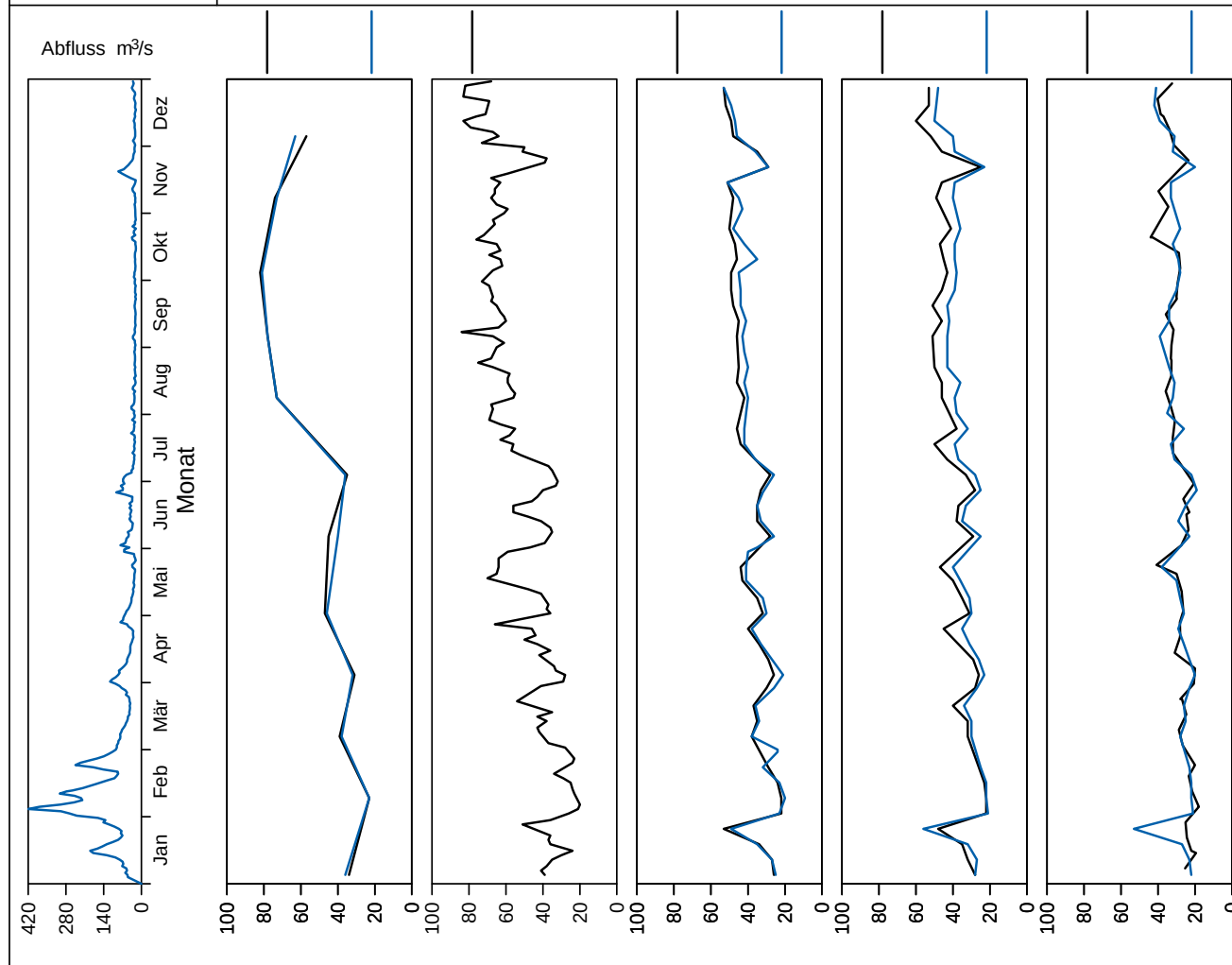


Bild 19.26: Analysenstatistik verschiedener Kenngrößen im Ruhrwasser
Fig. 19.26: Statistics on the analysis of selected parameters in Ruhr water

Kenngröße: Adsorbierbare organisch gebundene Halogene (AOX) Einheit: µg/l

Zielwert:

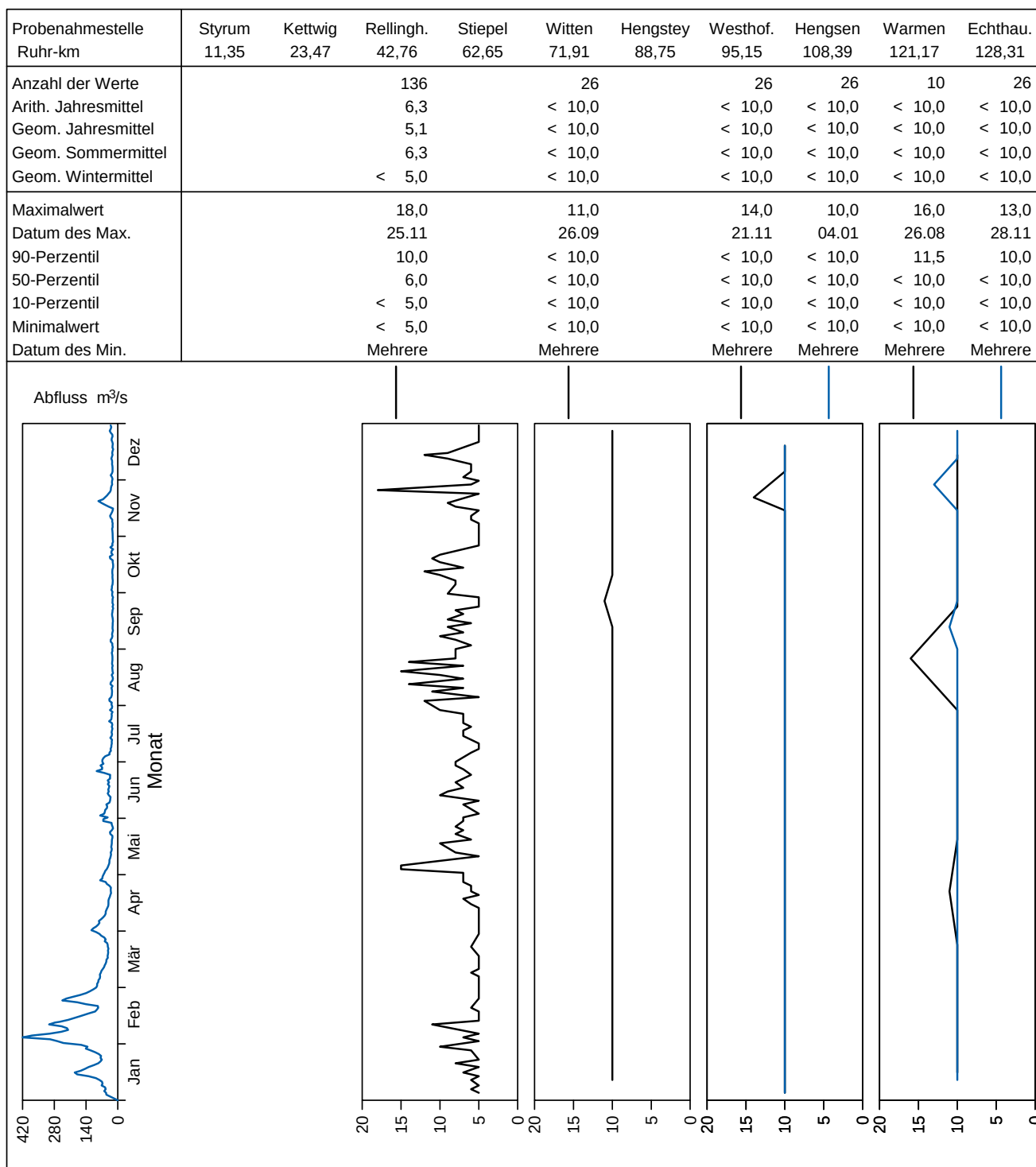


Bild 19.27: Analysenstatistik verschiedener Kenngrößen im Ruhrwasser
Fig. 19.27: Statistics on the analysis of selected parameters in Ruhr water

Kenngröße: Tetrachlorethen

Einheit: µg/l

Zielwert: 1 µg/l

Probenahmestelle Ruhr-km	Styrum 11,35	Kettwig 23,47	Rellingh. 42,76	Stiepel 62,65	Witten 71,91	Hengstey 88,75	Westhof. 95,15	Hengsen 108,39	Warmen 121,17	Echthau. 128,31
Anzahl der Werte			4		26	54	26	26	10	26
Arith. Jahresmittel			0,02		< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10
Geom. Jahresmittel			0,02		< 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
Geom. Wintermittel			0,02		< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10
Maximalwert			0,02		< 0,10	0,40	0,10	0,20	< 0,10	< 0,10
Datum des Max.			Mehrere		Mehrere	08.08	04.01	17.10	Mehrere	Mehrere
90-Perzentil			0,02		< 0,10	< 0,10	< 0,10	0,10	< 0,10	< 0,10
50-Perzentil			0,02		< 0,10	< 0,10	< 0,10	0,10	< 0,10	< 0,10
10-Perzentil			0,02		< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10
Minimalwert			0,02		< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10
Datum des Min.			Mehrere		Mehrere	Mehrere	Mehrere	Mehrere	Mehrere	Mehrere

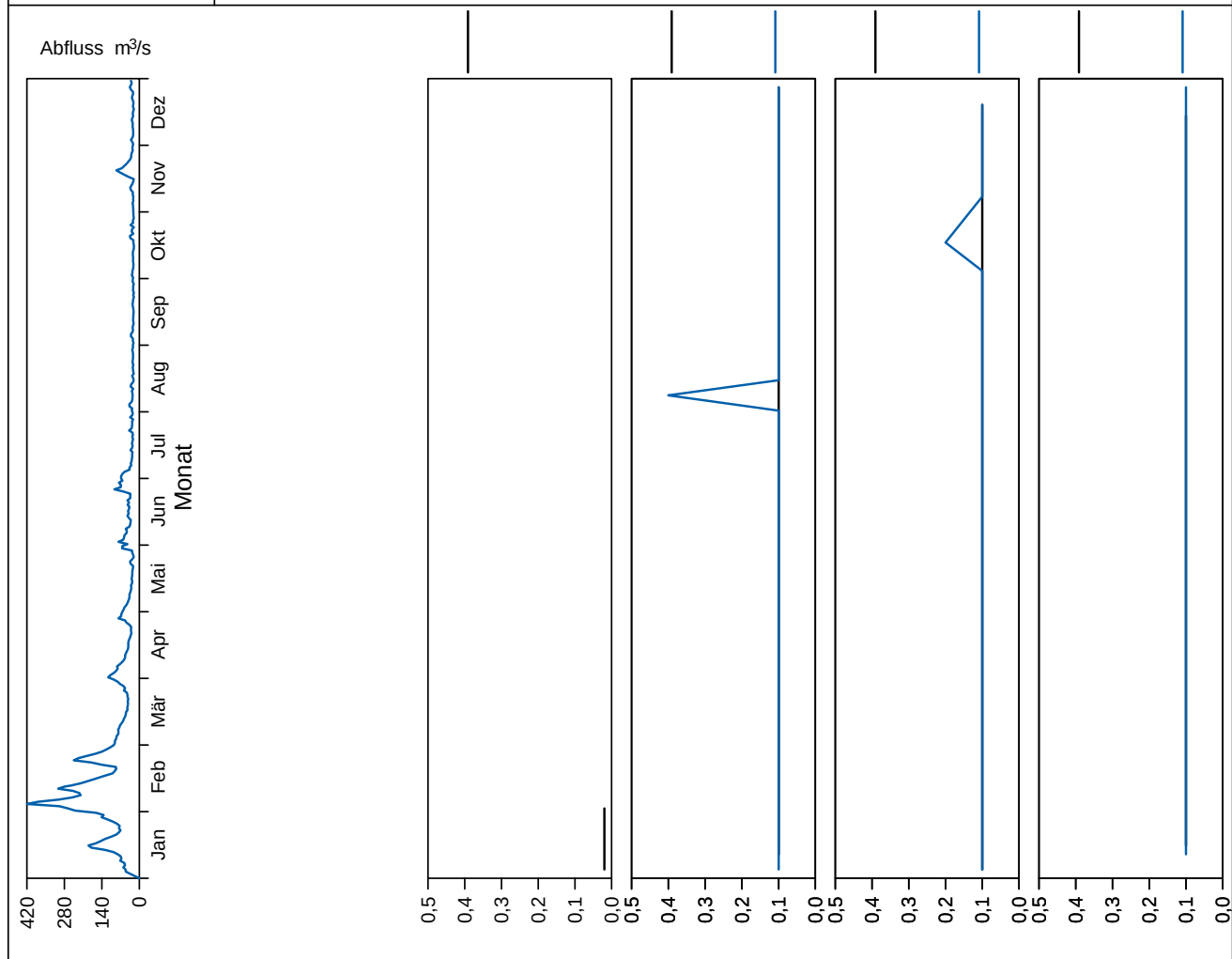


Bild 19.28: Analysenstatistik verschiedener Kenngrößen im Ruhrwasser
Fig. 19.28: Statistics on the analysis of selected parameters in Ruhr water

