

AWWR-Mitglieder



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

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



Ruhrgütebericht 2015



AWWR
 Aktiv für Ihr Wasser aus dem Ruhrtal
 c/o
 Vereinsitz:
 Wasserwerke Westfalen GmbH
 Zum Kellerbach 52
 58239 Schwerte
 Telefon (023 04) 95 75-302
 Fax (023 04) 95 75-333

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

www.awwr.de

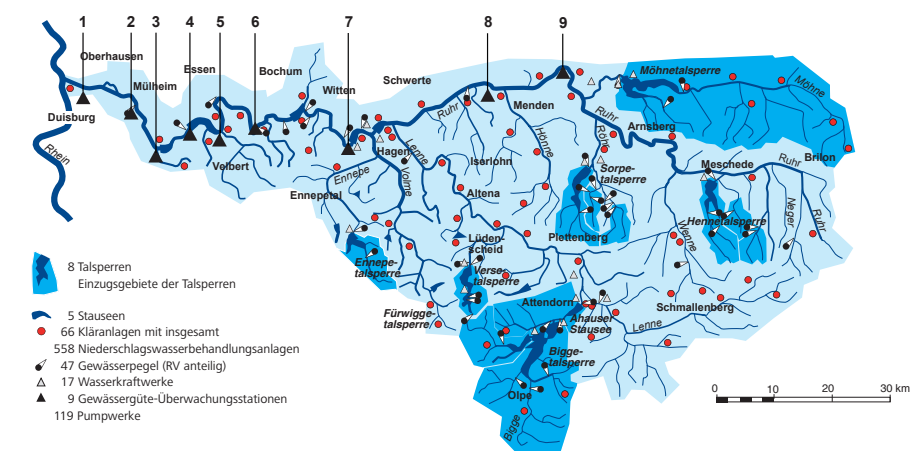


Kronprinzenstraße 37, 45128 Essen
 Postfach 10 32 42, 45032 Essen
 Telefon (02 01) 1 78-0
 Fax (02 01) 1 78-14 25
 www.ruhrverband.de

Nachdruck – auch auszugsweise – nur mit Quellenangabe gestattet.

Gedruckt auf umweltfreundlich hergestelltem Papier aus 50% recycelten Fasern.

Abflussganglinie und Abkürzungsverzeichnis auf der Innenklappe

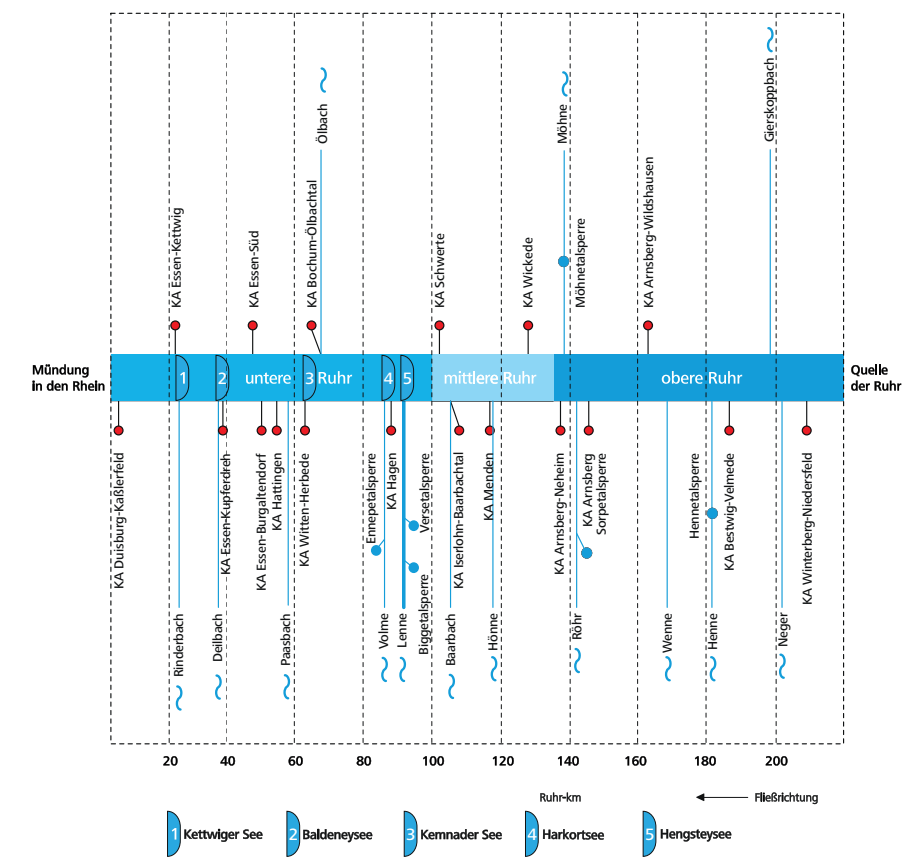


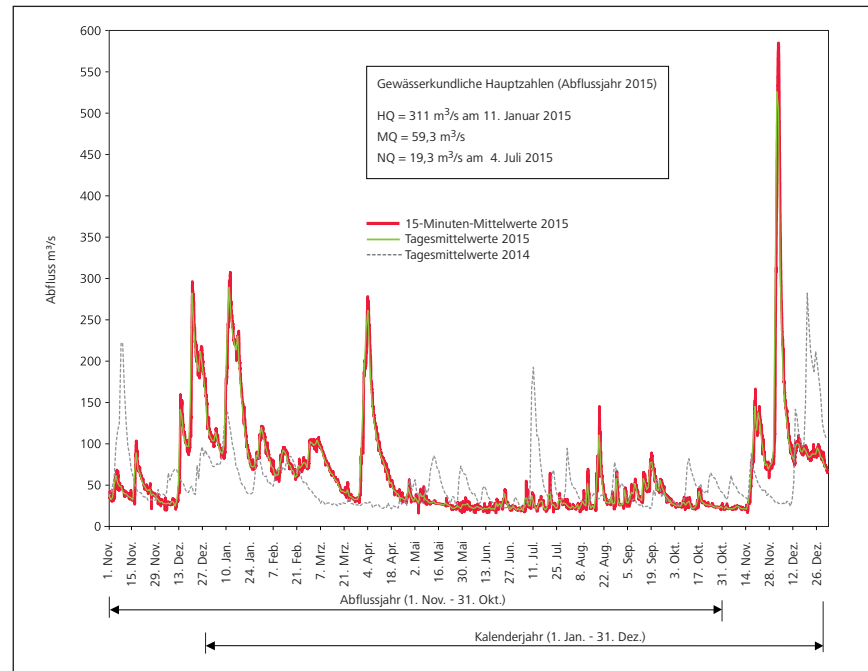
Gewässergüte-Überwachungsstationen (kontinuierlich)

- ▲ 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. Hattungen (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 | |

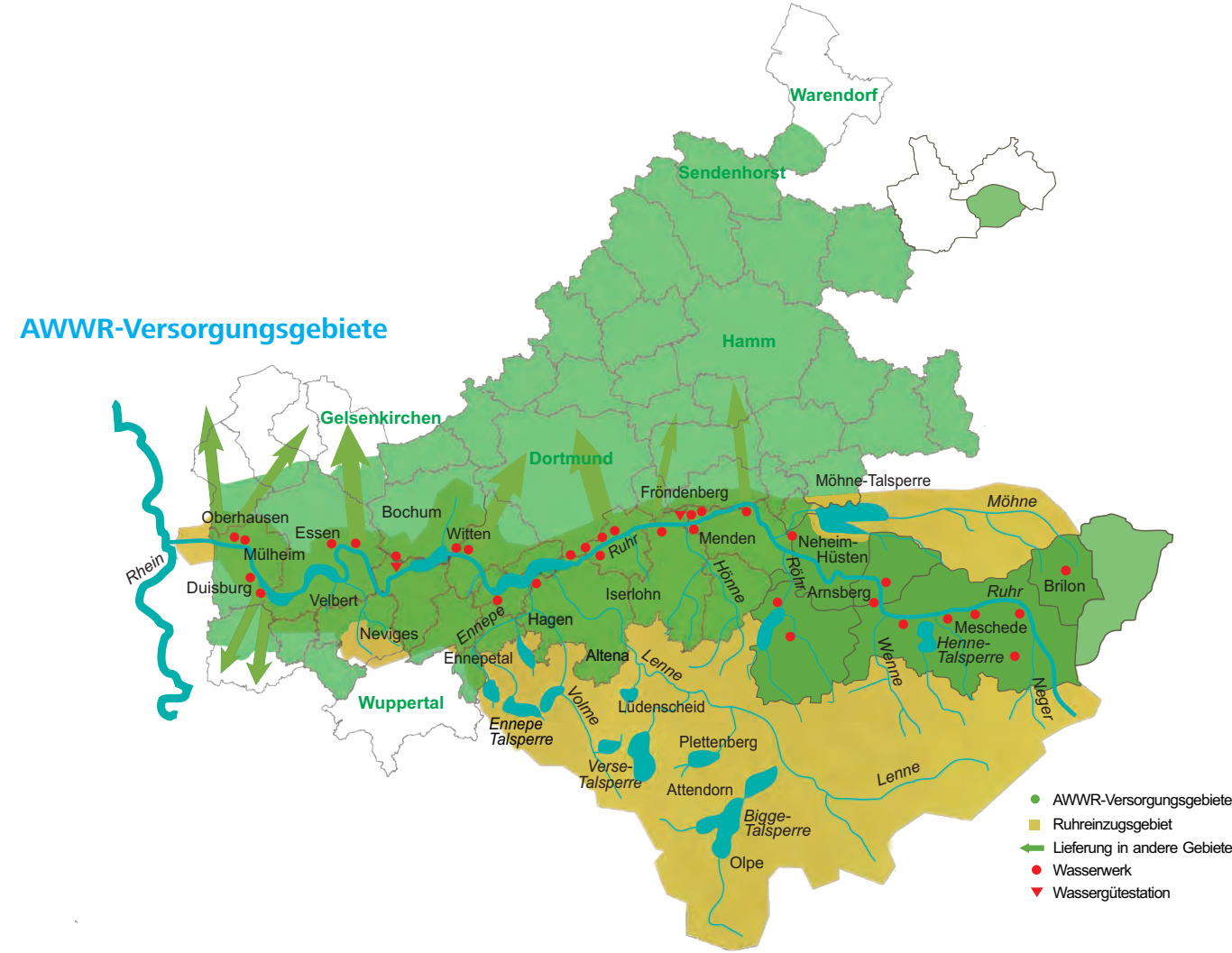




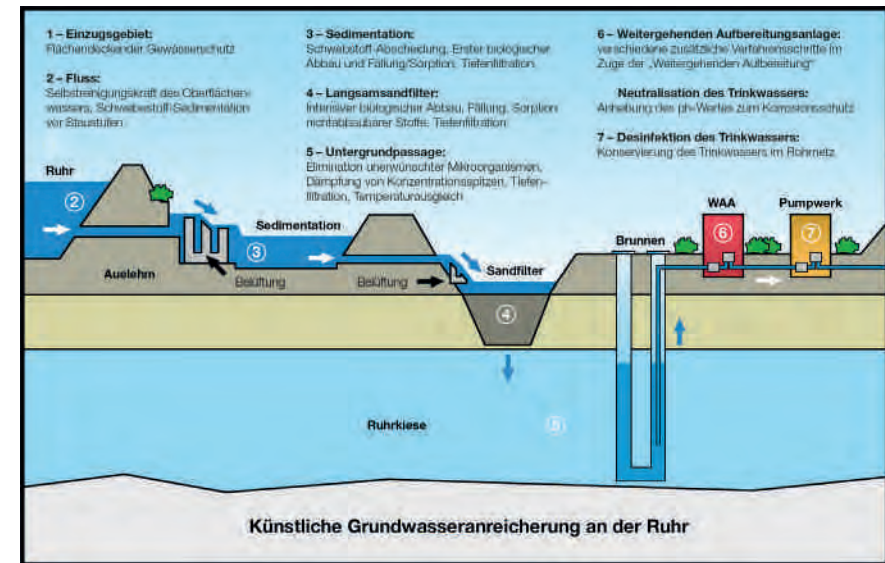
15-Minuten-Mittelwerte und Tagesmittelwerte des Abflusses der Ruhr am Pegel Hattingen/Ruhr im Abfluss- und Kalenderjahr 2015
Runoff means during 15 minutes and 24 hours at the gauging station Hattingen/Ruhr in the water year and calendar year 2015

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 | Bismutative Substanzen (nichtionische Tenside) | mg/l | PAKf | Gelöste Polycyclische Aromatische Kohlenwasserstoffe | µg/l |
| BO ₂ -B | Borat-Bor | mg/l | PBDE | Polybromierte Diphenylether | µg/l |
| BSB ₅₍₂₎ | Biochemischer Sauerstoffbedarf in 5 (2) Tagen | mg/l | PBSM/PSM | Pflanzenbehandlungs- und Schädlingsbekämpfungsmittel/ | µg/kg |
| BTXE | Aromatische Kohlenwasserstoffe | µg/l | | Pflanzenschutzmittel | ng/l |
| CHLA | Chlorophyll-a | µg/l | PCB | Polychlorierte Biphenyle | mg/kg |
| CSB | Chemischer Sauerstoffbedarf (der Gesamtprobe) | mg/l | PCDD | Polychlorierte Dibenzodioxine | ng/kg |
| DEHP | Diethylhexylphthalat | µg/l | PCDF | Polychlorierte Dibenzofurane | ng/kg |
| DOC | Gelöster Organisch Gebundener Kohlenstoff | mg/l | PFT | Perfluorierte Tenside | ng/l |
| DTPA | Diethylentripropylpentaessigsäure | µg/l | pH | pH-Wert | |
| EDTA | Ethylendinitriolotetraessigsäure | µg/l | Q | Abfluss | m³/s |
| EG-WRRL | EG-Wasserrahmenrichtlinie | | S | Saprobienindex | |
| HMWB | Erhöhtlich veränderter Wasserkörper (Heavily Modified Water Body) | | SAK 254 | Spektraler Absorptionskoeffizient bei 254 nm | m ⁻¹ |
| ISS | Sauerstoffsättigungsindex (relative Sauerstoffsättigung) | % | SAK 436 | Spektraler Absorptionskoeffizient bei 436 nm | m ⁻¹ |
| IVF | In vivo Fluoreszenz | mV | ST | Sichttiefe | dm |
| K _{s,4.3} | Säurekapazität | mmol/l | TBP | Tributylphosphat | µg/l |
| LAS | Lineare Alkylbenzolsulfonate | µg/l | TCEP | Tris-(2-chloroethyl)phosphat | µg/l |
| LF | Elektrische Leitfähigkeit | µS/cm | TCEP | Tris-(2-chlorisopropyl)phosphat | µg/l |
| LHKW | Leichtflüchtige Halogenkohlenwasserstoffe | µg/l | TEP | Triethylphosphat | µg/l |
| MBAS | Methylenblauaktive Substanzen (anionische Tenside) | mg/l | TIC | Gesamter Anorganisch Gebundener Kohlenstoff | mg/l |
| MCPA | 2-Methyl-4-Chlorphenoxyessigsäure | g | TIN | Gesamter Anorganisch Gebundener Stickstoff | mg/l |
| m ₁ | Trockenmasse | g | TN | Gesamtstickstoff | mg/l |
| MTBE | Methyl-tertiär-Butylether | mg/l | TOC | Gesamter Organisch Gebundener Kohlenstoff | mg/l |
| NH ₄ -N | Ammonium-Stickstoff | mg/l | TON | Gesamter Organisch Gebundener Stickstoff | mg/l |
| NO ₂ -N | Nitrit-Stickstoff | mg/l | TP | Gesamtposphor | mg/l |
| NO ₃ -N | Nitrat-Stickstoff | mg/l | TPf | Gesamtposphor im Filtrat (mit Aufschluss) | mg/l |
| NPE | Nonylphenoethoxylate | µg/l | T _w | Wassertemperatur | °C |
| NTA | Nitrioltriessigsäure | µg/l | w _i | Trockenrückstand | % |
| NWB | Natürlicher Wasserkörper (Natural Water Body) | | | | |
| O ₂ | Gelöster Sauerstoff | mg/l | | | |



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.

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.

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

Titelbild:
Links: Rheokrene Quelle des Waldbachs (Nebenbach des Ölbachs) bei Dortmund-Bövinghausen mit kiesigem Untergrund.
Mitte: Gefasste Quelle der Ruhr bei Winterberg, ein beliebtes touristisches Ausflugsziel.
Rechts: Helokrene Quelle des Enderbachs bei Herdecke mit Begleitflora (Winkelsegge und Milzkraut).



Ruhrgütebericht **2015**

| | | | |
|---|-----|--|-----|
| Bericht des Ruhrverbands | 4 | Die Arbeitsgemeinschaft der Wasserwerke an der Ruhr e. V. (AWWR) im Jahr 2015 | 130 |
| Vorwort | 6 | Bericht des Vorsitzenden der AWWR | 132 |
| In Kürze | 8 | 13 AWWR-Ausschusstätigkeit | 134 |
| 1 Wasserführung der Ruhr | 18 | – Ausschuss Wassergüte | 134 |
| 2 Grundlagen der Bewertung von Gewässeranalysedaten im Ruhrgütebericht | 19 | – Ausschuss Wassergewinnung und -aufbereitung | 137 |
| 3 Zeitlich dichte physikalisch-chemische Überwachungen der Ruhr | 25 | – Ausschuss Öffentlichkeitsarbeit | 137 |
| – Ergebnisse der wöchentlichen Untersuchungen | 27 | Beiträge aus Wasserwerken und Institutionen | 138 |
| – Ergebnisse an der Messstelle Ruhr bei Essen-Rellinghausen und Gewässerüberwachungsstationen | 27 | 14 Organische Spurenstoffe in der Ruhr | 138 |
| 4 Physikalisch-chemische Untersuchungen der Ruhr und ihrer Nebengewässer | 36 | – Fortsetzung des Monitorings der AWWR | 138 |
| – Die Ruhr im Längsverlauf | 36 | 15 Einbindung eines Non-Target-Screenings in die Routineuntersuchung von Wasserproben auf Spurenstoffe | 150 |
| – Monitoring gemäß EG-WRRL | 42 | 16 Weitergehende Aufbereitung des Trinkwassers an der Ruhr: Das neue Essener Verfahren | 154 |
| 5 Organische Mikroverunreinigungen in der Ruhr | 48 | 17 Fischdurchgängigkeit an der mittleren Ruhr | 158 |
| 6 Hydrobiologische Untersuchungen der Ruhr und ihrer Nebengewässer | 63 | – Die Projekte der Wasserwerke Westfalen GmbH (WWW) | 158 |
| – Untersuchungen des Makrozoobenthos | 63 | 18 Organisation der Arbeitsgemeinschaft der Wasserwerke an der Ruhr e.V. (AWWR) | 164 |
| – Trophie der Ruhr | 78 | – Mitglieder und ständige Gäste | 164 |
| 7 Talsperrenuntersuchungen | 96 | – Kontakte | 164 |
| – Biggetalsperre | 96 | – Ausschüsse und Arbeitskreise | 165 |
| Sonderthemen | 104 | 19 Die AWWR in Zahlen | 167 |
| 8 Untersuchungen von Quellwässern im Ruhreinzugsgebiet | 104 | 20 Analysenergebnisse des Ausschusses Wassergüte | 168 |
| 9 Baden in der Ruhr – Ergebnisse aus dem Forschungsprojekt „Sichere Ruhr“ | 112 | – Einführung | 168 |
| 10 Registrierte Gewässerverunreinigungen des Jahres 2015 | 122 | – Kommentar zu den Untersuchungsergebnissen | 170 |
| 11 Leistungen der Kläranlagen des Ruhrverbands | 124 | Auswahl von Veröffentlichungen | 212 |
| 12 Der Ruhrverband in Zahlen | 128 | | |

Contents

| | | | |
|--|-----|--|-----|
| Report of the Ruhrverband | 4 | Association of Ruhr Waterworks (AWWR) in 2015 | 130 |
| Preface | 7 | Report of the AWWR Chairman | 132 |
| In brief | 13 | 13 Activities of AWWR committees | 134 |
| 1 Flow of the River Ruhr | 18 | – Water quality committee | 134 |
| 2 Fundamentals for the evaluation of analysis data for surface waters in the Ruhr Water Quality Report | 19 | – Water catchment committee | 137 |
| 3 Continuous physico-chemical Ruhr water monitoring | 25 | – Public relations committee | 137 |
| – Results of the weekly Ruhr examinations | 27 | Reports from waterworks and institutions | 138 |
| – Measuring point Ruhr at Essen-Rellinghausen and water monitoring stations | 27 | 14 Organic trace substances in the Ruhr | 138 |
| 4 Physico-chemical examinations of the Ruhr and its tributaries | 36 | – continuation of the AWWR monitoring | 138 |
| – Examinations along the Ruhr | 36 | 15 Integration of a non-target screening in the routine monitoring of water samples for trace substances | 150 |
| – Physico-chemical examinations in line with the European Water | 42 | 16 Extended treatment of drinking water from the Ruhr: The new procedure practiced in Essen | 154 |
| 5 Organic micropollutants in the Ruhr | 48 | 17 Fish migration in the Middle Ruhr – The projects of Wasserwerke Westfalen GmbH (WWW) | 158 |
| 6 Hydrobiological examinations of the Ruhr and its tributaries | 63 | 18 Structure of the AWWR | 164 |
| – Macrozoobenthos examination | 63 | – Members and permanent guests | 164 |
| – Trophic situation in the Ruhr | 78 | – Contacts | 164 |
| 7 Reservoir examinations | 96 | – Committees and working groups | 165 |
| – The Bigge Reservoir | 96 | 19 The AWWR – facts and figures | 167 |
| Special topics | 104 | 20 Analytical findings of the water quality committee | 168 |
| 8 Examinations of spring water in the Ruhr catchment area | 104 | – Introduction | 168 |
| 9 Bathing in the Ruhr | 112 | – Explanation and annotation | 170 |
| – Results of the research project “Safe Ruhr” | 112 | Selection of publications | 212 |
| 10 Registered cases of water pollution in 2015 | 122 | | |
| 11 Performance of the Ruhrverband’s sewage treatment plants | 124 | | |
| 12 The Ruhrverband – facts and figures | 128 | | |



Im Sommer 2015 sanierte der Ruhrverband die Asphaltichtung des Biggehauptdamms. Die aufwändigen Arbeiten erforderten eine zeitweilige Absenkung des Stauspiegels der Talsperre.



Mit dem jährlichen Ruhrgütebericht informieren der Ruhrverband und die Arbeitsgemeinschaft der Wasserwerke an der Ruhr seit mehr als 40 Jahren transparent und nachvollziehbar über die Qualitätsentwicklung der Ruhr und ihrer Nebengewässer. Neben den Standardthemen befasst sich der Ruhrgütebericht auch immer wieder mit aktuellen Fragestellungen, die in Sonderkapiteln dargestellt werden. In diesem Jahr wird insbesondere über die Ergebnisse aus dem BMBF-Forschungsprojekt „Sichere Ruhr – Badegewässer und Trinkwasser für das Ruhrgebiet“ berichtet.

Entscheidend für die Bewertung eines Badegewässers gemäß europäischer Badegewässerrichtlinie sind die Parameter *E. coli* und Intestinale Enterokokken. Sie gelten als die zurzeit am besten geeigneten „Anzeiger“ für akute hygienische bzw. fäkale Verunreinigungen. Eine Bilanzierung der Eintragspfade in die Ruhr zeigt, dass durch Mischwasserentlastungen bei oder nach Regenereignissen die maßgeblichen hygienisch relevanten Frachten eingetragen werden. Die Bewertung potenzieller Badestellen hängt daher maßgeblich davon ab, wie stark das Gewässer durch Mischwasserentlastungen oder Hochwasserereignisse nach Regenwetter belastet ist. Bei Trockenwetter werden die Vorgaben der Badegewässerrichtlinie in der Regel eingehalten. Allerdings wird ein sicherer Badebetrieb nicht ohne ein Badeverbot bei stärkeren Regenereignissen und an den darauffolgenden Tagen möglich sein. Zum Schutz der Badenden ist daher eine zeitnahe Information der potenziellen Badegäste mittels eines Frühwarnsystems, das im Forschungsvorhaben entwickelt wurde, erforderlich. Zur weiteren Verbesserung der hygienischen Bedingungen und damit der Sicherheit der Badenden sollten auch im Sinne des Bewirtschaftungsgedankens der Badegewässerverordnung NRW die unmittelbar oberhalb von Badestellen einleitenden Kläranlagen mit einer zusätzlichen UV-Desinfektion ausgestattet werden. Im nächsten Jahr, wenn die Stadt Essen „Grüne Hauptstadt Europas“ ist, soll erstmals wieder im Baldeneysee gebadet werden können. Ein Erfolg, der unter anderem auf die Anstrengungen des Ruhrverbands zur Verbesserung der Gewässergüte zurückgeht.

Die Qualitätssteigerung spiegelt sich auch in den Bewertungen gemäß EG-WRRL und OGewV wider. Bei den gewässerökologischen Untersuchungen an der Ruhr und ihren Nebengewässern im Jahr 2015 wurden 133 von 139 Stellen im Hinblick auf den saprobiellen Zustand mit „gut“ oder „sehr gut“ bewertet. Etwas anders sieht es bei der Bewertung des Moduls „Allgemeine Degradation“ aus. Hier weisen lediglich 47 % der in den Jahren 2010 bis 2015 untersuchten Probenahmestellen im Einzugsgebiet der Ruhr einen guten bzw. sehr guten Zustand auf. Ursache für den noch nicht „guten“ Zustand sind mehrheitlich die nutzungsbedingt veränderten Gewässerstrukturen. Hier zeigt sich noch viel Potenzial zur Aufwertung der ökologischen Qualität der Fließgewässer. Allerdings bedeutet die erhebliche Verschärfung der Umweltqualitätsnormen in der ab Juni dieses Jahres geltenden Oberflächengewässerverordnung auch, dass der „gute“ chemische Zustand nicht nur im Ruhreinzugsgebiet, sondern auch bundesweit weitgehend verfehlt wird. Ursache hierfür sind die Überschreitungen bei den überwiegend diffus eingetragenen Stoffen wie Polybromierte Diphenylether (PBDE), Benzo(a)pyren, Heptachlor oder Quecksilber.

Auch wenn der Schwerpunkt der zur Erreichung des guten ökologischen Zustands noch umzusetzenden Maßnahmen weiterhin im Bereich der Hydromorphologie liegt, räumt das NRW-Umweltministerium im zweiten Bewirtschaftungszyklus nun zusätzlich der stofflichen Beschaffenheit der Gewässer einen deutlich breiteren Stellenwert ein. Ein Augenmerk der Behörden soll zukünftig auf der Reduzierung des Eintrags von Mikroverunreinigungen in den Wasserkreislauf liegen. Im neuen Maßnahmenprogramm werden daher für insgesamt zwölf Kläranlagen des Ruhrverbands Untersuchungen zur Reduzierung sonstiger Stoffeinträge gefordert. Eine Entscheidung über den Ausbau der Kläranlagen mit einer so genannten vierten Reinigungsstufe kann allerdings nach unserer Überzeugung nur auf Basis belastbarer Erkenntnisse zu den Ursache-Wirkung-Beziehungen erfolgen. Die Analyse der stofflichen Beschaffenheit von Kläranlagen- und Gewässerabfluss sowie die Bewertung des biologischen Gewässerzustands anhand der Makrozoobenthoszönose werden daher zukünftig auch unter diesem Blickwinkel betrachtet werden. Damit sollen verlässliche Aussagen über die tatsächliche Relevanz von Mikroschadstoffeinträgen aus der Siedlungsentwässerung auf den chemischen und ökologischen Gewässerzustand abgeleitet werden.

Die sehr geringe Algenkonzentration und der ausgeglichene Sauerstoffhaushalt in der unteren Ruhr im Jahr 2015 sind weitere Zeichen für die ausgezeichnete Wasserqualität und positiv für die gesamte aquatische Fauna. Die Ruhrstauseen wiesen auch im letzten Jahr wieder einen Makrophyten-dominierten Zustand auf, wobei besonders im Baldeneysee eine Zunahme der Pflanzendiversität zu beobachten war. Hier zeigt sich auch einer der größten Nutzungs- bzw. Zielkonflikte der letzten Jahre. Einerseits ist die Makrophytendominanz und -vielfalt in den Ruhrstauseen aus Sicht der Ökologen begrüßenswert und entspricht sogar dem Idealzustand eines Flachwassersees gemäß europäischer Wasserrahmenrichtlinie, andererseits sind die Ruhrstauseen aufgrund des aus der verbesserten Wasserqualität resultierenden vermehrten Pflanzenwachstums als Wassersportreviere nur noch sehr eingeschränkt nutzbar. Eine Lösung dieses Konflikts ist vermutlich nur unter großen Anstrengungen und im Zusammenspiel aller Nutzergruppen erreichbar.

Allen Akteuren der Wasserwirtschaft an der Ruhr danken wir für ihre stetigen Bemühungen zur Verbesserung der Ruhrwasserqualität. Den Leserinnen und Lesern des 43. Ruhrgüteberichts wünschen wir eine anregende Lektüre.

Essen, im Juli 2016



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



Professor Dr.-Ing.
Norbert Jardin

With the Ruhr Water Quality Report, which is being published annually, the Ruhrverband and the Association of Ruhr Waterworks have been informing for more than 40 years now about the development of the water quality of the Ruhr and its tributaries in a transparent and comprehensible manner. Apart from covering the standard topics, the Ruhr Water Quality Report always looks into current issues described in special chapters. This year, it primarily reports on the results of the research project "Safe River Ruhr – Bathing Waters and Drinking Water for the Ruhr area" of the Federal Ministry of Education and Research (BMBF).

In line with the European Bathing Water Directive, the parameters *E. coli* and intestinal enterococci are decisive factors for the evaluation of bathing waters. To date, they are considered the best indicators for acute sanitary or faecal pollution. An assessment of entry paths into the Ruhr shows that the highest loads with sanitary relevance occur due to combined sewer overflows during or after rainy weather. The assessment of potential bathing spots therefore significantly depends on the fact how strongly the water is impacted by combined sewer overflows or flooding after precipitation. During dry weather, the requirements of the Bathing Water Directive are usually met. Bathing, however, will certainly not be possible without temporary bans during and on the days after rainy weather. Timely communication through an early warning system, which has been developed as part of the project, is necessary to protect bathers. In order to further improve the sanitary conditions and thus the safety of bathers, the sewage treatment plants with inflows located right upstream of potential bathing spots should be equipped with additional UV disinfection facilities – also in line with the management philosophy of the Bathing Water Regulation of the State of North Rhine-Westphalia. Next year, when the city of Essen will be the "European Green Capital 2017", bathing in Lake Baldeney shall be possible once again – a success that can in part be attributed to the Ruhrverband's efforts to improve the water quality.

The increasing quality is also reflected in the evaluations according to the European Water Framework Directive and the Surface Water Regulation. The hydro-ecological examinations along the Ruhr and its tributaries in 2015 revealed a "good" or "high" saprobic condition at 133 out of 139 sampling points. The results

are different when it comes to the module "general degradation": Here, only 47 % of the sampling points examined between 2010 and 2015 in the Ruhr catchment area showed a "good" or "high" condition. Modified water structures due to certain uses are the main reason that a "good" status could often not be reached. This reveals a lot of potential for improving the ecological quality of flowing waters. The fact that the environmental quality standards have been significantly tightened through the Surface Water Regulation that entered into force in June 2016, however, leads to a situation where a "good" chemical condition cannot be reached not only in the Ruhr catchment area but throughout the whole country. The main cause are substances mostly from diffuse sources that exceed their limits such as brominated diphenyl-ethers, benzo[a]pyrene, heptachlor or mercury.

Even though the measures that need to be implemented in order to reach a good ecological status still concentrate on hydromorphology, the North Rhine-Westphalian Ministry for Environment has now added a much stronger focus on the composition of substances in the waters in the second management plan. The authorities will take a closer look at reducing the input of micropollutants into the water cycle in future. This is why the new programme of measures calls for investigations on reducing other types of substance input at 12 of the Ruhrverband's sewage treatment plants. We are convinced, however, that a decision regarding the installation of a so-called fourth treatment level at the treatment plants can only be made on the basis of reliable findings regarding the cause-effect relationships. In future, the analysis of the substance composition in the outlets of sewage treatment plants and waters as well as the evaluation of the biological water condition based on the macrozoobenthos cenosis will therefore have to be considered from this perspective as well. This approach shall generate reliable information on the actual relevance of the input of micropollutants from urban draining systems for the chemical and ecological water condition.

The very low algae concentration and the balanced oxygen level in the lower Ruhr provided further proof of an excellent water quality in 2015 with positive effects on the entire aquatic fauna. The Ruhr's impounding lakes once again showed a macrophyte-dominated state last year. Especially in Lake Baldeney, an increasing plant diversity could be documented – where the conflict between usage and objectives during the past years becomes most evident. On the one hand, a dominance and diversity of macrophytes in the Ruhr's impounding lakes is desirable from an ecological point of view and even corresponds to the ideal condition of a shallow lake according to the European Water Framework Directive. On the other hand, the stronger plant growth resulting from the improved water quality limits the possibilities for water sports activities in the Ruhr's impounding lakes. A solution for this conflict can probably only be found through a major effort and in close coordination of all groups involved.

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 43rd Ruhr Water Quality Report will be an inspiration for its readers.

Wasserführung der Ruhr

Die Wasserführung eines Gewässers prägt maßgebend die aquatische Flora und Fauna und beeinflusst die unterschiedlichen Nutzungsmöglichkeiten. Zur Abmilderung negativer Auswirkungen extrem hoher oder niedriger Abflüsse und zum Ausgleich von Entnahme und Entziehung betreibt der Ruhrverband ein Talsperrenverbundsystem. Wie im Vorjahr wies der betrachtete Zeitraum keine Hochwasserereignisse auf. Zeiten mit erhöhter Wasserführung gab es im Dezember, Januar und April, wobei der höchste Abfluss am Pegel Hattingen am 11. Januar 2015 mit $HQ_{2015} = 311 \text{ m}^3/\text{s}$ registriert wurde. Das Abflussjahr 2015 war bei einem $MQ_{2015} = 59,3 \text{ m}^3/\text{s}$ am Pegel Hattingen das siebte zu trockene Abflussjahr in Folge. Von April bis Juni fiel seit dem Jahr 1927 in Summe für diesen Zeitabschnitt erst zwei Mal weniger Niederschlag. Im Juni war an der Ruhrmündung zur Stützung der Wasserführung an 23 Tagen Zuschuss aus den Talsperren 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 (flussgebietsspezifische Schadstoffe) und 8 (prioritäre Stoffe) sowie der Werte der Anlage 7 (allgemeine physikalisch-chemische Qualitätskomponenten) der Oberflächengewässerverordnung (OGewV) bewertet, welche u.a. die Einstufung, Darstellung und Überwachung des ökologischen Zustands, des ökologischen Potenzials und des chemischen Zustands von Oberflächengewässern regelt. Ergänzend finden gesetzlich nicht verbindliche Orientierungswerte des Leitfadens „Monitoring Oberflächengewässer“ des Landes NRW, 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.

Der ökologische Zustand eines Wasserkörpers oder 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 im 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.

Zeitlich dichte physikalisch-chemische Überwachungen der Ruhr

Zur Überprüfung der Qualität der Oberflächengewässer werden zahlreiche physikalisch-chemische Untersuchungen durchgeführt. So werden die Nährstoffkonzentrationen und die organische Belastung an sechs Probenahmestellen der Ruhr seit dem Jahr 1965 wöchentlich und seit inzwischen über 90 Jahren die Ruhr an der Probenahmestelle Essen-Rellinghausen dreimal wöchentlich auf eine Vielzahl von Parametern untersucht. Die Erkenntnisse aus diesen beiden Probenahmeprogrammen werden durch kontinuierlich anfallende Messergebnisse der Gewässerüberwachungsstationen ergänzt.