Kenngröße: Trichlorethen

Einheit: µg/l

Zielwert: 1 µg/l

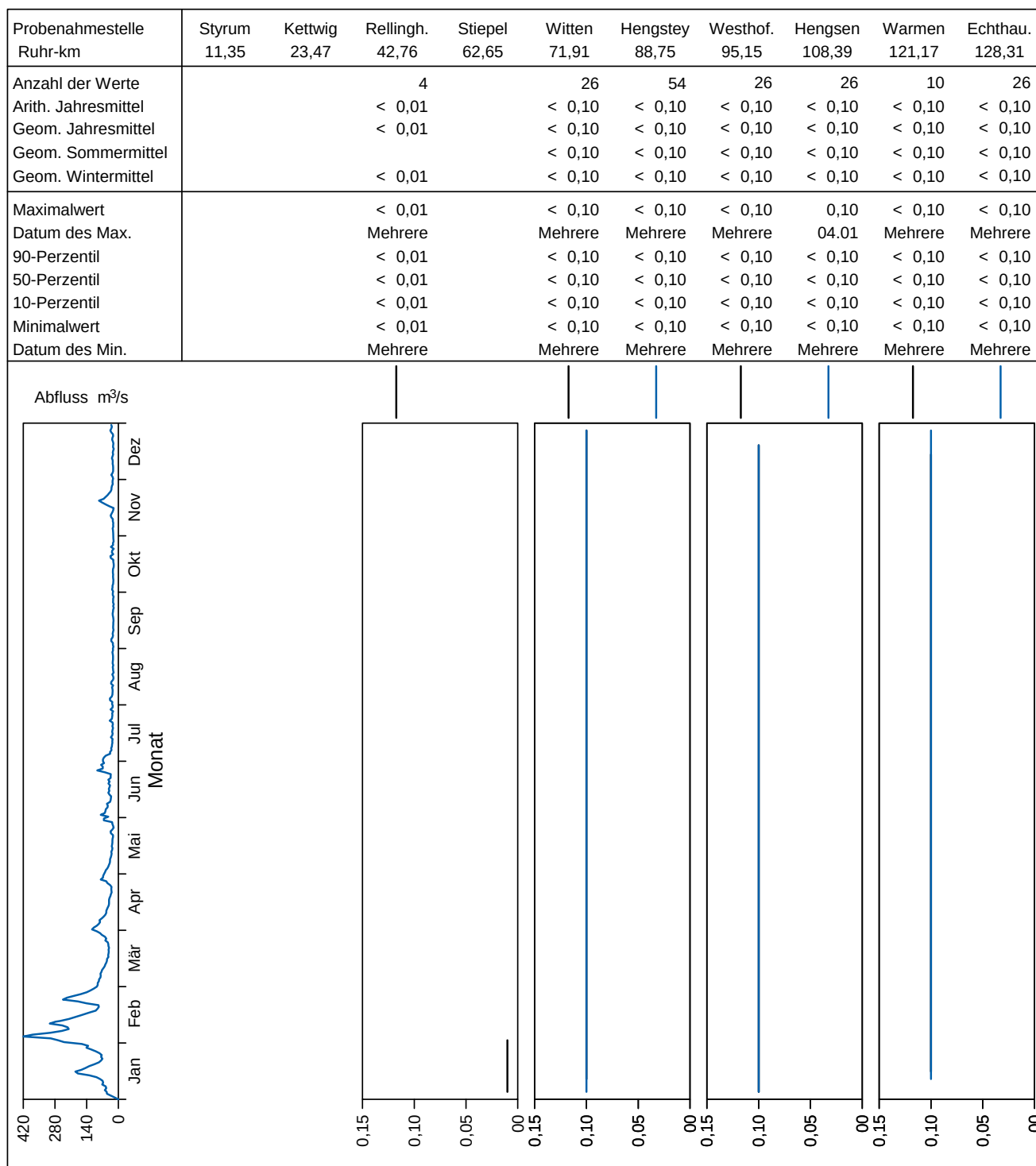


Bild 19.29: Analysenstatistik verschiedener Kenngrößen im Ruhrwasser
Fig. 19.29: Statistics on the analysis of selected parameters in Ruhr water

Kenngröße: Diethyltrinitrilopentaessigsäure (DTPA)