Die Summenparameter BSB_5 und TOC sowie der pH-Wert werden mit „gut“ bewertet. Die Kenngrößen Chlorid, Sulfat, ortho-Phosphat-Phosphor sowie Nitrit-Stickstoff und Ammonium-Stickstoff halten die Anforderung an den guten ökologischen Zustand ein. Auch für Nitrat-Stickstoff erfolgt eine Bewertung in „gut“. Mit Ausnahme der Gütestationen Duisburg und Essen-Kettwig entsprechen die Sauerstoffgehalte dem guten Zustand. Für Gesamtphosphor erfolgt erstmalig seit dem Jahr 2003 die Bewertung mit „mäßig“. Des Weiteren entspricht die Temperatur von April bis November nicht dem guten Zustand. Die prioritären und prioritär gefährlichen Schwermetalle Blei, Nickel, Cadmium und Quecksilber erreichen entsprechend den Umweltqualitätsnormen den guten chemischen Zustand. Kupfer und Zink werden in „gut“ eingestuft. Chrom erreicht sogar die Einstufung in „sehr gut“.

Physikalisch-chemische Untersuchungen der Ruhr und ihrer Nebengewässer

Die seit vielen Jahren mehrmals jährlich an zwölf Stellen durchgeführten Ruhrlängsuntersuchungen ergaben im Jahr 2015 gemäß der OGewV für fast alle physikalisch-chemischen Parameter eine gute bzw. sehr gute Bewertung. An wenigen Stellen kam es in den Sommermonaten zu Über- bzw. Unterschreitungen der Qualitätsanforderung für die Parameter pH-Wert, Sauerstoff und Phosphor. Nitrat-Stickstoff erfüllte mit großem Abstand die Vorgaben der OGewV. Im Oberlauf und in der Mittleren Ruhr wurde die Anforderung für Zink und

Cadmium (nur Oberlauf) nicht eingehalten. Im weiteren Fließverlauf erreichen die Gehalte beider Metalle den guten Zustand. Die Schwermetalle Blei, Nickel und Kupfer halten dagegen an allen untersuchten Stellen die UQN bzw. die Anforderung der Anlage D4 ein.

Neben der Ruhrlängsuntersuchung wurden im Rahmen des operativen Monitorings in Abstimmung mit dem Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz NRW (LANUV) nach EG-WRRL in acht Planungseinheiten insgesamt 34 Gewässer untersucht. Nitrat-Stickstoff sowie die Metalle Quecksilber, Selen, Silber und Thallium in der gelösten Phase befinden sich an den jeweils untersuchten Probenahmestellen im sehr guten bzw. guten Zustand. Die Wassertemperatur wird an vier Untersuchungsstellen mit „mäßig“ bewertet. In der Unteren Lenne und in der Bigge verfehlt der pH-Wert insgesamt dreimal den guten Zustand. Der TOC wird an sechs der 59 Messstellen mit „mäßig“ eingestuft. Die Pflanzennährstoffe Phosphor und Ammonium-Stickstoff überschreiten die Qualitätskomponenten der OGewV neun- bzw. sechsmal. Der Chlorgehalt erhält im Oelbach eine mäßige Bewertung. In der Planungseinheit Möhne verfehlen die prioritären Stoffe, Blei, Cadmium und Nickel drei- bzw. viermal den „guten“ Zustand. Nickel wies auch im Baarbach erhöhte Konzentrationen auf. Zudem erfolgt für 45 % der Probenahmestellen bei Zink und 7 % bei Kupfer eine mäßige Einstufung. Zusätzlich wurde an ausgewählten Probenahmestellen auf flussgebietspezifische und gesetzlich nicht geregelte Stoffe wie weitere Schwermetalle, Arzneimittel, Röntgenkontrastmittel, PBSM, PAK, PFT, LHKW und PCB untersucht.

Organische Mikroverunreinigungen in der Ruhr

Im Jahr 2015 wurden in der Ruhr mehr als 400 zu den organischen Mikroverunreinigungen zählende Substanzen – wie Flammschutzmittel, Komplexbildner, Weichmacher, Industriechemikalien, Pestizide, Diagnostika und Medikamente, sowie teilweise deren Abbauprodukte – routinemäßig untersucht. Soweit nicht anders erwähnt beziehen sich die aufgeführten Konzentrationen auf die Probenahmestelle in Essen-Rellinghausen.

Aus dem in Kläranlagen gut abbaubaren Antidiabetikum Metformin wird der Metabolit Guanylarnstoff gebildet, der mit durchschnittlich 3,8 µg/l in der Ruhr die höchste Konzentration aller untersuchten organischen Mikroverunreinigungen aufweist. Mit einem Mittelwert von 0,35 µg/l stellt das neu in das Messprogramm aufgenommene Psychopharmakon Amisulprid eines der mengenmäßig bedeutendsten Arzneimittel dar. Valsartansäure, ein Abbauprodukt der zur Blutdrucksenkung eingesetzten Sartane, überschreitet mit im Mittel 0,31 µg/l knapp den Gesundheitlichen Orientierungswert (GOW) von 0,3 µg/l. Mittlere Konzentrationen über 0,1 µg/l weisen u. a. das Antiepileptikum Gabapentin, das Schmerzmittel Diclofenac und der Betablocker Metoprolol auf. Die mengenmäßig relevantesten Röntgenkontrastmittel sind Iomeprol, Iopamidol und Amidotrioesäure. Die vier Süßstoffe Acesulfam, Cyclamat, Saccharin

und Sucralose werden regelmäßig mit Gehalten oberhalb der jeweiligen Bestimmungsgrenze detektiert.

Die Konzentrationen der hinsichtlich ihrer Toxizität als unbedenklich geltenden aber biologisch schwer abbaubaren Komplexbildner EDTA und DTPA sind in den letzten Jahren rückläufig. Insbesondere DTPA, das im Jahre 2011 noch mit einer mittleren Konzentration von fast 10 µg/l bestimmt wurde, konnte im Jahr 2015 lediglich in 4 % der Proben mit Werten über der Bestimmungsgrenze von 1 µg/l gemessen werden.

Für rund 10 % der untersuchten 137 Pestizide und einige ihrer Metabolite wurden Messwerte oberhalb der analytischen Bestimmungsgrenzen ermittelt, wobei keine Überschreitungen der JD-UQN bzw. GOW festgestellt wurden. Regelmäßig wurden Desphenylchloridazon, ein Metabolit des im Rübenanbau eingesetzten Chloridazons, sowie Metazachlor ESA, ein Metabolit des Herbizids Metazachlor, und das Herbizid Mecoprop nachgewiesen.

Bei den überwiegend aus diffusen Quellen stammenden Polycyclischen Aromatischen Kohlenwasserstoffen werden die JD-UQN für Phenanthren und Naphthalin sicher eingehalten, während die sehr niedrige JD-UQN von 0,00017 µg/l für Benzo[a]pyren an der Probenahmestelle Brücke Oeventrop überschritten wird. Für die Summe der sechs relevanten, als prioritär gefährlich eingestuften Polybromierten Diphenylether (PBDE) wird die zulässige Höchstkonzentration von 0,14 µg/l nicht überschritten. Bei den acht untersuchten Vertretern der Polychlorierten Biphenyle (PCB) wurde in allen Wasserproben die analytische Bestimmungsgrenze von 0,001 µg/l nicht überschritten. Für die kurzkettigen Chloralkane (SCCP) wurden auch 2015 die JD-UQN von 0,4 µg/l und die zulässige Höchstkonzentration von 1,4 µg/l der OGewV sicher eingehalten. Sechs der neun untersuchten Organophosphate wurden regelmäßig mit Werten oberhalb der Bestimmungsgrenzen detektiert, wobei TCP, TCEP, TEP und TBEP den allgemeinen Vorsorgewert von 0,1 µg/l überschreiten.

Zwar wird die sehr niedrige UQN für PFOS von 0,65 ng/l mit einem Jahresmittel von 8,3 ng/l überschritten, doch ist die Belastung der Ruhr mit einer mittleren Konzentration von 18 ng/l für die Summe aus PFOA und PFOS für die Trinkwassergewinnung ohne Belang.

Mit einem Jahresmittelwert von 0,84 µg/l für 1H-Benzotriazol ist, wie im vorherigen Jahr, erneut ein leichter Rückgang festzustellen, ebenso wie für die Tolyltriazole 4-Methyl-1H-Benzotriazol und 5-Methyl-1H-Benzotriazol, deren Konzentrationen sich allerdings auf niedrigerem Niveau bewegen. Die mittlere Konzentration des Desinfektionsmittels Triclosan lag mit 0,0081 µg/l im Vergleich zum Vorjahr niedriger und hielt die JD-UQN sicher ein.

Hydrobiologische Untersuchungen der Ruhr und ihrer Nebengewässer

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. Bei den gewässerökologischen Untersuchungen an der Ruhr und ihren Nebengewässern im Jahr 2015 können 133 von 139 Stellen im Hinblick auf den saprobiellen Zustand mit „gut“ oder „sehr gut“ bewertet werden. Von den insgesamt im Zeitraum 2010 bis 2015 untersuchten 652 hydrobiologischen Probenahmestellen zeigen rund 95 % einen guten oder sehr guten saprobiellen Zustand. Mit Blick auf die Allgemeine Degradation weisen 47 % der in diesem Zeitraum untersuchten Probenahmestellen im Einzugsgebiet der Ruhr einen guten bzw. sehr guten Zustand oder ein gutes ökologisches Potenzial auf. Ursache für den defizitären Zustand an mehr als der Hälfte der Probenahmestellen sind vielfach die nutzungsbedingt veränderten Gewässerstrukturen, die an vielen Untersuchungsstellen zukünftig bei der Bewertung durch die nun vorliegende Einstufung in HMWB-Fallgruppen berücksichtigt werden.

Das Jahr 2015 zeichnete sich durch sehr geringe Algenkonzentrationen in der Unteren Ruhr aus, so dass sich in Folge auch kaum algivores Zooplankton entwickeln konnte. Als Ursache werden das in den oberen Ruhrstauseen verstärkte Auftreten von Makrophyten mit ihrem konkurrierenden Nährstoff- und Lichtbedarf bzw. der zunehmende Einfluss von algenfressenden *Corbicula*-Muscheln diskutiert. 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 keine negativen Auswirkungen auf die Fischfauna festgestellt werden. Die Ruhrstauseen wiesen im Jahr 2015 wieder einen Makrophyten-dominierten Zustand auf, wobei die Dominanz der Wasserpest *Elodea nuttallii* nicht mehr so ausgeprägt wie in den Jahren zuvor war. Die Zunahme der Pflanzendiversität war besonders im Baldeneysee deutlich, der nach 2009 im aktuellen Jahr erneut ausgedehnte Massenbestände aufwies. Diese reichten bis in die Bereiche der Regattastrecken hinein, so dass es notwendig wurde, durch Mahd die Beeinträchtigung der Wassersportnutzung zu verringern. Erstmals bildeten sich auch im Kettwiger Stausee lokal in Ufernähe größere mit *Elodea nuttallii* bewachsene Bereiche.

Talsperrenuntersuchungen – Biggetalsperre

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. In den letzten 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.

Die im Jahr 1965 in Betrieb genommene Biggetalsperre bildet zusammen mit der als Vorbecken betriebenen Listertalsperre ein Talsperrensystem und ist mit 171,7 Mio. m³ Stauraum die größte und wasserwirtschaftlich bedeutendste Talsperre im Ruhreinzugsgebiet. Zu ihren Aufgaben zählen die Sicherung einer Mindestwasserführung in der unteren Ruhr, der Hochwasserschutz, die Energieerzeugung, und sie bietet viele Freizeitmöglichkeiten. Die Listertalsperre dient auch der lokalen Trinkwasserversorgung.

Im Sommer 2015 hat die bisher größte Sanierungsmaßnahme an der Biggetalsperre stattgefunden, bei der die Asphaltichtung des Damms und des Absperrbauwerks am Vorbecken Kessenhammer erneuert wurde. Die hierfür nötige Absenkung des Wasserspiegels ab Jahresbeginn um rund 15 Meter hatte aber auf die trophischen Verhältnisse der Biggetalsperre keinen negativen Einfluss, so dass die Einstufung sicher in mesotroph erfolgte. Auswirkungen auf die jahreszeitliche Entwicklung von Nährstoffen und Chlorophyll-a waren trotz des geringeren Stauinhalts nicht festzustellen. Es war eine vergleichsweise niedrige Primärproduktion vorhanden, wobei im August eine Massenentwicklung des Flagellaten *Cryptomonas marssonii* festzustellen war. Das Zooplankton ist mit einem hohen Anteil an großen Filtrierern an meso- bis oligotrophe Verhältnisse angepasst. Das Ende August zu erkennende metalimnische Sauerstoffdefizit löste sich mit fortschreitender Durchmischung schon Mitte September wieder auf.

Untersuchung von Quellwässern im Ruhreinzugsgebiet

Die seit 19 Jahren durchgeführten exemplarischen Untersuchungen an 30 Quellen im Ruhreinzugsgebiet geben Aufschluss darüber, wie die geologischen Gegebenheiten und lokalen Unterschiede in der Bewirtschaftung in den Quellgebieten die Wasserinhaltsstoffe beeinflussen. Zudem können die gewonnenen Untersuchungsergebnisse zur Bestimmung der Hintergrundbelastung dienen, wodurch sich einige chemische Gegebenheiten in der Ruhr relativieren und entsprechend bei der Bewertung berücksichtigt werden können. Es lassen sich teilweise deutliche Unterschiede in der Wasserbeschaffenheit der Quellen feststellen, die auch durch regionale geologische Besonderheiten bedingt sind. So weisen die Quellwässer in den verkarsteten Kalkgebieten am östlichen Nordrand des Ruhreinzugsgebiets die höchsten Härtegrade auf, während das Wasser in sumpfigen bzw. moorigen Regionen weich ist. Aufgrund der starken Versauerung sind in diesen Quellwässern auch Aluminium- oder Zinkkonzentrationen festzustellen, die auf bestimmte Gruppen der Gewässerfauna

toxisch wirken können. Erwähnenswert ist, dass in der Listerquelle offenbar natürlich gebildete halogenierte Kohlenwasserstoffe in hohen Konzentrationen gemessen werden. Am Haarstrang nördlich von Möhne und Ruhr aber auch im südwestlichen Teil des Ruhreinzugsgebiets ist die Quellwasserbeschaffenheit maßgeblich landwirtschaftlich beeinflusst und weist Belastungen durch die Pflanzennährstoffe Nitrat und Phosphor auf. Der Einfluss durch Urbanisierung, Landwirtschaft, Gewerbe und Industrie führt bei vielen Parametern im Fließverlauf von den Quellen bis zur Ruhrmündung zu einem Anstieg der Belastung, die sich aber meist in einem Bewertungsbereich von „gut“ oder „sehr gut“ bewegt. Allerdings gilt das nicht für alle Wasserinhaltsstoffe, so ist z.B. beim Nitrat bereits in den Quellwässern eine mäßige Grundbelastung anthropogenen Ursprungs im Ruhreinzugsgebiet vorhanden.

Baden in der Ruhr – Ergebnisse aus dem Forschungsprojekt „Sichere Ruhr“

Kenntnisse über den hygienischen Gewässerzustand der Ruhr sind angesichts ihrer vielfältigen Nutzungen von großer Bedeutung. Langjährige Datenreihen belegen eine Verbesserung der hygienischen Wasserqualität der Ruhr als Folge von Neubau- und Ertüchtigungsmaßnahmen in der Abwasserreinigung. Die Novellierung der europäischen Badegewässerrichtlinie im Jahr 2006 war für den Ruhrverband Anlass, die hygienischen Untersuchungen hinsichtlich einer möglichen Eignung der Ruhr als Badegewässer zu intensivieren. Zum Jahresbeginn 2012 startete unter Beteiligung des Ruhrverbands das BMBF-Forschungsprojekt „Sichere Ruhr – Badegewässer und Trinkwasser für das Ruhrgebiet“ mit dem Ziel, die Bedingungen zu beschreiben, unter denen die Sicherheit für die Trinkwassergewinnung erhöht und Bademöglichkeiten an der Ruhr geschaffen werden können.

Die mikrobiologischen Untersuchungen an der unteren Ruhr erfolgten von April 2012 bis Mai 2013 an acht Probenahmestellen zwischen Essen-Steele und Mülheim-Styrum. Die Gesamtzellzahl sowie die Koloniezahl zeigten dabei keine Abhängigkeit der Ergebnisse von der Jahreszeit. Im Gegensatz zu den coliformen Bakterien zeigten *E. coli* und die intestinalen Enterokokken im Herbst etwas höhere Werte als im übrigen Jahr. Im Sommer wurden für *Clostridium perfringens* tendenziell niedrigere Werte ermittelt. Bei den fakultativ pathogenen Umweltbakterien *Aeromonas* spp. sowie *Pseudomonas aeruginosa* ergaben sich Hinweise eines möglichen Einflusses von Starkregenereignissen auf die Belastung im Gewässer. Für die beiden in Abwässern vorkommenden obligaten Pathogene *Campylobacter* spp. und *Salmonella enterica* konnte eine Saisonalität mit höherer Befundhäufigkeit im Winter als im Sommer gezeigt werden. Entgegen der Erwartung traten im Sommer die höheren Werte für Cryptosporiden auf, während für die Giardien im Herbst und im Winter die höchsten Werte gemessen wurden. Die Untersuchungen auf Vogelschistosomen der Gattung *Trichobilharzia* ergaben, dass die Voraussetzungen für eine Badedermatitisinfektion grundsätzlich gegeben sind. Die positiven Befunde waren für Rotaviren und Coliphagen

in der Badesaison seltener als in den kalten Jahreszeiten. Die Nachweise für Enteroviren und Polyomaviren waren im Sommer und Herbst häufiger. Für Adenoviren war die Nachweishäufigkeit ganzjährig hoch und erreichte in der Badesaison sogar 100 %.

Eine differenzierte quantitative mikrobiologische Risikobewertung des Badens in der Ruhr für die Gastroenteritis-Erreger ergab für Rotaviren und Noroviren ein höheres Erkrankungsrisiko als für Cryptosporidien und Giardien, wobei bei den Viren das Erkrankungsrisiko saisonabhängig und in der Badesaison niedriger als im übrigen Jahr ist. Für die Personengruppe unter 18 Jahren wurde ein größeres Erkrankungsrisiko durch Rota- und Noroviren als für Erwachsene festgestellt.

Eine Bilanzierung der Eintragspfade zeigte für *E. coli* im Trockenwetterfall die höchsten Frachtanteile im Kläranlagenablauf, während bei Regenereignissen die Mischwasserentlastungen die maßgeblichen hygienisch relevanten Frachten eintrugen.

Die Bewertung eines potenziellen Badegewässers am Seaside Beach hängt maßgeblich davon ab, wie stark das Gewässer durch Mischwasserentlastungen oder Hochwasserereignisse nach Regenwetter belastet ist. Ein Badebetrieb wird daher nicht ohne ein Badeverbot bei Regenwetter und an den darauffolgenden Tagen möglich sein. Zum Schutz der Badenden ist mittels Frühwarnsystem eine zeitnahe Kommunikation erforderlich.

Ein besonderes Kennzeichen des Forschungsprojekts „Sichere Ruhr“ war die Partizipation der Bürgerinnen und Bürger. In der Bevölkerung ist eine hohe Wertschätzung für das Baden in der Ruhr vorhanden und es besteht die Bereitschaft, einen finanziellen Beitrag für die konkrete Umsetzung zu leisten.

Die im Projekt erarbeiteten Ergebnisse und Erkenntnisse zum Thema Flussbaden stellen die Basis für einen vom Ruhrverband verfassten Handlungsleitfaden dar, der am Beispiel des Baldeysee und der unteren Ruhr umfassend über die Anforderungen, die mit einer Badenutzung auf der Basis der EG-Badegewässerrichtlinie verbunden sind, informiert.

Registrierte Gewässerverunreinigungen des Jahres 2015

Im Jahr 2015 sind dem Ruhrverband bzw. den ansässigen Wasserwerken sieben als relevant einzustufende Gewässerverunreinigungen mit unterschiedlichen Auswirkungen auf die betroffenen Gewässer gemeldet worden. Drei registrierte Gewässerverunreinigungen waren allein auf Großbrände zurückzuführen, von denen sich zwei auf industriellen Betriebsgeländen und einer in einer Lagerhalle eines landwirtschaftlichen Betriebs ereigneten. Sowohl die Ursachen als auch die Verursacher sind in sechs Fällen bekannt. Bei fünf der aufgeführten Vorfälle waren die aquatischen Biozönosen nicht betroffen. Bei einem durch Pestizide verursachten Ereignis wurde die Fischfauna geschädigt. Bei einer weiteren Gewässerverunreini-

gung war eine mäßige Beeinträchtigung der Benthaltbiozönose festzustellen. Die Trinkwassergewinnung war bei keiner der genannten Gewässerverunreinigungen beeinträchtigt.

Leistungen der Kläranlagen des Ruhrverbands

Bei einem Anschlussgrad von 99 % der EinwohnerInnen im Ruhreinzugsgebiet wurden auf den 66 Verbandskläranlagen im Jahr 2015 rund 372 Mio. m³ Abwasser gereinigt, wovon 73 % auf die Jahresschmutzwassermenge und 27 % auf das mitbehandelte Niederschlagswasser entfallen. Den Kläranlagen wurde eine Gesamtzulaufkraft von rund 99 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 37.485 t Schlamm-trockenmasse in Verbrennungsanlagen entsorgt werden. Die angelieferten Mengen an Fettsäureinhalten sowie die Küchen- und Speiseabfälle für die Co-Vergärung konnten im Vergleich zum Vorjahr um 56 % bzw. 14 % deutlich gesteigert werden.

Um den Energiebezug zu senken, werden auf 29 Kläranlagen insgesamt 49 Blockheizkraftwerke betrieben, durch die rund 41,5 Mio. kWh/a Strom erzeugt wurden. Der Gasertrag lag bei 24,3 Mio. Nm³/a. Eine weitere Energiequelle wurde durch die Aufstellung von bisher zwölf Solaranlagen erschlossen. Durch die genannten Maßnahmen konnte in den letzten fünf Jahren der Strombezug um 16,3 % gesenkt und der Gesamtstromverbrauch der Kläranlagen um 5,3 % 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. Just like during the previous year, no flooding occurred in 2015. December, January and April were times with high runoffs. The highest runoff at the Hattingen gauging station was recorded on January 11, 2015 at $HQ_{2015} = 311 \text{ m}^3/\text{s}$. With an $MQ_{2015} = 59,3 \text{ m}^3/\text{s}$ at the Hattingen gauging station, the runoff year 2015 became the seventh runoff year in a row with too dry conditions. Since 1927, there have only been two years with less combined rainfall from April to July. In June, the reservoirs had to release water to support the Ruhr's flow at its mouth on a total of 23 days.

Fundamentals for the evaluation of analysis data for surface waters in the Ruhr Water Quality Report

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 provides guidance on the classification, documentation and monitoring of the ecological condition, the ecological potential and the chemical condition of surface waters. In addition, the legally non-binding reference values in the "Guidelines on monitoring surface waters" issued by the State of North Rhine-Westphalia, appendices D4 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.

The ecological status of a body of water or 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). In 2015, the monitored sampling points in HMWB are therefore 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.

Continuous physico-chemical Ruhr water monitoring

Numerous physico-chemical tests are carried out to monitor the quality of surface waters. In the Ruhr, the nutrient concentrations and the organic load have been measured weekly at six sampling points ever since 1965. 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. The results of these two sampling programmes are being complemented by continuous measuring results from the water monitoring stations.

The composite parameters BOD_5 and TOC as well as the pH-value were evaluated as "good". The parameters chloride, sulphate, orthophosphate-phosphorus as well as nitrite nitrogen and ammonium nitrogen met the criteria for a good ecological condition. Nitrate nitrogen was also classified as "good". With the exception of the quality stations Duisburg and Essen-Kettwig, all stations showed "good" oxygen levels. For the first time since 2003, total phosphorus was classified as "moderate". In addition, the water temperature between April and November could not be classified as "good". The priority and priority hazardous heavy metals lead, nickel, cadmium and mercury reached a "good" chemical condition according to the Environmental Quality Standards. Copper and zinc were classified as "good" and chrome even reached a "high" status.

Physico-chemical examinations of the Ruhr and its tributaries

The examinations along the Ruhr that have been carried out for many years several times a year at twelve representative points revealed a "good" or "high" status for almost all physico-chemical parameters according to the Surface Water Regulation in 2015. Only at a few stations, the parameters pH-value, oxygen and phosphorus did not meet the quality criteria during the summer months. Nitrate nitrogen fulfilled the Surface Water Regulation's requirements by far. In the upper and middle sections of the Ruhr, the requirements for zinc and cadmium (only upper Ruhr) could not be met. Further downstream, the concentrations for both metals reached a "good" status. The heavy metals lead, nickel and copper, in turn, met the UQN and the requirements laid down in appendix D4 respectively at all sampling points.

Apart from the examinations along the Ruhr, a total of 34 waters in eight planning units have been investigated as part of an operative monitoring according to the European Water Framework Directive in close alignment with the North Rhine-Westphalian Agency for Nature, Environment and Consumer Protection (LANUV). Nitrate nitrogen as well as the metals mercury, selenium, silver and thallium in their dissolved phase showed a "good" or "high" condition at the sampling points monitored. At four sampling points, the water temperature was classified as "moderate". In three instances, the pH-value missed a "good" status in the lower Lenne and the Bigge rivers. TOC came in as "moderate" at six of the 59 measuring points. The plant nutrients phosphorus and ammonium nitrogen did not meet the quality components laid down in the Surface Water Regulation in nine and six instances respectively. The chloride concentration in the Oelbach stream was classified as "moderate". In the Möhne planning unit, the priority substances lead, cadmium and nickel could not reach a "good" status in three and four instances respectively. For nickel, elevated concentrations were measured in the Baarbach stream. In addition, zinc was classified as only "moderate" at 45 % and copper at 7 % of the sampling points. In addition, river basin-specific and legally not regulated substances such as other heavy metals, pharmaceuticals, radiocontrast agents, pesticides, PAH, PFC, lightly volatile halogenated hydrocarbons and PCB were monitored at selected measuring points.

Organic micropollutants in the Ruhr

In 2015, more than 400 substances classified as organic micropollutants underwent routine screenings in the Ruhr – among them flame retardants, complexing agents, plasticisers, industrial chemicals, pesticides, diagnostic agents and pharmaceuticals as well as some metabolites of these products. The documented concentrations refer to the sampling point Essen-Rellinghausen unless otherwise stated.

With an average concentration of 3.8 µg/l, the metabolite Guanidylurea was the micropollutant with the highest concentration among all organic micropollutants monitored in the Ruhr. It forms when the antidiabetic drug metformin is being degraded at the sewage treatment plant. A mean value of 0.35 µg/l made the antipsychotic drug amisulpride – which has just been added to the measuring programme – one of the most important pharmaceuticals in terms of quantity. With a mean concentration of 0.31 µg/l, valsartan acid, a metabolite of antihypertensive sartans, slightly exceeded the health reference value (GOW) of 0.3 µg/l. Mean concentrations higher than 0.1 µg/l were found for the antiepileptic drug gabapentin, the painkiller diclofenac and the beta blocker metoprolol. The most relevant radiocontrast agents in terms of quantity were iomeprol, iopamidol and amidotrizoic acid. The four sweeteners acesulfame, cyclamate, saccharin and sucralose were regularly found in concentrations exceeding their respective limits of quantification.

During the past years, decreasing concentrations have been documented for the complexing agents EDTA and DTPA, which are considered harmless in terms of their toxicity but are difficult to degrade biologically. DTPA, in particular, was only detected in concentrations above the limit of quantification of 1 µg/l in 4 % of the samples in 2015, while in 2011, its mean concentration still amounted to almost 10 µg/l.

For around 10 % out of the 137 pesticides and some of their metabolites monitored, values were measured above the analytical limit of quantification. All values, however, stayed within the limits laid down in the Environmental Quality Standards for annual averages (JD-UQN) and GOW respectively. Desphenylchloridazon, a metabolite of chloridazon, which is being used in beet cultivation, and metazachlor ESA, a metabolite of the herbicide metazachlor, as well as the herbicide mecoprop were found on a regular basis.

Regarding the polycyclical aromatic hydrocarbons, which mainly originate from diffuse sources, the JD-UQN for phenanthrene and naphthalene were securely met, while the very low JD-UQN of 0.00017 µg/l for benzo[a]pyrene was exceeded at the sampling point Brücke Oeventrop. The permissible peak concentration of 0.14 µg/l for the six relevant polybrominated diphenylethers (PBDE) combined, which are classified as priority hazardous, could be met. All water samples screened for the eight polychlorinated biphenyls (PCB) monitored showed concentrations below the analytical limit of quantification of 0.001 µg/l. The JD-UQN of 0.4 µg/l and the permissible peak concentrations of 1.4 µg/l laid down in the Water Surface Regulation for short chain chlorinated paraffins (SCCP) were once again securely met in 2015. Six of the nine organophosphates monitored were regularly found in concentrations above the limit of quantification, whereby TCPP, TCEP, TEP and TBEP exceeded the precautionary limit of 0.1 µg/l.

While the very low UQN for PFOS of 0.65 ng/l was exceeded with an annual mean of 8.3 ng/l, the load in the Ruhr of PFOA and PFOS combined had no relevance for drinking water production with a mean concentration of 18 ng/l.

With an annual mean of 0.84 µg/l for 1H-benzotriazole, a slight reduction could be observed just like the year before. This also applies to the tolyltriazoles 4-methyl- and 5-methyl-1H-benzotriazole, the concentrations of which, however, came in at a lower level. With 0.0081 µg/l, the mean concentration for the disinfectant triclosan was below the one measured during the previous year and securely met the JD-UQN.

Hydrobiological examinations of the Ruhr and its tributaries

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, 133 out of 139 sampling points achieved "good" or "high" results in terms of their saprobic condition in 2015. Out of the 652 hydrobiological sampling points examined between 2010 and 2015, around 95 % showed a "good" or "high" saprobic condition. Regarding general degradation, 47 % of all sampling points monitored in the Ruhr catchment area during this period, reached a "good" or "high" status or a good ecological potential. The documented deficits at more than half of the sampling points are mostly accounted for by modified water structures due to specific uses, which at many measuring points will be taken into consideration in future evaluations through the introduction of the classification into HMWB case groups.

2015 was characterized by very low algae concentration in the lower Ruhr. As a consequence, there was hardly any development of algivorous zooplankton. The increased occurrence of macrophytes competing for nutrients and light in the upstream impounding lakes of the Ruhr as well as the growing impact of algivorous *Corbicula* clams are being discussed 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. In 2015, the Ruhr's impounding lakes once again showed a macrophyte-dominated state, while the prevalence of *Elodea nuttallii* was not as strong as it had been during the previous years. An increasing plant diversity could primarily be observed in Lake Baldeney, which showed massive aquatic vegetation for the first time since 2009. It even expanded into the regatta courses so that mowing was necessary to limit the interference with waters sport activities. For the first time, larger areas covered with *Elodea nuttallii* also developed close to the banks of the Kettwig impounding lake.

Reservoir examinations – the Bigge 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.

During the past ten years, 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 showed oligotrophic conditions.

The Bigge Reservoir took up operations in 1965. Together with the Lister Reservoir, which serves as its preliminary reservoir, it forms the largest and most important reservoir system for the water management in the Ruhr catchment area with a total storage capacity of 171.7 million m³. Guaranteeing a certain minimum flow in the lower Ruhr, flood protection and energy generation are among its tasks. In addition, it offers a lot of opportunities for recreation. The Lister Reservoir also supports the local supply with drinking water.

In summer 2015, the so far most comprehensive renovation measures were carried out at the Bigge Reservoir, including the renewal of the asphalt sealing of the dam and the dam of the Kessenhammer preliminary reservoir. This required lowering the water level by about 15 metres from the beginning of the year – a measure that had no adverse effect on the trophic condition of the Bigge Reservoir, so that it could securely be classified as mesotroph. Despite the low water level, no impact on the seasonal development of nutrients and chlorophyll-a could be observed. Primary production was relatively low, while a mass development of the flagellate *Cryptomonas marssonii* occurred in August. With a high share of large filter feeders, the zooplankton is adapted to mesotroph to oligotroph conditions. The metalimnetic oxygen deficit, which could be observed in late August, started to recede in mid-September already due to increasing movement between the water layers.

Examinations of spring water in the Ruhr catchment area

Exemplary examinations at 30 springs in the Ruhr catchment area have been carried out for 19 years and reveal how geological conditions and local differences in the management of the headwaters impact the water's composition. In addition, the results from these examinations can help to determine the background load, putting into perspective certain chemical conditions in the Ruhr, which can then be taken into account when assessing the Ruhr's water. Significant differences can be found in terms of the water condition of the springs, which are partly caused by regional geological circumstances. The spring waters in the karstified limestone areas at the eastern part of the northern edge of the Ruhr catchment area, for instance, show the highest degree of water hardness, while the water in the regions characterized by marshes or swamps is rather soft. Due to the heavy acidification, aluminium or zinc concentrations can be found in these spring waters, which may have a toxic effect on a certain share of the aquatic fauna. It should also be mentioned that high concentrations of apparently naturally formed halocarbons are being measured in the spring of the Lister. Along the Haarstrang mountain range north of the Möhne and Ruhr rivers, but also in the southwestern part of the Ruhr catchment area, the condition of the spring water is mainly influenced by agriculture and shows loads of the plant nutrients nitrate and phosphorus. The impact of urbanization, agriculture and industry leads to increa-

sed loads along the flow of the rivers, from their springs to the Ruhr's mouth, for many parameters. Still, the values mostly remain within the ranges for a "good" or "high" classification. This, however, does not apply to all substances found in the water. For nitrate, for instance, a moderate anthropogenic basic load can already be found in the headwaters of the Ruhr catchment area.

Bathing in the Ruhr – Results of the research project "Safe River Ruhr"

As the Ruhr is used in many different ways, insight into its sanitary water condition is of great importance. Statistical series over many years document an improvement of the sanitary water condition of the Ruhr resulting from the construction and overhaul of sewage treatment facilities. After the revision of the European Bathing Water Directive in 2006, the Ruhrverband decided to intensify the sanitary monitoring with regard to the possibility to use the Ruhr for bathing. At the beginning of 2012, the research project "Safe River Ruhr – Bathing Waters and Drinking Water for the Ruhr area" of the Federal Ministry of Education and Research (BMBF) started with participation of the Ruhrverband. The project's objective is to outline the conditions to enhance the safety for drinking water production and to create bathing spots along the Ruhr.

The microbiological examinations along the lower Ruhr were carried out between April 2012 and May 2013 at eight sampling points located between Essen-Steele and Mülheim-Styrum. The total number of cells and the number of colonies show no correlation to the season. In contrast to coliform bacteria, *E. coli* and intestinal enterococci showed slightly higher values in autumn compared to the rest of the year. In summer, a tendency towards lower values for *Clostridium perfringens* could be observed. The results for the facultative pathogenic environmental bacteria *Aeromonas* spp. and *Pseudomonas aeruginosa* suggested a possible impact of heavy rains on the loads in the water. For the two obligate pathogens *Campylobacter* spp. and *Salmonella enterica* occurring in wastewater, a seasonality with higher occurrence in winter than in summer could be documented. Contrary to general expectations, higher values for cryptosporidium were measured in summer, while giardia reached the highest values in autumn and winter. Screenings for the *Trichobilharzia* bird schistosome revealed that there is a general possibility to contract a cercarial dermatitis. Positive evidence of rotavirus and coliphages was found more often during the cold seasons than during the bathing season. Proof of enteroviruses and polyomaviridae was found more often in summer and autumn. There was a high occurrence of adenoviruses during the full year, reaching a peak of 100 % in the bathing season.

A differentiated quantitative microbiological risk assessment of bathing in the Ruhr regarding gastroenteritis pathogens revealed a higher risk of contracting a rotavirus or norovirus than a cryptosporidial or giardia infection. The risk of contrac-

ting a virus, however, varies according to season and is lower during the bathing season than at other times of the year. The risk to contract a rota or norovirus is higher for the age group under 18 than for adults.