Einheit: µg/l

Zielwert: 10 µg/l

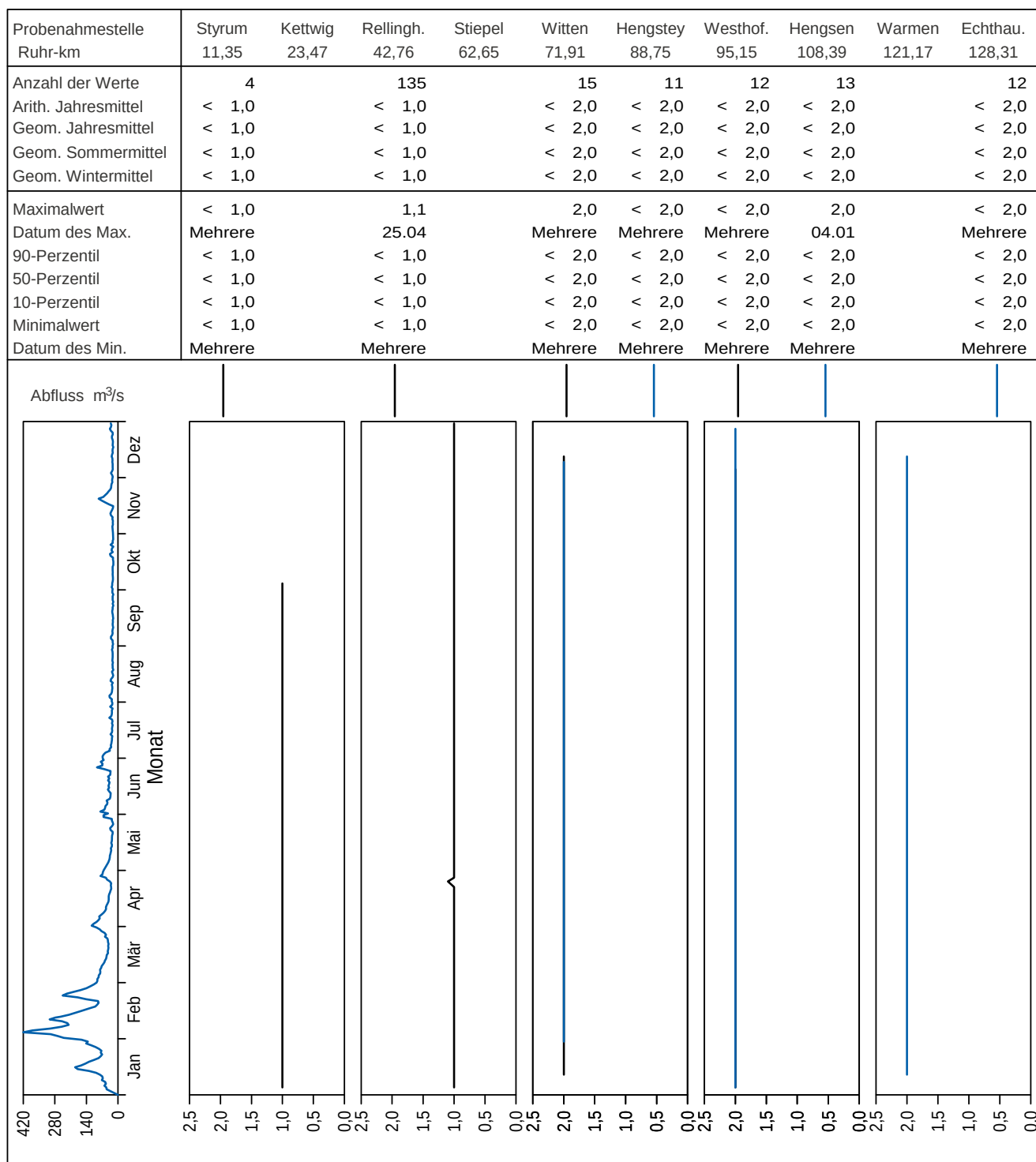


Bild 19.30: Analysenstatistik verschiedener Kenngrößen im Ruhrwasser
Fig. 19.30: Statistics on the analysis of selected parameters in Ruhr water

Kenngröße: Ethylendinitrilotetraessigsäure (EDTA)

Einheit: µg/l

Zielwert: 10 µg/l

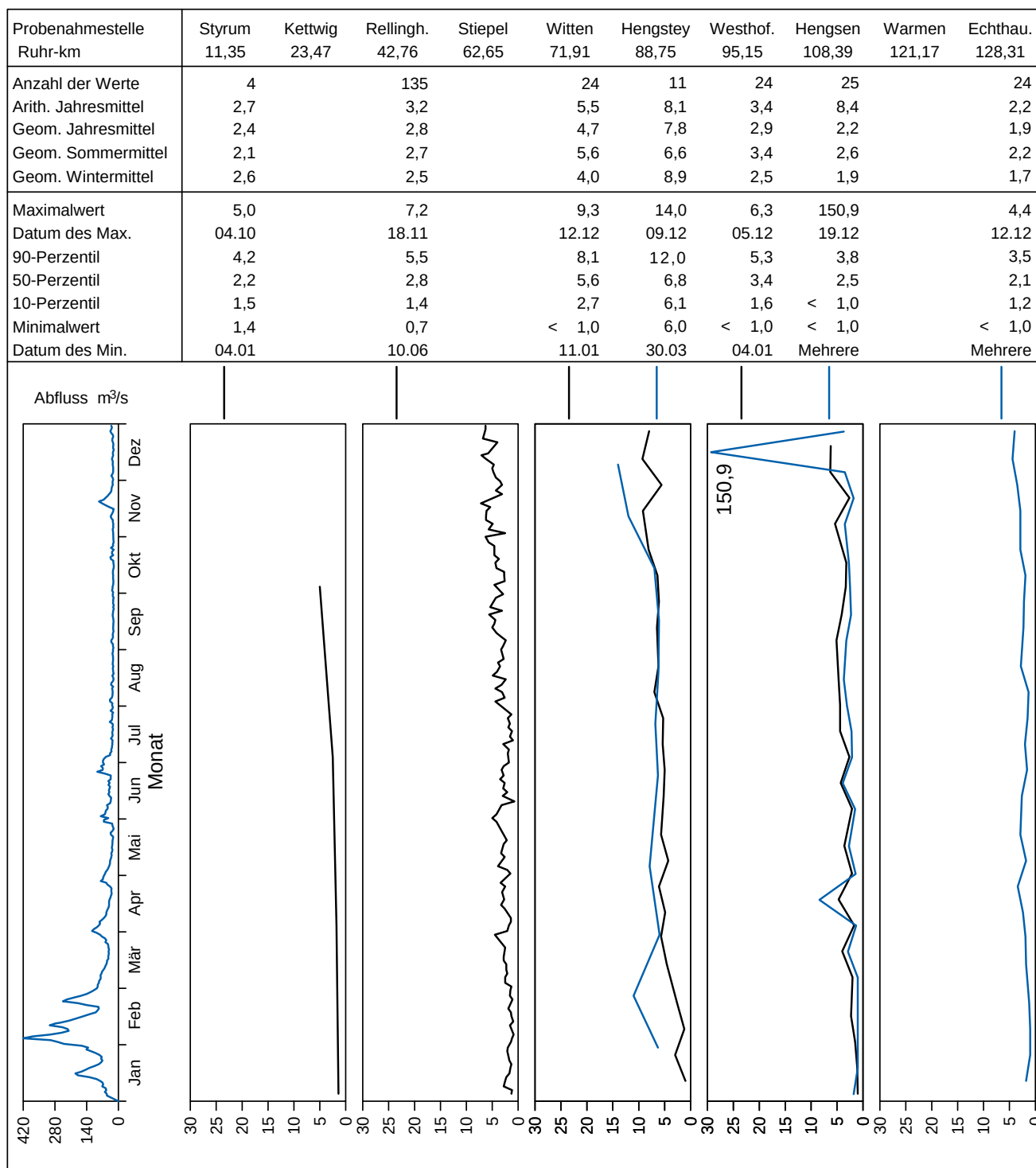


Bild 19.31: Analysenstatistik verschiedener Kenngrößen im Ruhrwasser
Fig. 19.31: Statistics on the analysis of selected parameters in Ruhr water

Kenngröße: Nitrilotriessigsäure (NTA)