An assessment of entry paths showed the highest loads for *E. coli* in the outlet of sewage treatment plants during dry weather. During rainy weather, however, combined sewer overflows mainly accounted for the entry of sanitarially relevant loads.

The assessment of a potential bathing spot at the Baldeney Seaside Beach significantly depends on the fact how strongly the water has been impacted by combined sewer overflows or flooding after rainy weather. Bathing will thus not be possible without temporary bans during and in the days after rainy weather. Timely communication through an early warning system is necessary to protect those bathing in the Ruhr.

The participation of citizens was a special feature of the project "Safe River Ruhr". The possibility to bathe in the Ruhr is highly appreciated and there is a willingness to contribute financially to a practical implementation.

The results and insights regarding the issue of bathing in rivers generated through this project constitute the basis for a practical guideline composed by the Ruhrverband, which takes Lake Baldeney and the lower Ruhr as an example to provide comprehensive information on the requirements for bathing in the Ruhr in line with the European Bathing Water Directive.

Registered cases of water pollution in 2015

In 2015, seven relevant cases of water pollution with different impacts on the affected water bodies were reported to the Ruhrverband or to the local waterworks. Three registered cases of water pollution could fully be attributed to large fires, two of which occurred on industrial premises and one in a warehouse of an agricultural farm. In six cases, the causes and the responsible polluter could be determined. The aquatic biocenosis remained unaffected in five of these cases. One incident, caused by pesticides, resulted in damage to the fish fauna. In another case of water pollution, a moderate impact on the benthic biocenosis could be observed. The production of drinking water was not affected by any of the seven 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 372 million m³ of wastewater in 2015, with 73 % accounted for by wastewater and 27 % by stormwater, which is also being treated in the plants' facilities. The Ruhrverband's sewage treatment plants received around 99 million kg of COD, equivalent to a mean load of 2.3 million PEs.

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 2015, 37,485 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 could be increased significantly compared to the previous year – by 56 % and 14 % respectively.

In order to reduce energy consumption, a total of 49 combined heat and power units are being operated at 29 sewage treatment plants, generating around 41.5 million kWh/a of electricity. The gas yield came in at 24.3 million Nm³/a. Another energy source could be tapped through the 12 solar systems installed so far. Through these measures, the amount of energy that had to be purchased decreased by 16.3 % and the total energy consumption at the sewage treatment plants could be reduced by 5.3 % 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 2015 (1. November 2014 bis 31. Oktober 2015) dargestellt. Ergänzend sind die gewässerkundlichen Hauptzahlen und zum Vergleich die Tagesmittelwerte des vorangegangenen Abflussjahres aufgeführt. Wie im Vorjahr wies der betrachtete Zeitraum keine Hochwasserereignisse auf. Zeiten mit erhöhter Wasserführung gab es im Dezember, Januar und April. Eine unterbrechungsfreie Niedrigwasserphase war von Anfang Mai bis Ende Juni zu verzeichnen. Damit war das Winterhalbjahr abflussreicher und das Sommerhalbjahr abflussärmer als im Vorjahr.

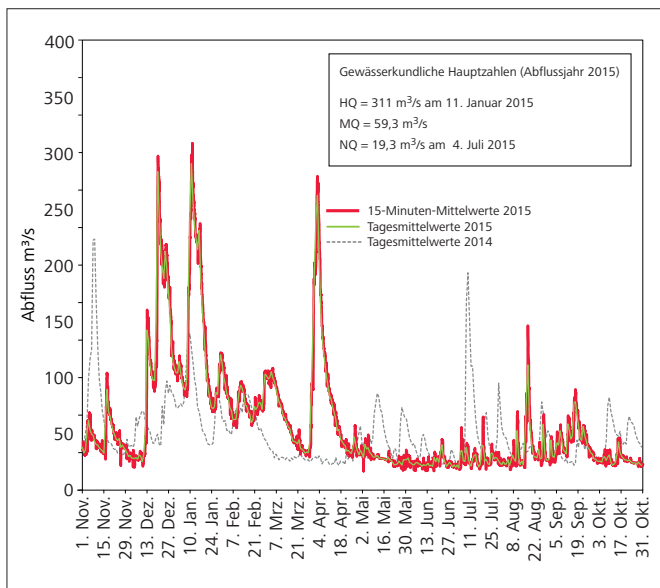


Bild 1.1: 15-Minuten-Mittelwerte und Tagesmittelwerte am Pegel Hattingen/Ruhr im Abflussjahr 2015

Fig. 1.1: Runoff means during 15 minutes and 24 hours at the gauging station Hattingen/Ruhr in the water year 2015

Jeweils mehrtägige Niederschläge führten im Dezember 2014 sowie im Januar und April 2015 zu deutlichen Anstiegen der Abflüsse im Ruhreinzugsgebiet. Jedoch war nur bei dem Ereignis im Januar die Hochwassermeldegrenze an der unteren Ruhr (Bezugspegel Wetter/Ruhr: Meldegrenze 410 Zentimeter, entspricht 300 Kubikmeter pro Sekunde) lediglich kurzzeitig (um 4 Stunden) und geringfügig (um 8 Kubikmeter pro Sekunde) überschritten worden. Der höchste Abfluss im Abflussjahr 2015 wurde während dieses Ereignisses am Pegel Hattingen am 11. Januar 2015 mit $HQ_{2015} = 311 \text{ m}^3/\text{s}$ (Tagesmittelwert $290 \text{ m}^3/\text{s}$) registriert. Somit war das Abflussjahr 2015 das zweite Abflussjahr in Folge ohne nennenswerte Hochwasserereignisse.

Das Abflussjahr 2015 war im Vergleich zum langjährigen Mittel das siebte zu trockene Abflussjahr in Folge. Insbesondere der Zeitabschnitt von April bis Juni war sehr niederschlagsarm. Seit 1927 fiel in Summe für diesen Zeitabschnitt erst zwei Mal weniger Niederschlag. Eine Stützung der Ruhrwasserführung durch erhöhte Abgaben aus den Talsperren wurde erst ab Mai vorgenommen. Wegen der beschriebenen Trockenheit war im Juni an der Ruhrmündung an 23 Tagen Zuschuss aus den Talsperren erforderlich und damit an einer so großen Anzahl, wie sie dort in einem Juni seit Einführung des Ruhrverbandsgesetzes im Jahr 1990 noch nicht ermittelt wurde. Da im September aufgrund der oftmals nassen Witterung hoher Abfluss vorherrschte, war Zuschusspflicht aus den Talsperren in diesem Monat nicht erforderlich. Am Ende des Abflussjahres lag am Kontrollquerschnitt Villigst die Anzahl von zuschusspflichtigen Tagen 11 % über und am Kontrollquerschnitt Mündung 11 % unter dem Durchschnitt der Jahre 1991/2014. Der niedrigste Tagesmittelwert des Abflusses im Abflussjahr 2015 wurde am Pegel Hattingen am 4. Juli 2015 mit $NQ_{2015} = 19,3 \text{ m}^3/\text{s}$ registriert.

Der mittlere Abfluss am Pegel Hattingen im Abflussjahr 2015 berechnet sich zu $MQ_{2015} = 59,3 \text{ m}^3/\text{s}$. Er liegt damit um 15 % unter dem langjährigen mittleren Abfluss von $MQ_{1968-2014} = 70,0 \text{ m}^3/\text{s}$ und um knapp $10 \text{ m}^3/\text{s}$ über dem sehr niedrigen Vorjahreswert. Der Abfluss ist im Durchschnitt der langjährigen Betrachtung zu 70 % auf das Winterhalbjahr und 30 % auf das Sommerhalbjahr verteilt. Im Abflussjahr 2015 ergab sich aufgrund einzelner besonders trockener Sommermonate eine leichte Verschiebung zum Winterhalbjahr hin (74 % zu 26 %).

Eine ausführliche Beschreibung der wassermengenwirtschaftlichen Gegebenheiten des Abflussjahres 2015 findet sich im Bericht Ruhrwassermenge 2015 (<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 WRRL) [2.1] hat die Sicht auf die Gewässer in Europa auf eine neue Basis gestellt. Seitdem ist der Gewässerzustand vorrangig nach ökologischen Qualitätskomponenten und verschiedenen, in der Richtlinie 2013/39/EU (sog. Richtlinie prioritäre Stoffe) [2.2] festgelegten chemischen Parametern zu bewerten. Ergänzend dazu fließen

aber auch allgemeine physikalisch-chemische Parameter und eine Vielzahl weiterer stofflicher Komponenten, die so genannten flussgebietspezifischen Schadstoffe, in diesen Bewertungsprozess mit ein. Mit der Überführung dieser Vorgaben in

[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

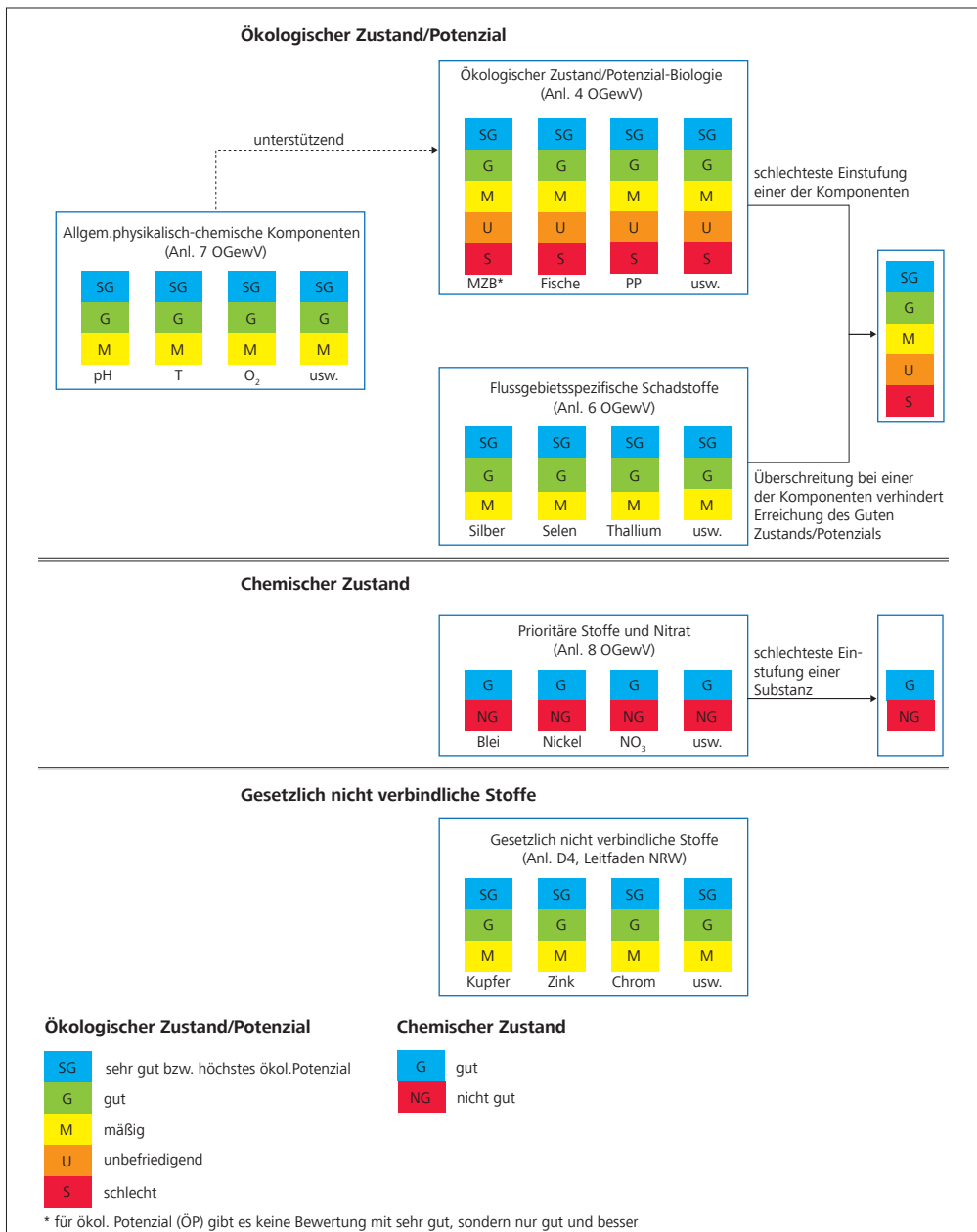


Bild 2.1: Gesamtbeurteilung des ökologischen und chemischen Zustands/Potenzials überarbeitet nach [2.7]

Fig. 2.1: Overall evaluation of the ecological and chemical status/potential, revised according to [2.7]

nationales Recht hat Deutschland die Oberflächengewässer-verordnung (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 zur berücksichtigenden biologischen und chemischen Komponenten mit Blick auf deren Anwendung im vorliegenden Ruhrgütebericht zusammenfassend dargelegt.

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 German 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 |
| 4-tert-Octylphenol | 0,1 | – |
| Benzo(a)pyren | 0,00017 | 0,27 |
| Benzo(b)fluoranthen | – | 0,017 |
| Benzo(ghi)perylene | – | 0,0082 |
| Benzo(k)fluoranthen | – | 0,017 |
| Benzol | 10 | 50 |
| Bis(2-ethylhexyl)phthalat | 1,3 | – |
| Blei | 1,2 ¹ | 14 |
| Bromierte Diphenylether | – | 0,14 |
| 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) |
| Chlorfenvinophos | 0,1 | 0,3 |
| Fluoranthen | 0,0063 | 0,12 |
| Naphthalin | 2 | 130 |
| Nickel | 4 ¹ | 34 |
| Nitrat | 50000 | – |
| Nonylphenol | 0,3 | 2 |
| Perfluoroktansulfonsäure (PFOS) | 0,00065 | 36 |
| Quecksilber gelöst | – | 0,07 |
| Tributylzinn-Kation | 0,0002 | 0,0015 |
| Trichlorethen | 10 | – |
| Trichlormethan | 2,5 | – |

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

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

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

| UQN für flussgebietspezifische Schadstoffe | |
|--|--------------------------------|
| Stoffname | JD-UQN in der Wasserphase µg/l |
| 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 |

gut nicht gut

¹ Die UQN bezieht sich auf bioverfügbare Konzentrationen

² Abhängig von der Wasserhärteklasse

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.

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 | 0,05 | 0,1 | > 0,1 |
| 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 |
| Amidotrizoesäure | 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

Bild 2.1 zeigt eine Übersicht über die Gesamtbeurteilung des ökologischen und chemischen Zustands bzw. Potenzials [2.7].

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 mit blau gekennzeichnet. Ist die Konzentration eines Stoffes höher als der angegebene Wert, erfolgt eine rote Markierung. 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 CaCO₃-Konzentration herangezogen. In der Gruppe der PAK kann Benzo(a)pyren als repräsentativ für die anderen in der Oberflächengewässerverordnung aufgeführten PAK-Kenngrößen betrachtet werden.

Flussgebietspezifische Schadstoffe zur Beurteilung des ökologischen Zustands

In Tabelle 2.2 sind die Umweltqualitätsnormen für die im Ruhreinzugsgebiet relevanten flussgebietspezifischen Schadstoffe zusammengefasst. Liegen die Konzentrationen dieser Schadstoffe unterhalb der Nachweisgrenze, erfolgt die Bewertung in „sehr gut“ mit einer blauen Kennzeichnung. Konzentrationen, die nicht höher als die UQN der Anlage 6 OGewV sind, führen zum guten Zustand und einer Farbgebung in grün. Bei einer Überschreitung der UQN liegt der mäßige ökologische Zustand vor und wird mit gelb gekennzeichnet. 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

- [2.3] Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit (Hrsg.): Verordnung zum Schutz der Oberflächengewässer (OGewV), Berlin, 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/Monitoringleitfaeden>, Stand: August 2009 (Zugriff 23. März 2016), Anhang D4: http://www.flussgebiete.nrw.de/index.php/Leitfaden_Monitoring_Oberflaechengewasser_Teil_D, Stand April 2014 (Zugriff 23. März 2016), Anhang D5: http://www.flussgebiete.nrw.de/index.php/Leitfaden_Monitoring_Oberflaechengewasser_Teil_D/_/Anlage_5 Oktober 2011 (Zugriff 23. März 2016)
- [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] 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 Mai 2016

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 wird 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.

Allgemeine physikalisch-chemische Qualitätskomponenten

Die allgemeinen physikalisch-chemischen Parameter (ACP) sind in der OGeWV, Anlage 7, für den sehr guten und guten ökologischen Zustand festgelegt. Sie dienen zur Unterstützung der Bewertung der biologischen Qualitätskomponenten, 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 (GOW) betrachtet.

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 | |
|---|---------------------|
| Substanz | GOW $\mu\text{g/l}$ |
| 10,11-Dihydro-10,11-dihydroxycarbamazepin | 0,3 |
| Benzotriazol | 3,0 |
| Candesartan | 0,3 |
| Carbamazepin | 0,3 |
| Diclofenac | 0,3 |
| Gabapentin | 1,0 |
| Metformin | 1,0 |
| Oxypurinol | 0,3 |
| Valsartan | 0,3 |
| Valsartansäure | 0,3 |
| nicht relevante PSM und Metabolite | 3 |

Die Unterschreitung dieser stoffspezifischen Vorsorgewerte zeigt einen unbedenklichen lebenslangen Trinkwassergenuss für Menschen an. Sind diese Werte bereits im nicht aufbereiteten Oberflächenwasser eingehalten, kann daraus ohne weiteres Trinkwasser gewonnen werden. Abhängig vom Wirkmechanismus wird der Wert in einem Bereich von 0,01 bis 3,0 $\mu\text{g/l}$ festgelegt. Der GOW wird so niedrig angesetzt, dass kein Anlass zur gesundheitlichen Besorgnis besteht [2.6]. In Tabelle 2.4 sind ausgewählte Substanzen mit ihren jeweiligen GOW dargestellt.