Einheit: µg/l

Zielwert: 10 µg/l

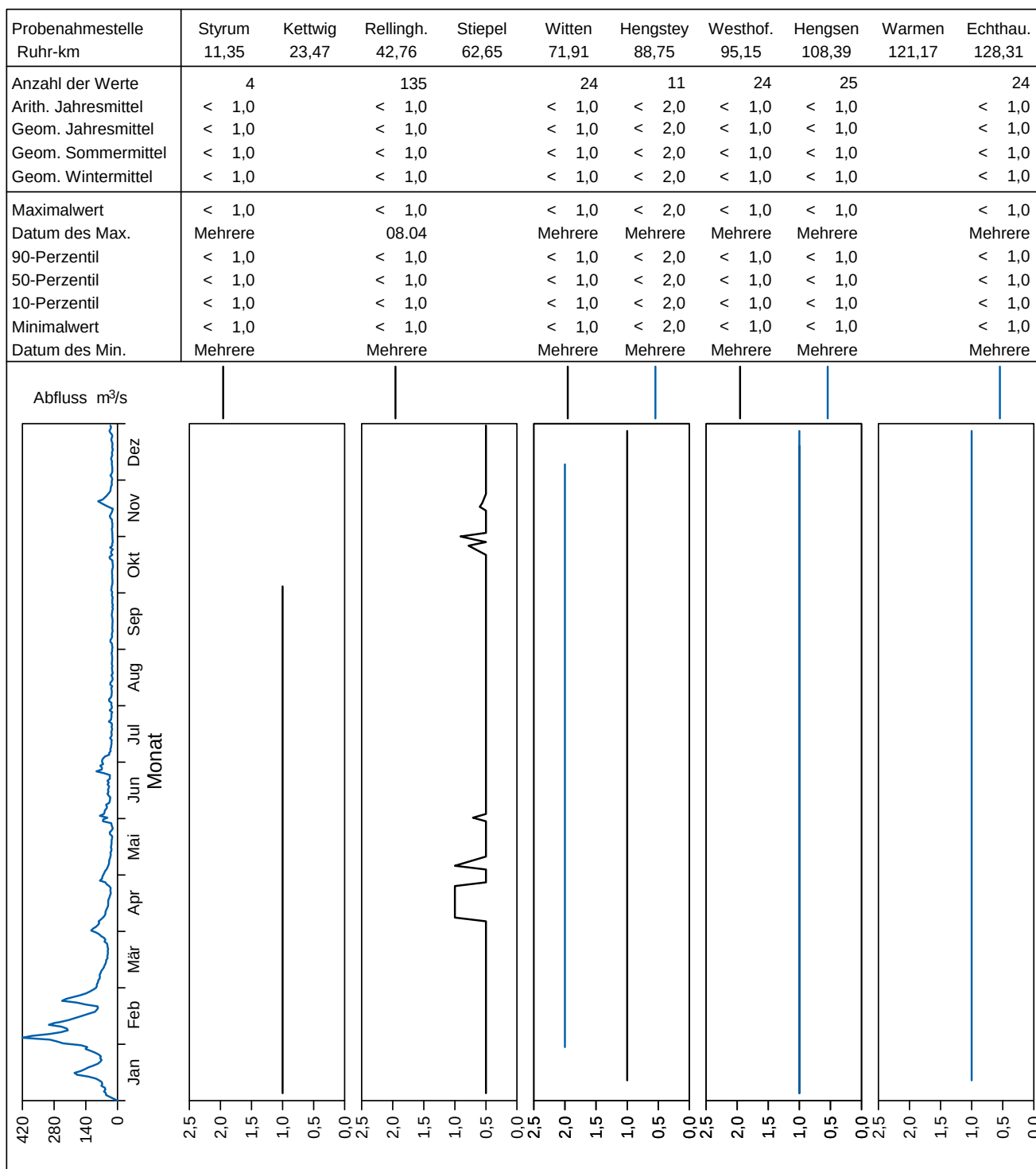


Bild 19.32: Analysenstatistik verschiedener Kenngrößen im Ruhrwasser
Fig. 19.32: Statistics on the analysis of selected parameters in Ruhr water

Tabelle 19.5: Im Ruhrwasser bestimmte PSM und Überschreitungen der Trinkwassergrenzwerte von 100 ng/l bzw. der Zielwerte von 50 ng/l
 Table 19.5: 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

Kenngroße	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 %	Überschrei- tung des 90-Perzentils	Maximal- wert ng/l
Atrazin	98	0	0,0	0	0,0	0	0,0	-	< 50
Bentazon	187	0	0,0	0	0,0	0	0,0	-	< 50
Bifenox	93	0	0,0	0	0,0	0	0,0	-	< 50
Bromoxynil	187	0	0,0	0	0,0	0	0,0	-	< 50
Carbetamid	114	0	0,0	0	0,0	0	0,0	-	< 25
Carfentraton-ethyl	73	0	0,0	0	0,0	0	0,0	-	< 50
Chloridazon	73	0	0,0	0	0,0	0	0,0	-	< 50
Chlorthalonil	113	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	187	0	0,0	0	0,0	0	0,0	-	< 100
2,4-D	187	1	0,5	0	0,0	0	0,0	-	11
Desethylatrazin	98	0	0,0	0	0,0	0	0,0	-	< 50
Desethylterbuthylazin	98	1	1,0	0	0,0	0	0,0	-	31
Desisopropylatrazin	4	0	0,0	0	0,0	0	0,0	-	< 50
Desmedipham	123	0	0,0	0	0,0	0	0,0	-	< 100
Dichlorprop	98	0	0,0	0	0,0	0	0,0	-	< 50
Diffufenikan	98	0	0,0	0	0,0	0	0,0	-	< 50
Dimefuron	114	0	0,0	0	0,0	0	0,0	-	< 25
Diuron	98	0	0,0	0	0,0	0	0,0	-	< 50
Epoxiconazol	77	0	0,0	0	0,0	0	0,0	-	< 50
Ethofumesat	73	0	0,0	0	0,0	0	0,0	-	< 100
Fenpropimorph	77	0	0,0	0	0,0	0	0,0	-	< 50
Flufenacet	212	0	0,0	0	0,0	0	0,0	-	< 50
Fluroxypyr	187	0	0,0	0	0,0	0	0,0	-	< 100
Flurtamone	80	0	0,0	0	0,0	0	0,0	-	< 25
Hexazinon	187	0	0,0	0	0,0	0	0,0	-	< 50
Ioxynil	187	0	0,0	0	0,0	0	0,0	-	< 50
Isoproturon	98	2	2,0	0	0,0	2	2,0	-	76
MCPA	187	7	3,7	0	0,0	0	0,0	-	21
Mecoprop	98	0	0,0	0	0,0	0	0,0	-	< 50
Metamitron	98	0	0,0	0	0,0	0	0,0	-	< 50
Metazachlor	98	0	0,0	0	0,0	0	0,0	-	< 50
Methabenzthiazuron	114	0	0,0	0	0,0	0	0,0	-	< 25
Metolachlor	98	2	2,0	0	0,0	0	0,0	-	27
Metribuzin	73	0	0,0	0	0,0	0	0,0	-	< 50
Pendimethalin	73	0	0,0	0	0,0	0	0,0	-	< 50
Phenmedipham	187	0	0,0	0	0,0	0	0,0	-	< 100
Propiconazol	77	0	0,0	0	0,0	0	0,0	-	< 50
Quinmerac	186	0	0,0	0	0,0	0	0,0	-	< 50
Simazin	77	0	0,0	0	0,0	0	0,0	-	< 50
Tebuconazol	77	0	0,0	0	0,0	0	0,0	-	< 50
Terbuthylazin	98	2	2,0	0	0,0	0	0,0	-	34

Messwerte, Tabellen und Diagramme

Tabelle 19.6: Dokumentierte Messgrößen in alphabetischer Reihenfolge
Table 19.6: Documented measured variables in alphabetical order