Biologische Qualitätskomponenten

Der ökologische Zustand eines Wasserkörpers bzw. einer Probenahmestelle in einem Fließgewässer wird gemäß den Vorgaben der EG-WRRL und der OGeWV maßgeblich anhand der biologischen Qualitätskomponenten „Makrozoobenthos“ (Wirbellosenfauna der Gewässersohle), „Makrophyten und Phytobenthos“ (Wasserpflanzen und Algen der Gewässersohle) und „Fischfauna“ sowie bei großen planktonführenden Strömen auch über die Qualitätskomponente „Phytoplankton“ bewertet. Die Bewertung erfolgt dabei jeweils im Vergleich zu der natürlichen, vom Menschen nicht oder nur sehr geringfügig beeinflussten Referenzsituation des jeweiligen Gewässertyps. Dieser Bewertungsansatz geht deutlich über die bis zum Jahr 2000 gebräuchliche Bewertung der saprobiellen Gewässergüte und der Strukturgüte hinaus. Zur differenzierten Bewertung der Gewässer aufgrund ihrer naturräumlichen und morphologischen Unterschiede wurde für die Umsetzung der EG-WRRL eine Gewässertypologie mit Verbreitungskarte erstellt, in der z.B. die Unterschiede zwischen Gewässern im Mittelgebirge und im Tiefland berücksichtigt wurden. Ebenso wurden für die biologischen Qualitätskomponenten spezielle Bewertungsverfahren entwickelt. Im Ruhrgütebericht wird ausschließlich die Qualitätskomponente „Makrozoobenthos (MZB)“ dargestellt, dies einerseits, weil dies die bestuntersuchte Qualitätskomponente ist, andererseits aber auch, weil die meisten Stressoren des ökologischen Zustands aufgrund der Stellung des MZB zu den übrigen biologischen Qualitätskomponenten identifiziert werden können.

Qualitätskomponente Makrozoobenthos

Für das Makrozoobenthos wurde das multimetrische Verfahren PERLODES mit der Auswertungssoftware ASTERICS entwickelt [2.8]. Die aktuelle Version 4 bzw. 4.0.4 ermöglicht erstmals neben der Bewertung des ökologischen Zustands für die „natürlichen Wasserkörper“ auch die Bewertung des ökologischen Potenzials für die „erheblich veränderten Wasserkörper“ (Heavily Modified Water Body = HMWB).

In den Ruhrgüteberichten erfolgt seit 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 Er-

gebnisse 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. [2.9]). Ab dem Jahr 2015 (4. Monitoringzyklus) werden die Makrozoobenthos-Ergebnisse mit der derzeit gültigen ASTERICs-Version 4.0.4 berechnet.

- [2.8] <http://www.fliessgewaesserbewertung.de> (Zugriff: März 2016)
 [2.9] Ruhrverband: Hydrobiologische Untersuchungen der Ruhr und ihrer Nebengewässer – Untersuchungen des Makrozoobenthos. Ruhrgütebericht 2014, S. 44 – 57.
 [2.10] LANUV NRW (Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz Nordrhein-Westfalen): Fließgewässertypenkarten Nordrhein-Westfalens - LANUV-Arbeitsblatt Nr. 25, Recklinghausen, 2015: S. 1-102 + 2 Karten

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

Table 2.5: Quality classes of the module saprobic index according to the assessment system PERLODES and respective benchmarks from the German Surface Water Regulation (OGewV), appendix 7 on the good ecological status and the good ecological potential respectively, for all types of waters found in the Ruhr catchment area

| Qualitätsklassen „Saprobie“ [2.8] | | | | | | Werte für allgemeine physikalisch-chemische Komponenten (ACP) für den guten ökologischen Zustand bzw. das gute ökologische Potenzial [2.3] | | | | | | | | | | | | | |
|---|----------|-----------|-----------|----------------|-----------|--|--------------------|-----------------------------|-----------------------------------|---|-----------------------|----------------------|------------------------------------|--|--------------------------------------|--------------------------------------|--------------------------------------|-----------------------|--|
| LAWA-Gewässertyp | sehr gut | gut | mäßig | unbefriedigend | schlecht | Sommer-Temp* (°C) | Winter-Temp** (°C) | O ₂ (mg/l) MIN/a | Cl ⁻ (mg/l) Mittelwert | SO ₄ ²⁻ (mg/l) Mittelwert | pH-Wert MIN/a - MAX/a | Fe (mg/l) Mittelwert | P _{ges} (mg/l) Mittelwert | o-PO ₄ -P (mg/l) Mittelwert | NH ₄ -N (mg/l) Mittelwert | NH ₃ -N (µg/l) Mittelwert | NO ₂ -N (µg/l) Mittelwert | TOC (mg/l) Mittelwert | BSB ₅ *** (mg/l) Mittelwert |
| Typ 5 Grobmaterialreiche, silikatische Mittelgebirgsbäche | ≤ 1,45 | 1,46-2,00 | 2,01-2,65 | 2,66-3,35 | 3,36-4,00 | ≤ 20 - ≤ 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 | 1,61-2,10 | 2,11-2,75 | 2,76-3,35 | 3,36-4,00 | ≤ 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 | 1,71-2,20 | 2,21-2,80 | 2,81-3,40 | 3,41-4,00 | ≤ 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 | 1,61-2,10 | 2,11-2,75 | 2,76-3,35 | 3,36-4,00 | ≤ 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 | 1,61-2,10 | 2,11-2,75 | 2,76-3,35 | 3,36-4,00 | ≤ 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 grobmaterialreiche Mittelgebirgsflüsse | ≤ 1,70 | 1,71-2,20 | 2,21-2,80 | 2,81-3,40 | 3,41-4,00 | ≤ 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 | 1,81-2,25 | 2,26-2,85 | 2,86-3,40 | 3,41-4,00 | ≤ 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 Niederungsfließgewässer in Fluss- und Stromtälern | ≤ 1,90 | 1,91-2,35 | 2,36-2,90 | 2,91-3,45 | 3,46-4,00 | ≤ 20 - ≤ 25 | ≤ 10 | > 7 | ≤ 200 | ≤ 200 | 7,0 - 8,5 | ≤ 0,7 | ≤ 0,15 | ≤ 0,10 | ≤ 0,2 | ≤ 2 | ≤ 50 | < 7 | < 4 |

* = 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

in OGewV 2016 neu aufgenommene Parameter

in OGewV 2016 verschärfte Werte gegenüber OGewV 2011

Neben der Fortschreibung der Bewertungssoftware ASTERICS hatte das Land NRW auch eine Überarbeitung der Karte der Gewässertypen im Jahr 2014 umgesetzt [2.10]. 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.

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.

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 [2.11]. 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 unterscheiden sich sowohl nach vorliegendem Gewässertyp als auch danach, ob die Bewertung des ökolo-

gischen 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 Multimetric Index – verrechnet, aus dem sich die Qualitätsklasse der Allgemeinen Degradation ergibt. Die zur Beurteilung dieses Moduls festgelegten Klassengrenzen des Multimetric 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 Gewässer zuzuordnen sind. Aufbauend auf dem PERLODES-Verfahren wurde für jede HMWB-Fallgruppe ein neuer 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 die Probenahmestellen 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 die meisten HMWB-Wasserkörper mit Einzelfallbetrachtung ist von Seiten des Landes noch nicht abschließend erfolgt, so dass diese Wasserkörper in ihrer Bewertung zunächst unberücksichtigt bleiben müssen. In den Darstellungen in den Vorjahren wurden auch die Probenahmestellen in HMWB wie in natürlichen Wasserkörpern liegend nach ihrem ökologischen Zustand bewertet. In diesem Bericht werden erstmals die im Jahr 2015 untersuchten Probenahmestellen in HMWB mit ihrem ökologischen Potenzial bewertet und kartographisch dargestellt. Für die Untersuchungen vor 2015 bleibt

Tabelle 2.6: Qualitätsklassen des Moduls Allgemeine Degradation nach PERLODES [2.8]

Table 2.6: Quality classes of the module general degradation according to the assessment system PERLODES [2.8]

| 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 [2.7]

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

| 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 |

an Probenahmestellen in HMWB 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 (EZG < 10 km², daher nach EG-WRRRL nicht berichtspflichtig), die sich hydromorphologisch als HMWB darstellen. Für diese Gewässer findet keine Unterteilung in Wasserkörper und damit auch keine Einstufung als NWB, AW oder HMWB inkl. Fallgruppen statt. Diese Probenahmestellen werden nach dem Worst-Case-Prinzip weiterhin als NWB nach dem ökologischen Zustand bewertet und damit ggfs. mit schärferen Anforderungen belegt.

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

3 Zeitlich dichte 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. EG-Richtlinien [3.1], nationalen Gesetzen und Verordnungen sowie speziellen Güteanforderungen konzipiert. Zur Beantwortung aktueller Fragestellungen, wie z.B. der Relevanz von Mikroverunreinigungen oder Fragen der hygienischen Qualität für die Eignung als Badegewässer, werden die Messprogramme entsprechend konzipiert und angepasst (siehe Kapitel 2, „Grundlagen der Bewertung von Analysendaten im Ruhrgütebericht“).

In diesem Beitrag werden zum einen die Nährstoffkonzentrationen und die organische Belastung an sechs Probenahmestellen der Ruhr mit wöchentlicher Untersuchung dargestellt. Dieses Untersuchungsprogramm, 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. Zum anderen wird die Ruhr an der Probenahmestelle Essen-Rellinghausen („Zornige Ameise“), noch oberhalb des Baldeneysees, seit inzwischen über 90 Jahren dreimal wöchentlich auf eine Vielzahl von Parametern untersucht. Die Erkenntnisse aus diesen beiden routinemäßigen Probenahmeprogrammen werden noch ergänzt durch die in den Gewässerüberwachungsstationen kontinuierlich gemessenen Parameter. Diese online verfügbaren Daten werden auch zur Beurteilung kurzfristiger Veränderungen bei den physikalisch-chemischen Verhältnissen, z.B. den Sauerstoffkonzentrationen, herangezogen. In der Vegetationsperiode unterliegen diese vor allem in und unterhalb von Stauhaltungen zum Teil erheblichen Schwankungen, wenn Sauerstoff produzierende Vorgänge (Photosynthese) und Sauerstoff verbrauchende Vorgänge (Atmung, Biomasseabbau) die O₂-Konzentrationen beeinflussen.

Darüber hinaus gehende Untersuchungsprogramme behandeln die Wasser- und Gewässerqualität im Ruhrlängsverlauf bzw. von weiteren Gewässern im Einzugsgebiet der Ruhr und werden an anderer Stelle beschrieben.

[3.1] Richtlinie 2013/39/EU des Europäischen Parlaments und des Rates vom 12. August 2013 zur Änderung der Richtlinie 2000/06/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

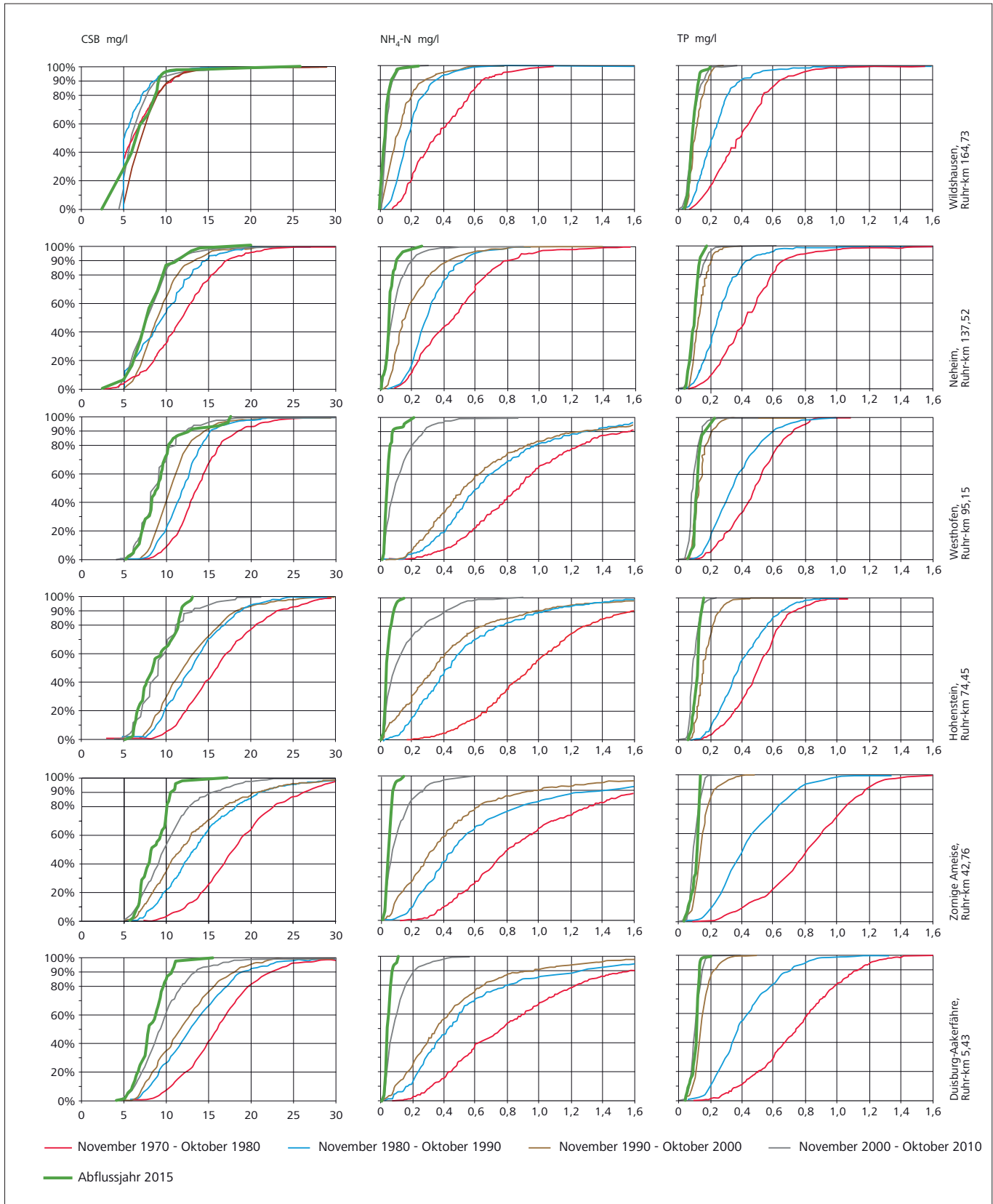


Bild 3.1: Ruhrwasserbeschaffenheit nach den Ergebnissen der wöchentlichen Ruhruntersuchung, dargestellt als Summenhäufigkeiten
 Fig. 3.1: Ruhr water condition according to the results of weekly examinations, shown as cumulative frequencies

Tabelle 3.1: Monats- und Halbjahresmittelwerte verschiedener Kenngrößen der Ruhr bei Essen-Rellinghausen, Probenahmestelle „Zornige Ameise“, Abflussjahr 2015

Table 3.1: Monthly and biannual means of several parameters for the Ruhr at Essen-Rellinghausen, sampling point "Zornige Ameise", water year 2015

| | Mittlere Abflüsse am Pegel Hattingen | Wasser-temperatur | pH-Wert (Median) | Elektr. Leit-fähig-keit | Abfiltr. Stoffe | Abfiltr. Stoffe Glüh-rück-stand | Sauerstoff Gehalt | Sätti-gungs-index | BSB ₅ ohne ATH | Chemischer Sauerstoffbedarf CSB | | Absorp-tions-koeffi-zient 254 nm | TOC | Ammo-nium-Stick-stoff | Nitrat-Stickstoff | Gesamt-Phosphor | o-Phos-phat-Phosphor |
|------------------|--------------------------------------|-------------------|------------------|-------------------------|-----------------|---------------------------------|-------------------|-------------------|---------------------------|---------------------------------|-------------|----------------------------------|------|-----------------------|-------------------|-----------------|----------------------|
| | m ³ /s | °C | | µS/cm | mg/l | mg/l | mg/l | % | gesamt mg/l | gesamt mg/l | gelöst mg/l | m ⁻¹ | mg/l | mg/l | mg/l | mg/l | mg/l |
| November 2014 | 46,6 | 9,9 | 7,9 | 437 | 3,2 | 2,1 | 10,7 | 94 | 1,5 | 9,0 | 8,2 | 6,2 | 3,2 | 0,03 | 2,8 | 0,12 | 0,09 |
| Dezember 2014 | 110 | 5,9 | 7,9 | 400 | 10,2 | 8,0 | 12,1 | 97 | 1,9 | 8,8 | 6,7 | 5,9 | 3,3 | 0,06 | 3,0 | 0,13 | 0,08 |
| Januar 2015 | 138 | 5,5 | 7,9 | 353 | 14,3 | 11,3 | 12,7 | 101 | 2,9 | 8,9 | 5,8 | 4,8 | 3,4 | 0,07 | 3,2 | 0,11 | 0,06 |
| Februar 2015 | 77,5 | 4,5 | 7,9 | 434 | 3,3 | 2,3 | 12,8 | 99 | 2,4 | 7,3 | 6,1 | 4,5 | 3,0 | 0,05 | 3,3 | 0,11 | 0,06 |
| März 2015 | 65,6 | 7,1 | 8,0 | 421 | 3,2 | 2,2 | 12,5 | 103 | 2,2 | 7,5 | 6,2 | 4,4 | 2,9 | 0,02 | 3,0 | 0,08 | 0,03 |
| April 2015 | 86,8 | 10,9 | 8,0 | 395 | 7,7 | 5,9 | 11,1 | 101 | 2,2 | 9,5 | 7,1 | 5,3 | 3,1 | 0,05 | 2,7 | 0,08 | 0,04 |
| Mai 2015 | 28,5 | 15,3 | 7,9 | 517 | 4,7 | 2,9 | 9,2 | 92 | 1,3 | 9,9 | 8,8 | 5,9 | 3,3 | 0,05 | 2,4 | 0,13 | 0,07 |
| Juni 2015 | 24,4 | 17,7 | 7,9 | 561 | 3,3 | 1,7 | 8,4 | 88 | 1,1 | 10,4 | 9,6 | 7,3 | 3,8 | 0,05 | 2,2 | 0,12 | 0,09 |
| Juli 2015 | 27,3 | 20,6 | 7,8 | 522 | 3,1 | 1,9 | 7,9 | 88 | 0,9 | 10,4 | 9,5 | 7,4 | 3,7 | 0,04 | 2,0 | n.u. | 0,11 |
| August 2015 | 35,6 | 19,9 | 7,9 | 471 | 3,8 | 2,3 | 8,0 | 88 | 0,9 | 10,3 | 9,4 | 7,8 | 3,9 | 0,05 | 2,1 | n.u. | 0,11 |
| September 2015 | 44,3 | 15,7 | 8,0 | 449 | 1,8 | 1,5 | 9,3 | 94 | 0,9 | 8,2 | 7,5 | 6,8 | 3,1 | 0,03 | 2,5 | 0,11 | 0,09 |
| Oktober 2015 | 26,6 | 11,5 | 8,1 | 552 | 1,3 | 0,7 | 10,4 | 96 | 1,1 | 8,2 | 7,8 | 6,0 | 3,0 | 0,04 | 2,6 | 0,12 | 0,12 |
| Winterhalbjahr | 87,9 | 7,1 | 7,9 | 408 | 6,8 | 5,2 | 12,0 | 99 | 2,2 | 8,4 | 6,6 | 5,2 | 3,2 | 0,05 | 3,0 | 0,10 | 0,06 |
| Sommerhalbjahr | 31,1 | 16,9 | 7,9 | 512 | 2,9 | 1,8 | 8,8 | 91 | 1,0 | 9,6 | 8,8 | 6,9 | 3,5 | 0,04 | 2,3 | 0,12 | 0,10 |
| 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 | 0,08 |
| Abflussjahr 2014 | 49,8 | 12,8 | 7,9 | 448 | 3,9 | 2,8 | 10,2 | 95 | 1,5 | 8,5 | 7,4 | 5,8 | 3,1 | 0,04 | 2,8 | 0,10 | 0,07 |

Ergebnisse der wöchentlichen Ruhruntersuchungen

Bild 3.1 zeigt die Summenhäufigkeitskurven der Untersuchungsergebnisse relevanter Parameter für die organische Belastung (CSB) und die Nährstoffbelastung (NH₄-N, TP) an den sechs Probenahmestellen in der Ruhr von Wildshausen bis Duisburg-Aakerfähre für die vier Dekaden von 1970 bis 2010 und das aktuelle Abflussjahr. Es wird deutlich, dass die anfangs merkliche Belastung der Ruhr sich im Betrachtungszeitraum deutlich vermindert hat. So hat sich z.B. an der Mündung der Ruhr in den Rhein die durchschnittliche CSB-Konzentration innerhalb der letzten 40 Jahre um 45 % vermindert. Dies zeigt vor allem den Erfolg abwassertechnischer Maßnahmen (Ausbau und Optimierung von Kläranlagen, Niederschlagswasserbehandlungsanlagen). Die Vorgaben der EG-WRRL für den guten Zustand werden heute für Ammonium-Stickstoff an allen Probenahmestellen sicher und für Gesamtphosphor an den ersten beiden Untersuchungspunkten eingehalten. Während für Ammonium-Stickstoff zwischen Westhofen und Duisburg sogar der sehr gute Zustand erreicht wird, wird auf dieser Fließstrecke für Gesamtphosphor die Vorgabe für den guten Zustand knapp überschritten.

Ergebnisse an der Messstelle Ruhr bei Essen-Rellinghausen und Gewässerüberwachungsstationen

Für das Abflussjahr 2015 sind die relevanten statistischen Kenngrößen für die Probenahmestelle Essen-Rellinghausen in den Tabellen 3.1 und 3.2 aufgeführt. Diese sind in Tabelle 3.3 nach der Oberflächengewässerverordnung [3.2], der Trinkwasserverordnung [3.3] sowie den Anforderungen der Anlage D4 (Leitfaden NRW) [3.4] bewertet. Bild 3.2 zeigt für ausgewählte Parameter die Ganglinien und die Summenhäufigkeiten als

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

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

[3.4] 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 23. März 2016), Anhang D4: http://www.flussgebiete.nrw.de/index.php/Leitfaden_Monitoring_Oberflachengewasser_Teil_D, Stand April 2014 (Zugriff 23. März 2016), Anhang D5: http://www.flussgebiete.nrw.de/index.php/Leitfaden_Monitoring_Oberflachengewasser_Teil_D/_/Anlage_5 Oktober 2011 (Zugriff 23. März 2016)

Tabelle 3.2: Monats- und Halbjahresmittelwerte verschiedener Kenngrößen der Ruhr bei Essen-Rellinghausen, Probenahmestelle „Zornige Ameise“, Abflussjahr 2015

Table 3.2: Monthly and biannual means of several parameters for the Ruhr at Essen-Rellinghausen, sampling point "Zornige Ameise", water year 2015

| | Chlorid mg/l | Sulfat mg/l | Fluorid mg/l | Bromid mg/l | Blei gesamt µg/l | Cadmium gesamt µg/l | Nickel gesamt µg/l | Chrom gesamt µg/l | Kupfer gesamt µg/l | Zink gesamt µg/l | Eisen gesamt mg/l | Mangan gesamt µg/l | AOX µg/l | EDTA µg/l | NTA µg/l | DTPA µg/l | Borat- Bor mg/l | Chloro- phyll-a µg/l |
|------------------|-----------------|----------------|-----------------|----------------|------------------------|---------------------------|--------------------------|-------------------------|--------------------------|------------------------|-------------------------|--------------------------|-------------|--------------|-------------|--------------|-----------------------|----------------------------|
| November 2014 | 43 | 35 | 0,09 | 0,09 | 0,76 | < 0,03 | 2,2 | < 0,6 | 2,6 | 14 | 0,19 | 30 | 7 | 6 | < 1 | 3 | 0,07 | |
| Dezember 2014 | 38 | 33 | 0,08 | 0,07 | 2,4 | 0,07 | 2,7 | 1,6 | 3,9 | 25 | 0,64 | 66 | 7 | 5 | < 1 | 1 | 0,07 | |
| Januar 2015 | 33 | 30 | 0,08 | 0,04 | 2,4 | 0,08 | 2,4 | 1,4 | 3,7 | 30 | 0,72 | 63 | 6 | 3 | < 1 | < 1 | 0,03 | |
| Februar 2015 | 48 | 35 | 0,08 | 0,07 | 0,96 | 0,06 | 1,9 | < 0,6 | 2,5 | 21 | 0,28 | 37 | < 3 | 4 | < 1 | < 1 | 0,04 | |
| März 2015 | 44 | 35 | 0,07 | 0,07 | 0,70 | 0,04 | 1,7 | 0,7 | 2,3 | 16 | 0,21 | 35 | < 5 | 3 | < 1 | < 1 | 0,04 | 9 |
| April 2015 | 39 | 33 | 0,08 | 0,06 | 1,3 | 0,05 | 2,6 | 1,1 | 2,9 | 17 | 0,36 | 45 | 6 | 3 | < 1 | < 1 | 0,04 | 12 |
| Mai 2015 | 61 | 42 | 0,10 | 0,11 | 0,93 | 0,06 | 2,7 | 0,9 | 3,6 | 15 | 0,23 | 53 | 6 | 5 | < 1 | < 1 | 0,08 | 2 |
| Juni 2015 | 70 | 43 | 0,10 | 0,13 | 0,84 | 0,06 | 3,1 | 0,6 | 3,8 | 14 | 0,22 | 54 | 8 | 6 | < 1 | < 1 | 0,09 | 1 |
| Juli 2015 | 65 | 38 | 0,11 | 0,12 | 0,98 | 0,06 | 3,1 | 0,7 | 4,1 | 12 | 0,21 | 54 | 8 | 5 | < 1 | < 1 | 0,08 | < 1 |
| August 2015 | 53 | 37 | 0,10 | 0,09 | 1,2 | 0,07 | 3,1 | 0,8 | 4,4 | 14 | 0,28 | 60 | 10 | 4 | < 1 | < 1 | 0,08 | < 1 |
| September 2015 | 46 | 36 | 0,10 | 0,08 | 0,76 | 0,05 | 2,4 | 0,7 | 3,2 | 9,2 | 0,21 | 33 | 8 | 3 | < 1 | < 1 | 0,07 | < 1 |
| Oktober 2015 | 62 | 44 | 0,11 | 0,10 | 0,32 | 0,04 | 2,5 | < 0,3 | 2,6 | 7,8 | 0,09 | 18 | 9 | 4 | < 1 | < 1 | 0,08 | < 1 |
| Winterhalbjahr | 41 | 34 | 0,08 | 0,07 | 1,4 | 0,06 | 2,2 | 1,0 | 3,0 | 20 | 0,39 | 46 | 6 | 4 | < 1 | 1 | 0,05 | 10 |
| Sommerhalbjahr | 59 | 40 | 0,10 | 0,10 | 0,84 | 0,05 | 2,8 | 0,7 | 3,6 | 12 | 0,20 | 45 | 8 | 4 | < 1 | < 1 | 0,08 | 1 |
| 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 | 0,07 | 3 |
| Abflussjahr 2014 | 48 | 36 | 0,09 | 0,09 | 0,93 | 0,06 | 2,2 | < 1,0 | 3,4 | 16 | 0,19 | 33 | 7 | 6 | < 1 | 3 | 0,07 | 2 |

Unterschreitungsdauerlinie. Durch den jeweiligen Schnittpunkt der senkrechten blauen Linien mit der Dauerlinie werden die 10-, 50- und 90-Perzentile angedeutet. Die waagerechte blaue 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 3.3 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 e.V. (AWWR) an den Betriebskosten zweier Messstationen. Die Gewässerüberwachungsstationen mit den dazugehörigen Ausstattungen zeigt Tabelle 3.4.

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

Abfluss und Wassertemperatur

Im Berichtszeitraum lag der mittlere Abfluss am Pegel Hattin- gen bei 59,3 m³/s (2014: 49,8 m³/s). Der Abfluss im Winter

lag über dem Abfluss des Jahres 2014. Umgekehrte Verhält- nisse herrschten im Sommerhalbjahr. Hier lag der Abfluss im Jahr 2015 deutlich unter demjenigen des Vorjahres. Noch niedrigere Abflussverhältnisse wurden in den letzten 15 Jahren lediglich für die Sommerhalbjahre in 2000 und 2003 ermittelt.

Im Abflussjahr 2015 lagen die mittleren Wassertemperaturen mit 12,3 °C und die des Winterhalbjahres mit 7,1 °C auf dem gleichen Niveau der langjährigen Betrachtung der Jahre von 2000 bis 2015. Mit einem Durchschnittswert von 16,9 °C im Sommerhalbjahr ist die Wassertemperatur um 0,3 °C im Vor- jahresvergleich gesunken. Das Tagesmaximum von 24,2 °C wurde im Juli gemessen. Die Anforderung der neuen Oberflä- chengewässerverordnung kann somit für das Winterhalbjahr (Grenzwert: 10 °C als Maximum), aber nicht für das Sommer- halbjahr (hier Gewässertyp: Typ 9.2, Fischgemeinschaft: cyprid- nidegeprägte Gewässer des Rhithrals, Grenzwert: 23 °C als Maximum) eingehalten werden.

pH-Wert

Am 22. April 2015 stiegen die pH-Werte bei abflussarmen und strahlungsreichen Bedingungen auf das Tagesmaximum von pH 8,5, wobei Spitzenwerte für das Chlorophyll-a von 42 µg/l gemessen wurden. Somit kam es zu keinen erheblichen pH- Wert-Verschiebungen in den alkalischen Bereich, wie sie durch

Tabelle 3.3: Statistische Daten ausgewählter Kenngrößen und Vergleich nach verschiedenen Vorgaben, Ruhr bei Essen-Rellinghausen im Abflussjahr 2015

Table 3.3: Statistical data on selected parameters and comparison with selected requirements, Ruhr at Essen-Rellinghausen in the water year 2015

| Parameter | Einheit | Anzahl Messungen | Minimum | Mittelwert | Maximum | 50-Perzentil | 90-Perzentil | 95-Perzentil | ACP | UQN (prior. Stoffe) | Anl. D4 u. D5, Leitfaden NRW | TrinkwV |
|---------------------------|---------|------------------|---------|------------|---------|--------------|--------------|--------------|-----|---------------------|------------------------------|---------|
| Wassertemperatur | °C | 133 | 3,0 | 12,3 | 24,2 | 12,2 | 20,2 | 21,4 | | | | |
| pH-Wert | | 133 | 7,5 | 7,9 | 8,5 | 7,9 | 8,1 | 8,1 | | | | |
| Abfiltrierbare Stoffe* | mg/l | 133 | 0,4 | 4,8 | 61 | 2,9 | 6,9 | 15 | | | | |
| Elektrische Leitfähigkeit | µS/cm | 133 | 259 | 463 | 613 | 465 | 568 | 578 | | | | |
| Chlorid | mg/l | 133 | 19 | 51 | 86 | 52 | 71 | 73 | | | | |
| Sulfat | mg/l | 133 | 24 | 37 | 47 | 37 | 44 | 44 | | | | |
| Fluorid | mg/l | 133 | 0,06 | 0,09 | 0,13 | 0,10 | 0,11 | 0,11 | | | | |
| Natrium | mg/l | 133 | 10 | 38 | 94 | 38 | 55 | 59 | | | | |
| BSB ₅ ohne ATH | mg/l | 130 | 0,4 | 1,6 | 6,9 | 1,4 | 2,5 | 2,7 | | | | |
| TOC | mg/l | 133 | 2,0 | 3,3 | 9,3 | 3,2 | 4,3 | 4,7 | | | | |
| AOX* | µg/l | 132 | < 5 | 7,0 | 14 | 7,0 | 10 | 11 | | | | |
| Sauerstoff | mg/l | 133 | 6,8 | 10,3 | 13,5 | 10,5 | 12,8 | 13,1 | | | | |
| Gesamtphosphor | mg/l | 107 | 0,04 | 0,11 | 0,26 | 0,12 | 0,14 | 0,15 | | | | |
| o-Phosphat-Phosphor | mg/l | 133 | 0,016 | 0,067 | 0,110 | 0,068 | 0,095 | 0,100 | | | | |
| Nitrat-Stickstoff | mg/l | 133 | 1,6 | 2,6 | 3,4 | 2,6 | 3,2 | 3,3 | | | | |
| Nitrit-Stickstoff | mg/l | 133 | < 0,05 | < 0,05 | 0,05 | < 0,05 | < 0,05 | < 0,05 | | | | |
| Ammonium-Stickstoff | mg/l | 133 | < 0,01 | 0,05 | 0,14 | 0,04 | 0,08 | 0,09 | | | | |
| Blei | µg/l | 133 | 0,24 | 1,1 | 9,1 | 0,76 | 1,9 | 3,0 | | | | |
| Blei (gelöst) | µg/l | 131 | < 0,10 | 0,18 | 0,61 | 0,17 | 0,29 | 0,32 | | | | |
| Cadmium | µg/l | 133 | 0,03 | 0,05 | 0,25 | 0,05 | 0,08 | 0,11 | | | | |
| Cadmium (gelöst) | µg/l | 131 | 0,02 | 0,05 | 0,06 | 0,03 | 0,05 | 0,05 | | | | |
| Nickel | µg/l | 133 | < 1,0 | 2,5 | 7,1 | 2,5 | 3,2 | 3,8 | | | | |
| Nickel (gelöst) | µg/l | 130 | < 1,0 | 1,9 | 2,9 | 2,1 | 2,6 | 2,7 | | | | |
| Quecksilber | µg/l | 44 | < 0,005 | < 0,005 | 0,01 | < 0,005 | < 0,005 | 0,01 | | | | |
| Chrom | µg/l | 133 | < 0,5 | 0,80 | 6,8 | 0,60 | 1,4 | 2,2 | | | | |
| Kupfer | µg/l | 133 | 1,6 | 3,3 | 12 | 3,1 | 4,4 | 5,2 | | | | |
| Zink* | µg/l | 133 | 5,8 | 16 | 76 | 13 | 24 | 34 | | | | |
| NTA* | µg/l | 132 | < 1 | < 1 | < 2 | < 1 | < 1 | < 1 | | | | |
| EDTA* | µg/l | 132 | < 1 | 4,0 | 9,0 | 4,0 | 6,0 | 7,0 | | | | |
| DTPA* | µg/l | 132 | < 1 | 1,0 | 4,0 | < 1 | 2,0 | 3,0 | | | | |
| Borat-Bor | mg/l | 125 | 0,02 | 0,07 | 0,11 | 0,07 | 0,09 | 0,10 | | | | |