Qualitätsmerkmal	Tabelle/Seite	Diagramm/Seite	Längsprofil/Seite
Adsorbierbare organisch gebundene Halogene (AOX)	161	195	175
Ammonium (NH ₄)	161, 162	187	171
Atrazin	201		
Barium (Ba)	161		174
Bentazon	201		
Bifenox	201		
Biochemischer Sauerstoffbedarf in 5 Tagen (BSB ₅)	161		170
Blei (Pb)	161		172
Borat-Bor (B)	161		171
Bromoxynil	201		
Cadmium (Cd)	161, 162	190	172
Calcium (Ca)	161		173
Carbetamid	201		
Carfentraton-ethyl	201		
Chemischer Sauerstoffbedarf (CSB)	161		170, 176
Chlorid (Cl)	161, 162	194	174
Chloridazon	201		
Chlorophyll-a	161	181	169
Chlorthalonil	201		
Chlortoluron	201		
Chrom (Cr)	161	191	172
Clodinafop	201		
Clopyralid	201		
Coliforme Bakterien	161, 162	182	169, 176
2,4-D	201		
Desethylatrazin	201		
Desethylterbuthylazin	201		
Desisopropylatrazin	201		
Desmedipham	201		
Dichlorprop	201		
Diethylentritrilopentaessigsäure (DTPA)	161, 162	198	175
Diflufenikan	201		
Dimefuron	201		
Diuron	201		
Eisen (Fe)	161		173
Elektrische Leitfähigkeit	161, 162	178	169, 176
Epoxiconazol	201		
Ethofumesat	201		
Ethylendinitrilotetraessigsäure (EDTA)	161, 162	199	175, 176
Fenpropimorph	201		
Flufenacet	201		
Fluorid (F)	161, 162		174

Qualitätsmerkmal	Tabelle/Seite	Diagramm/Seite	Längsprofil/Seite
Fluroxypyr	201		
Flurtamone	201		
Gelöster organisch gebundener Kohlenstoff (DOC)	161, 162	184	170
Gelöster Sauerstoff (O ₂)	161, 162	183	170
Gelöstes Eisen (Fe)	161		173
Gelöstes Mangan (Mn)	161	193	173
Gesamtes gelöstes Phosphat (PO ₄)	161, 162	189	171, 176
Hexazinon	201		
Ioxynil	201		
Isoproturon	201		
Kalium (K)	161		174
Kupfer (Cu)	161		172
Magnesium (Mg)	161		173
Mangan (Mn)	161		173
MCPA	201		
Mecoprop	201		
Metamitron	201		
Metazachlor	201		
Methabenzthiazuron	201		
Metolachlor	201		
Metribuzin	201		
Natrium (Na)	161		174
Nickel (Ni)	161, 162	192	172
Nitrat (NO ₃)	161, 162	188	171
Nitrilotriessigsäure (NTA)	161, 162	200	175
Nitrit (NO ₂)	161		171
Organisch gebundener Stickstoff	161		171
Pendimethalin	201		
Phenmedipham	201		
pH-Wert	161, 162	179	169
Polycyclische aromatische Kohlenwasserstoffe	161		175, 176
Propiconazol	201		
Quinmerac	201		
Säurekapazität			
Simazin	201		
Spektraler Absorptionskoeffizient bei 254 nm	161	185	170
Spektraler Absorptionskoeffizient bei 436 nm	161	186	170
Sulfat (SO ₄)	161, 162		174
Tebuconazol	201		
Terbuthylazin	201		
Tetrachlorethen	162	196	
Trichlorethen	162	197	
Trübung	161	180	169
Wassertemperatur	161, 162	177	169
Zink (Zn)	161		172

Bettzieche, V.:

„Materialauslaugung in Bruchstein-Staumauern“

„Elution of Material from Masonry Dams“

(Vortrag anlässlich des DTK-Talsperrensymposiums im Juni 2016 in Freiburg)

Bettzieche, V.; Gamisch, T.:

„Materialauslaugung in Bruchstein-Staumauern.“

„Elution of Material from Masonry Dams“

(Wasserwirtschaft Heft 6, 2016)

Bettzieche, V. et al.:

„Thermo-hydro-mechanische 3-D-Simulation von Staumauern – Modellierung und Validierung“

„Thermo-Hydro-Mechanical 3D-Simulation of a Dam – Modelling and Validation“

(veröffentlicht in: WasserWirtschaft, Heft 9/2016)

Bettzieche, V. et al.:

„Schadenserkennung und -unsicherheiten bei gekoppelten thermo-hydro-mechanischen Problemen an Bruchstein-Staumauern“

„Damage Identification and Uncertainties in Coupled Thermo-hydro-mechanical Problems Applied to Masonry Dams“

(Vortrag anlässlich des 7th international Workshop on reliable Engineering Computing“, June 2016, Bochum)

Bettzieche, V.:

„Kleine Talsperren und kleine Hochwasserrückhaltebecken – Rechtliche Grundlagen“

„Small Dams and small Flood Control Reservoirs – Legal Background“

(Vortrag anlässlich des DWA-Seminars „Kleine Stauanlagen“ DWA-Merkblatt 522 am 07. April 2016 in Darmstadt)

Bettzieche, V.:

„Kleine Talsperren und kleine Hochwasserrückhaltebecken – Zuverlässigkeitsnachweise für kleine Staudämme“

„Small Dams and small Flood Control Reservoirs – Safety Analysis of small Dams“

(Vortrag anlässlich des DWA-Seminars „Kleine Stauanlagen“ am 29. November 2016 in Erfurt)

Dätig, S.:

„Abflussversuch zur Ermittlung der Leistungsfähigkeit einer gelegten Fischbauchklappe“

„Discharge Experiment to Determine the Discharge Capacity of a Completely Lowered Flap Gate“

(Veröffentlicht in: WasserWirtschaft, Heft 9/2016)

Frör, O.; Weiß, S.; Weyand, M.:

„Förderung der Akzeptanz hydromorphologischer Maßnahmen“

„Promotion of the acceptance of hydromorphological measures “

(KW Korrespondenz Wasserwirtschaft, 9. Jahrgang, Heft 9/2016, S. 545-550; ISSN 1865-9926)

Grünebaum, T.:

„Energieeffizienz bei der Wasserbewirtschaftung – Perspektive Praxis“

„Energy efficiency in water management – a practical perspective“

(Statutskonferenz zur BMBF-Fördermaßnahme „Zukunftsfähige Technologien und Konzepte für eine energieeffiziente und ressourcenschonende Wasserwirtschaft“ (ERWAS) am 02. und 03. Februar 2016 in der Philharmonie in Essen)

Hennerkes, J.:

„Erhöhung des Automatisierungsgrades bei einem großen Wasserverband“

„Increase in the degree of automation at a large water board“

(Vortrag anlässlich der VDI und DWA Gemeinschaftstagung

„10. Mess- und Regelungstechnik

in abwassertechnischen Anlagen (MSR)“ vom 09. bis 10. Juni 2015 in Kassel)

Hennerkes, J.:

„Erhöhung des Automatisierungsgrades bei einem großen Wasserverband“

„Increase in the degree of automation at a large water board“

(Automation Blue, IFAT Ausgabe über den Vulkan Verlag, Vulkan-Verlag im Juni 2016)

Hennerkes, J.:

„Alarmphilosophie im Zuge der Automatisierung von Abwasseranlagen beim Ruhrverband“

„Philosophy for handlings of alarms from WWTP's at Ruhrverband“

(Vortrag anlässlich der 50. Essener Tagung in Aachen.

Veranstalter: ISA RWTH Aachen am 22. März 2017 in Aachen)

Jardin, N.:

„Vom „Abwasserfluss“ zum Badegewässer – Abwasserbehandlung als Gesundheits- und Gewässerschutz“

„From a „Wastewater River“ to a bathing river – wastewater treatment as a major element for public health and water protection“

Schriftenreihe IWAR, Band 236 ,

(88. Darmstädter Seminar – Abwassertechnik: Mit Abwasserbehandlung Zukunft gestalten, TU Darmstadt, 2016, ISBN 978-3-940897-36-7)

Jardin, N.:

„Wasser ist immer regional“
"Water is a local commodity"
gwf-Wasser/Abwasser Heft 5/2016, S. 414-418,
ISSN 0016-3651

Jardin, N.:

„Systeme zur Belüftung und Durchmischung von Belebungsanlagen“ (DWA-M 229)
"Systems for aeration and mixing of activated sludge systems" (DWA-M 229)
(Vortrag anl. der DWA-Sonderveranstaltung „Regelwerk Belebungsanlagen“ am 29. September 2016 in Bonn)

Jardin, N.:

„Belüften und Mischen“ (DWA-M 229)
"Systems for aeration and mixing of activated sludge systems" (DWA-M 229)
(Vortrag anl. des DWA-Seminars „Bemessung einstufiger Belebungsanlagen – Informationen zu den Änderungen in den DWA-Regelwerken“ am 10. November 2016 in Nürnberg)

Jardin, N.:

„2. Bewirtschaftungsplan zur Umsetzung der EU-WRRL“
"2. management plan for the implementation of the European Water Framework Directive"
(Vortrag anl. des RV-Forums 2016 am 09. Juni 2016 in Essen)

Jardin, N.:

„Wasserwirtschaft und Stadtentwicklung – Gemeinsam für kommunale Entwicklung“
"Water management and urban development – together for municipal development"
(Vortrag anl. des RV-Forums 2017 am 22. Mai 2017 in Essen)

Klahn, S.:

„Sanierung der Asphaltaußendichtung des Hauptdamms der Biggetalsperre und des Vordamms“
"Restoration of the asphalt outer sealing of the Bigge Reservoir's main and preliminary dams"
(Veröffentlicht in: WasserWirtschaft im Mai 2016)

Kruse, K.; Evers, P.; Jardin, N.:

„Beispiele anaerober Teilstrombehandlung auf kommunalen Kläranlagen“
„Examples of anaerobic treatment partial flow at municipal wastewater treatment plants“
(Vortrag anlässlich des 34. Bochumer Workshops „Kläranlage der Zukunft“ der Gesellschaft zur Förderung des Lehrstuhls für Siedlungswasserwirtschaft und Umwelttechnik an der Ruhr-Universität in Bochum e.V. 2016)

Kruse, K.; Evers, P.; Jardin, N.:

„Beispiele anaerober Teilstrombehandlung auf kommunalen Kläranlagen“
"Examples of anaerobic partial current treatment at municipal sewage treatment plants"
(Vortrag anlässlich des 34. Bochumer Workshops Kläranlage der Zukunft, Bochum 2016.
Schriftenreihe Siedlungswasserwirtschaft Bochum (siwawi), Herausgeber: Gesellschaft zur Förderung des Lehrstuhls für Siedlungswasserwirtschaft und Umwelttechnik an der Ruhr-Universität Bochum e.V.)

Kühlmann, M:

„Qualitätssicherung bei Sonderbauweisen zum Fischauf- und -abstieg“
"Quality assurance at special facility designs for upstream and downstream fish migration"
(Vortrag anlässlich der Fortbildungsveranstaltung des BEW Essen „Durchgängigkeit an Querbauwerken“ am 07. September 2016)

Kühlmann, M; Strehl, C.:

„Von Felchen und Seeforellen – Das Angeln in unseren Talsperren“
"About whitefish and lake trout – fishing at our reservoirs"
(Vortrag anlässlich des NRW-Fischereitages NRW am 23. Oktober 2016 in Recklinghausen)

Kühlmann, M.:

„Die fischereiliche Bewirtschaftung von Talsperren“
"Fishery management of reservoirs"
(Vortrag anlässlich der Gewässerkonferenz der Bezirksregierung Arnsberg am 09. Februar 2017 in Schwerte)

Marner, S. T.; Schröter, D.; Jardin, N.:

„Verfahrenstechnische und energetische Optimierung der Kläranlage Bochum-Ölbachtal“
"Towards energy neutrality by optimising the activated sludge process of the WWTP Bochum Olbachtal"
Gewässerschutz – Wasser – Abwasser, Band 239, S. 28/1-28/11, 2016, ISBN 978-3-938996-45-4

Marner, S. T.; Schröter, D.; Jardin, N.:

"Towards energy neutrality by optimising the activated sludge process of the WWTP Bochum Olbachtal"
„Verfahrenstechnische und energetische Optimierung der Kläranlage Bochum-Ölbachtal“
Water Science & Technology, 73 (12), S. 3057-3063, 2016

Merkel, W.; Strathmann, M.; Tondera, K.; Klaer, K.; Schoenemann, B.; Jardin, N.:

„Sichere Ruhr – Stand und Perspektiven einer zukünftigen Badenutzung“

“Safe River Ruhr – Status and perspectives of bathing possibilities”

(Veröffentlicht in: Gewässerschutz - Wasser - Abwasser, Schriftenreihe des Instituts für Siedlungswasserwirtschaft der RWTH Aachen, Band 236, S. 32/1-31/17, ISBN 978-3-938996-42-3)

Nguyen-Tuan, L.; Könke, C.; Bettzieche, V.; Lahmer, T.:

„Damage Identification and Uncertainties in Coupled Thermo-hydro-mechanical Problems Applied to Masonry Dams“

„Schadenserkenntung und Unsicherheiten bei gekoppelten thermo-hydro-mechanischen Problemen bei Staumauern“

(Correspondence to: Institute of Structural Mechanics, Bauhaus-Universität Weimar 2016)

Oelmann, M.; Czichy, Chr.; Jardin, N.:

“Water Worldwide – new water pricing models respond to decreasing demand in Germany”

„Wasser Weltweit – Neue Wasserpreismodelle antworten auf den sinkenden Bedarf in Deutschland“

(Journal American Water Works Association, 108 (1), S. 20-23, 2016)

Oelmann, M.; Czichy, C.; Jardin, N.:

“New water pricing models respond to decreasing demand in Germany”

„Neue Preisgestaltungsmodelle für Wasser berücksichtigen sinkende Nachfrage in Deutschland“

(Journal AWWR 108, Heft 1, S. 20-23)

Patziger, M.; Günthert, F. W.; Jardin, N.; Kainz, H.; Londong, J.:

“On the design and operation of primary settling tanks in state of the art wastewater treatment and water resources recovery”

„Planung und Betrieb von Vorklärbecken auf Basis heutiger Anforderungen“

(Water Science & Technology, 74 (9), S. 2060-2067, 2016)

Primaßin, L.; Podraza, P.; Huber, C.; Döppner, T.; Wodniok, S.; Sures, B.; Ruchtern, N.:

„Studien zur Filtrationsleistung und Nahrungspräferenz von Corbicula sp. in der Ruhr“

“Studies into filtration performance and food preference of Corbicula sp. in the river Ruhr”

(Vortrag anlässlich der Jahrestagung der Deutschen Gesellschaft für Limnologie vom 26. bis 30. September 2016 in Wien)

Rulich, L.:

„Gewässerentwicklung am Sprockhöveler Bach“

„River rehabilitation at the Sprockhoevel creek“

(Vortrag anlässlich der Gewässerkonferenz der Bezirksregierung Arnsberg am 09. Februar 2017 in Schwerte)

Schmidt, M.; Schneider, J.-H.; Kühlmann, M.:

„Hydroakustisches Echtzeit-Monitoring pelagischer Fische“

“Hydroacoustic real time monitoring of pelagic fishes”

(Veröffentlicht in: Natur in NRW, Heft 3/2016, S. 41-44, ISSN 2197831X)

Schnatmann, C.:

„Sicherer Betrieb von Faulgasanlagen“

“Safety operation of digester gas plants”

(Vortrag anlässlich des 2-tägigen DWA-Seminars vom 27. bis 28. September 2016 in Fulda und vom 09 bis 10. Mai 2017 in Heppenheim)

Weltmann, S.:

„Erneuerung der Stauhöhenerfassung an der Hennetalsperre“

„Renewal of the storage level gauge at the Henne Dam“

(Vortrag anlässlich des 1. Bochumer Hydrometrie-Kolloquiums am 16. Februar 2017)

Weltmann, S.:

„Erneuerung der Stauhöhenerfassung an der Hennetalsperre“

„Renewal of the storage level gauge at the Henne Dam“

(Veröffentlicht in: WasserWirtschaft, 106. Jahrgang, Heft 09/2016, S. 15-17)

Weyand, M.:

„Die Hochwasserrisikomanagementrichtlinie der EU – Herausforderungen und Kooperationschancen für Kommunen und den Ruhrverband“

„The European Floods Directive – Challenges and chances for cooperation between municipalities and Ruhrverband“

(Vortrag anlässlich des RV-Forums am 09. Juni 2016)

Weyand, M.:

„15 Jahre Wasserrahmenrichtlinie – Zwischenbilanz, Herausforderungen, Perspektiven“

„15 Years of Water Framework Directive – interim balance, challenges, perspectives “

(KW Korrespondenz Wasserwirtschaft, 9. Jahrgang, Heft 9/2016, Seite 514 bis 519, ISSN 1865-9926)

Weyand, M.:

„Umsetzung der Bewirtschaftungsplanung nach Wasserrahmenrichtlinie – Konkrete Kooperationsmöglichkeiten mit dem Ruhrverband“

„Implementation of management planning according to the Water Framework Directive – possibilities of cooperation with the Ruhrverband“

(Vortrag anlässlich des RV-Forums am 22. Mai 2017)

Weyand, M.; Podraza, P.:

„Der Fluch der guten Tat – Ursachen des übermäßigen Pflanzenwachstums in den Ruhrstauseen und seine Auswirkungen auf die Freizeitnutzung“

“Evil begets evil – causes of plant mass growth in the impounded lakes of the river Ruhr and its impacts onto leisure activities“

Gewässerschutz – Wasser – Abwasser, Schriftenreihe des Instituts für Siedlungswasserwirtschaft der RWTH Aachen, Band 245, S. 9/1-9/15, veröffentlicht in:

KW Korrespondenz Wasserwirtschaft, 9. Jahrgang, Heft 9/2016, S. 514-519, ISBN 978-3-938996-51-5



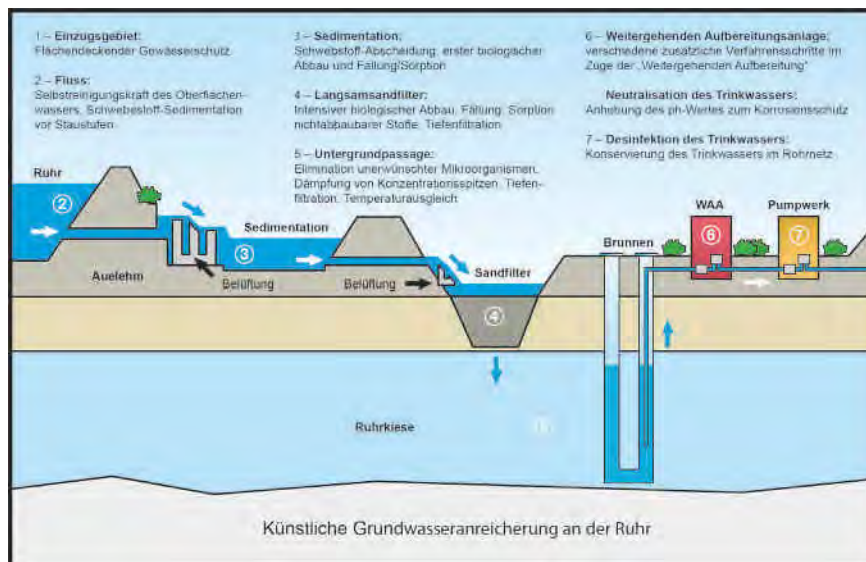
Nachdruck – auch auszugsweise –
nur mit Quellenangabe gestattet.

Gedruckt auf umweltfreundlich hergestelltem Papier
aus 50 Prozent recycelten Fasern.

AWWR-Versorgungsgebiete



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 Ruhreinzugsgebiet 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 Wasserentnahmementgeltes 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 Bewuchseliminierung. 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 mit einem ehrenamtlichen Präsidium und einem Geschäftsführer. Die Unternehmen zwischen Brilon und Mülheim bündeln so ihre Interessenvertretung und fungieren als Ansprechpartner der Wasserwirtschaft an der Ruhr. Im Fokus steht eine gesicherte Trinkwasserversorgung im Ruhreinzugsgebiet und den aus 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 Millionen Menschen im Ruhrgebiet sowie im Münsterland und Sauerland dient, nachhaltig zu schützen.



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



Kronprinzenstraße 37, 45128 Essen

Postfach 10 32 42, 45032 Essen

Telefon (02 01) 1 78 - 0

Fax (02 01) 1 78 - 1425

www.ruhrverband.de

Nachdruck – auch auszugsweise –
nur mit Quellenangabe gestattet.

Gedruckt auf umweltfreundlich hergestelltem
Papier aus 50 % recycelten Fasern.