* gesetzlich nicht verbindlicher Orientierungswert

ACP Allgemeine physikalisch-chemische Parameter

UQN Umweltqualitätsnormen gem. Oberflächengewässerverordnung

TrinkwV Anforderungen der Trinkwasserverordnung

ACP und D4/D5

 sehr gut
 gut
 mäßig

Chemischer Zustand

(UQN, prior. Stoffe und Nitrat- Stickstoff)

 gut
 nicht gut

TrinkwV

 eingehalten
 nicht eingehalten

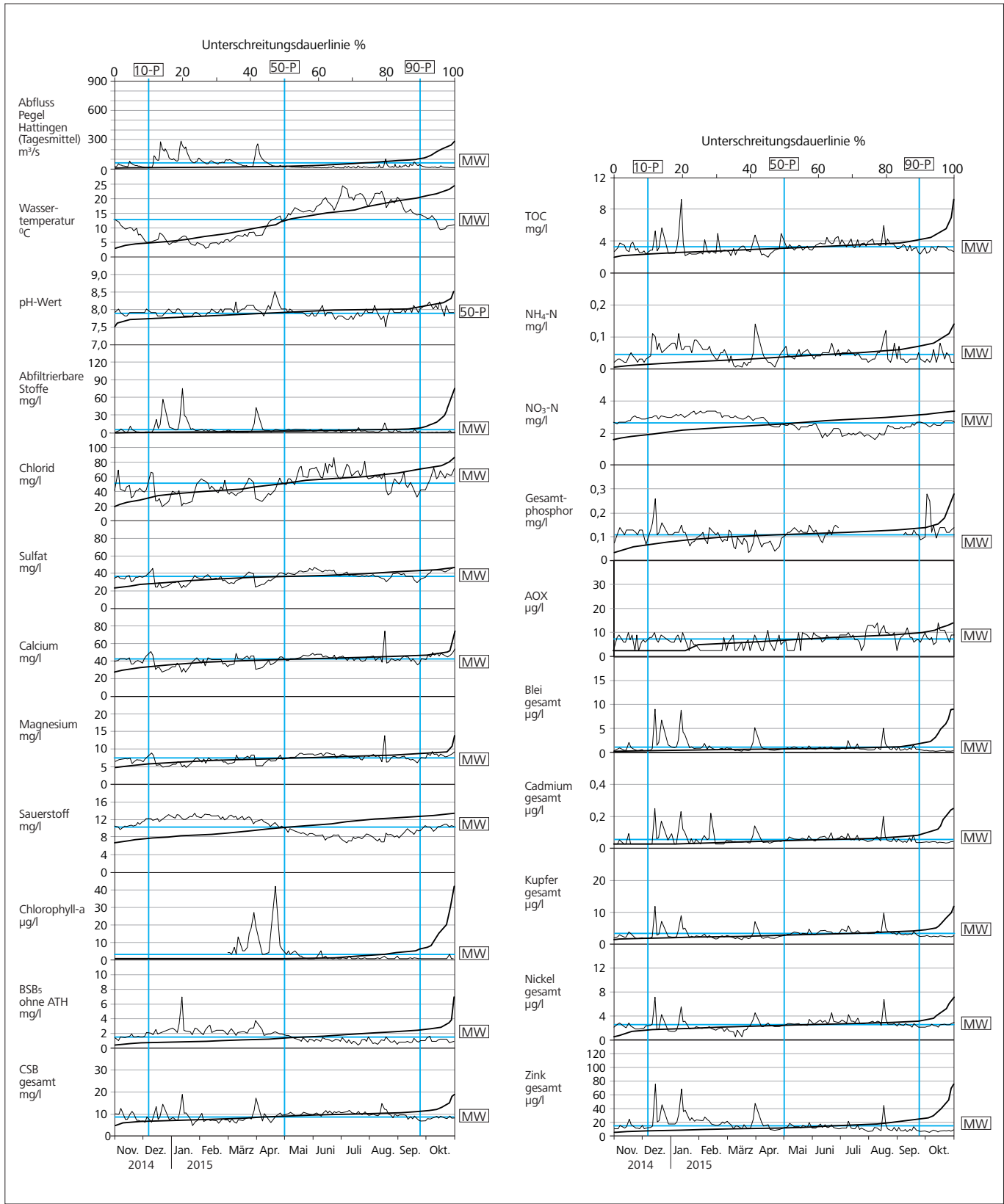


Bild 3.2: Ganglinien und Unterschreitungsdauerlinien verschiedener Kenngrößen, Ruhr bei Essen-Rellinghausen im Abflussjahr 2015
 Fig. 3.2: Time-variation curves and curves showing the durations below limit for selected parameters, Ruhr at Essen-Rellinghausen in the water year 2015

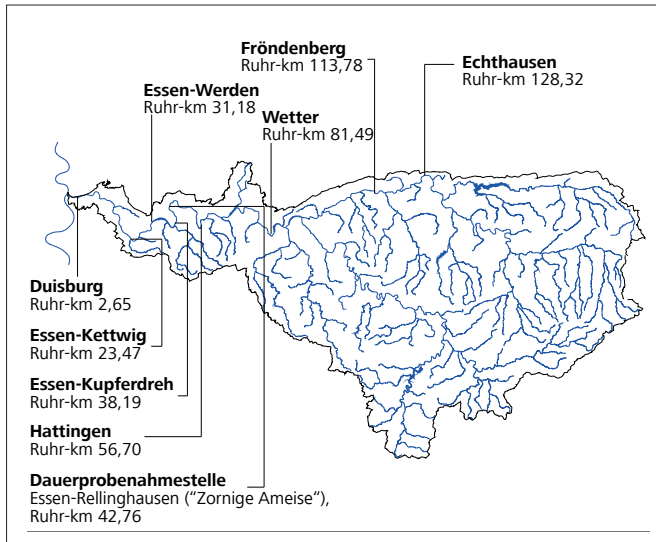


Bild 3.3: Lage der Gewässerüberwachungsstationen an der Ruhr
 Fig. 3.3: Location of water quality monitoring stations along the Ruhr

massive Algenentwicklungen aufgrund erhöhter photosynthetischer Aktivitäten verursacht werden können. Das Minimum lag bei einem pH-Wert von 7,5. Der für die Ruhr an dieser Stelle vorgegebene untere und obere Orientierungswert von pH 7,0 bzw. 8,5 wurde eingehalten. Die detaillierte Beschreibung der Chlorophyllgehalte und der Auswirkungen biologischer Prozesse auf die Verhältnisse in der Ruhr bleibt dem Kapitel „Trophie in der Ruhr“ vorbehalten.

Trübung und Abfiltrierbare Stoffe

Die Konzentrationen der Abfiltrierbaren Stoffe sowie die hier nicht dargestellte Trübung werden stark durch den Abfluss beeinflusst. Aufgrund der abflussarmen Verhältnisse (31,1 m³/s als Mittelwert im Sommerhalbjahr) traten die niedrigsten Gehalte sowohl für die Trübung (3,4 FNU) als auch für die Abfiltrierbaren Stoffe (2,9 mg/l) seit 2000 auf. Die Maxima wurden am 12. Januar für die Trübung mit 57 FNU und für die Abfiltrierbaren Stoffe mit 61 mg/l bei Tagesabflüssen von 270 m³/s gemessen. Die Jahresdurchschnittswerte für die Abfiltrierbaren Stoffe bzw. den Glührückstand lagen bei 4,8 bzw. 3,4 mg/l, wodurch die Anforderung der Anlage D5 (Leitfaden NRW) für Abfiltrierbare Stoffe (25 mg/l) sicher eingehalten wird.

Elektrische Leitfähigkeit

Wie auf die Trübung wirkt sich das Abflussgeschehen auch entscheidend auf die Elektrische Leitfähigkeit (nicht grafisch dargestellt) aus. Bei niedrigen Abflussverhältnissen konnte am 24. Juni 2015 der Spitzenwert mit 613 µS/cm für die Probenahmestelle in Essen-Rellinghausen gemessen werden. Zu niedrigen Elektrischen Leitfähigkeiten führten die niederschlagsreichen Tage im Dezember, als am 22. Dezember 2014 das Minimum von 259 µS/cm erfasst wurde.

Tabelle 3.4: Einrichtungen der Gewässergüte-Überwachungsstationen an der Ruhr

Table 3.4: 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 |
|--|-------------------|----------------------------|----------------------|-------------------------|--|--|---|----------------|
| Chemisch/physikalische 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 | | | | | | |
| Probenahmeinrichtungen | | | | | | | | |
| 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 |

Mineralische Inhaltsstoffe

Chlorid und Sulfat

Im Winterhalbjahr sind die Gehalte an Chlorid und Sulfat zum Vorjahresvergleich leicht gesunken. So lagen die mittleren Konzentrationen für Chlorid bei 41 mg/l und für Sulfat bei 34 mg/l. Im Sommerhalbjahr wurden hingegen mit 59 mg/l Chlorid und 40 mg/l Sulfat höhere Gehalte als im Vorjahr gemessen. Die mittleren Jahreskonzentrationen von 51 mg/l für Chlorid und 37 mg/l für Sulfat spiegeln die mittleren Konzentrationen der langjährigen Betrachtung (2000 bis 2015) wider. Die Anforderungen gemäß Anlage 7 der Oberflächengewässerverordnung für Chlorid (200 mg/l) und Sulfat (220 mg/l) werden mit großem Abstand eingehalten.

Fluorid und Bromid

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 0,13 mg/l Fluorid und 0,16 mg/l Bromid im trockenen Sommerhalbjahr auf. Die Durchschnittskonzentrationen lagen mit jeweils 0,09 mg/l für beide Anionen auf dem niedrigen Niveau des Vorjahres. Da es für beide Kenngrößen keine Vorgaben nach der Oberflächengewässerordnung gibt, wird für Fluorid als Orientierungswert der Grenzwert von 1,5 mg/l der TrinkwV herangezogen, der sicher eingehalten wird. Für Bromid gibt es auch in der TrinkwV keine Anforderung. Ein niedriger Wert ist anzustreben, um eine eventuell relevante Bromatbildung bei der Ozonung während der Trinkwasseraufbereitung zu vermeiden.

Erdalkalimetalle

Die Erdalkalimetallkationen (nicht grafisch dargestellt) Calcium und Magnesium unterliegen ebenfalls der typischen Abhängigkeit vom Abflussgeschehen. Die mittleren Konzentrationen von 42 mg/l Ca und 7,6 mg/l Mg lagen über dem Niveau des Vorjahres. Die Calciumkonzentration war sogar höher als die mittlere Konzentration von 38 mg/l der langjährigen Betrachtung (2000 bis 2015). Für das Ruhrwasser lag der mittlere Härtegrad wie in den letzten Jahren bei 1,4 mmol/l Calciumcarbonat. Somit ist das Wasser auch im Jahr 2015 als „weich“ einzustufen.

Organische Summenparameter

Zur Beurteilung des Wassers in der Ruhr hinsichtlich der organischen Belastung werden unterschiedliche Summenparameter herangezogen. Dazu gehören der Biochemische Sauerstoffbedarf (BSB₅), die chemische Oxidierbarkeit mittels Kaliumdichromat (CSB), der Organisch Gebundene Kohlenstoff (TOC), der Spektrale Absorptionskoeffizient bei 254 nm und die Adsorbierbaren Organisch Gebundenen Halogene (AOX). Im Folgenden wird die Ruhrwasserbeschaffenheit anhand einiger dieser Kenngrößen charakterisiert.

Biochemischer Sauerstoffbedarf nach fünf Tagen (BSB₅ ohne ATH)

Im Vergleich zum Vorjahr trat in den Monaten März und April in 2015 eine höhere Algenentwicklung auf. Hierdurch, aber vor allem auch in Folge höherer Abflüsse im Winter, ergaben sich höhere Konzentrationen im Winterhalbjahr von 2,2 mg/l für den BSB₅. Der durchschnittliche Jahresgehalt lag bei 1,6 mg/l BSB₅, womit der für die Beurteilung des ökologischen Zustands nach der Oberflächengewässerordnung definierte Wert von < 3 mg/l sicher unterschritten wird.

Chemischer Sauerstoffbedarf (CSB) und Gesamter Organisch Gebundener Kohlenstoff (TOC)

Die diesjährigen Maxima von 18,9 mg/l CSB und 9,3 mg/l TOC wurden bei erhöhtem Abfluss von 270 m³/s am 12. Januar 2015 gemessen. Weiterhin konnten überdurchschnittliche Werte während der Vegetationsperiode, bedingt durch die Zunahme der autochthonen Biomasse, festgestellt werden. Die mittleren Konzentrationen lagen für den CSB bei 9,0 mg/l und für den TOC bei 3,3 mg/l. Damit lag der mittlere Gehalt für den TOC über dem langjährigen Mittelwert (2000-2015) von 3,1 mg/l, unterschritt jedoch deutlich die Anforderung der Oberflächengewässerordnung für TOC von < 7 mg/l.

Adsorbierbare Organisch Gebundene Halogene (AOX)

Die verschiedenen organischen Halogenverbindungen (außer Fluor), die durch die Einleitung gereinigter kommunaler Abwässer und über diffuse Quellen in die Fließgewässer gelangen, werden durch den Summenparameter Adsorbierbare Organisch Gebundene Halogene erfasst. Die Messwerte für AOX in der Ruhr bei Essen-Rellinghausen liegen zwischen < 5 bis 14 µg/l. Es wurde wie im Vorjahr ein mittlerer Gehalt von 7 µg/l AOX bestimmt. Das Maximum trat im August und Oktober 2015 während einer Niedrigwasserperiode auf.

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 zurückgegangen. Dies wurde vor allem durch den Ausbau der Kläranlagen mit einer Phosphor- und Stickstoffelimination erreicht.

Phosphor

Im Abflussjahr 2015 betrug in Essen-Rellinghausen der mittlere Gehalt für Gesamtphosphor 0,11 mg/l und lag damit das erste Mal seit 2003 knapp über dem Wert der Oberflächengewässerordnung von 0,10 mg/l. Die Einstufung für den ökologischen Zustand erfolgt daher in „mäßig“. Die höchste Konzentration trat aufgrund erhöhter Abflüsse mit einem Gehalt von 0,26 mg/l am 15. Dezember 2014 auf. Das Monatsmaximum von 0,11 mg/l gelöstem o-Phosphat-Phosphor war im Juli und August vorhanden. Die niedrigsten Tageskonzentrationen von Gesamtphosphor (0,040 mg/l) und o-Phosphat-Phosphor (0,016 mg/l) wurden während der Algenentwicklung im Frühjahr verzeichnet. Im Durchschnitt lag der Anteil an direkt pflanzenverfügbarem (gelöstem) o-Phosphat-Phosphor bei 64 % und wird mit einem Jahresmittelwert von 0,07 mg/l als „gut“ bewertet.

Nitrat-Stickstoff

Mit einem Wert von 2,6 mg/l Nitrat-Stickstoff entsprach die mittlere Konzentration dem Minimum der langjährigen Betrachtung von 2000 bis 2015. Die Maximalgehalte von 3,4 mg/l traten in den Wintermonaten Januar und Februar bei Temperaturen zwischen 3,0 bis 4,9 °C auf, da aufgrund der niedrigen Temperaturen die Denitrifikation im Gewässersediment vermindert ist. In den Sommermonaten nahm die Denitrifikation zu und als Folge wurde am 7. August 2015 ein Minimum von 1,6 mg/l NO₃-N registriert. Die UQN der Oberflächengewässerverordnung, die der Trinkwasserverordnung von 11,3 mg/l Nitrat-Stickstoff (50 mg/l Nitrat) entspricht, wurde erneut sicher eingehalten.

Ammonium-Stickstoff

Das niedrige Konzentrations-Niveau der letzten Jahre für Ammonium-Stickstoff wurde auch im Abflussjahr 2015 mit einem mittleren Gehalt von 0,05 mg/l bestätigt. In den kälteren Monaten Dezember und Januar traten höhere Konzentrationen bis zu 0,11 mg/l NH₄-N auf. Die Maximalwerte von 0,14 mg/l NH₄-N wurden jedoch nach starken Niederschlägen im April registriert. Der verschärfte Wert von ≤ 0,1 mg/l NH₄-N der Anlage 7 der neuen Oberflächengewässerverordnung wurde unterschritten, die Bewertung erfolgt in „gut“.

Schwermetalle

Die Schwermetallbelastungen der Gewässer haben unterschiedliche Ursachen, wie Auswaschungen oder Abtrag natürlich vorkommender Gesteine und Böden sowie Einleitungen industrieller und kommunaler Abwässer. In der Ruhr ist seit Jahren ein Rückgang der Schwermetallkonzentrationen zu erkennen. Die Messwerte liegen inzwischen 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 EG-WRRL im gelösten Zustand gemessen. Weiterhin wurde in der unfiltrierten Probe auf Chrom, Kupfer und Zink sowie auf den prioritär gefährlichen Stoff Quecksilber (nicht grafisch dargestellt) untersucht. Die Bewertung dieser Stoffe erfolgt entsprechend den Anforderungen der Oberflächengewässerverordnung (OGewV) sowie den Vorgaben der Anlage D4 (Leitfaden NRW) und ggf. der Trinkwasserverordnung (TrinkwV).

Blei

Die Bleikonzentrationen sind stark vom Abflussgeschehen abhängig. So traten Maximalkonzentrationen von 9,1 µg/l in der unfiltrierten und 0,61 µg/l in der filtrierten Probe im Dezember bei kurzzeitig erhöhten Abflüssen auf. Die Durchschnittswerte von 1,1 µg/l Pb_{ges.} und 0,18 µg/l Pb_{filtr.} in der Ruhr bei Essen-Rellinghausen entsprachen dem Niveau der Vorjahre. Die neue UQN für prioritäre Stoffe von 1,2 µg/l Pb_{filtr.} (bioverfügbarer Anteil) wird sicher eingehalten.

Cadmium

Cadmium zählt zu den eher seltenen Elementen in der Erdkruste. Im diesjährigen Abflussjahr betragen die Maximalkonzentrationen für Cadmium gesamt 0,25 µg/l und für den gelösten Anteil 0,06 µg/l. Das arithmetische Mittel lag mit 0,05 µg/l Cd_{ges.} auf dem niedrigsten Niveau der langjährigen Betrachtung der letzten 15 Jahre. 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 Wasserhärteklasse, die hier durch den Gehalt an Calciumcarbonat definiert ist. In der Ruhr bei Essen-Rellinghausen wird die Wasserhärte mit 1,4 mmol/l Calciumcarbonat als „weich“ (Klasse 4) eingestuft. Die Anforderung der Oberflächengewässerverordnung von 0,15 µg/l Cd_{filtr.} wird für die filtrierte Probe eingehalten.

Chrom

Der Chromgehalt (nicht grafisch dargestellt) spielt in der Ruhr seit vielen Jahren keine große Rolle mehr. Die höchste Konzentration von 6,8 µg/l Cr_{ges.} wurde ebenfalls am 15. Dezember 2014 bei erhöhten Abflüssen nach einer längeren Niedrigwasserperiode registriert. Der Durchschnittswert von 0,8 µg/l Cr_{ges.} lag auf dem niedrigsten Stand der langjährigen Betrachtung. Der Median von 0,6 µg/l Cr_{ges.} bestätigt sicher die Einhaltung der Vorgaben von 10 µg/l der Anlage D4 (Leitfaden NRW). Die Einstufung der Ruhr bei Essen erfolgt mit „sehr gut“.

Kupfer

Kupfer kann über sehr unterschiedliche Pfade 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 3,3 µg/l im diesjährigen Abflussjahr das niedrigste Niveau der letzten 15 Jahre. Das Maximum von 12 µg/l wurde am 15. Dezember 2014 gemessen. Die Anforderung der Anlage D4 (Leitfaden NRW) von 4 µg/l (als 50-Perzentil) wird mit 3,1 µg/l Cu eingehalten. Daraus ergibt sich für Kupfer ein guter Zustand.

Nickel

Die Belastung der Ruhr mit Nickel wird wesentlich durch Emissionen aus metallbe- und -verarbeitenden Betrieben beeinflusst. Der Maximalwert für die unfiltrierte Probe betrug am 15. Dezember 2014 bei einem Abfluss von 115 m³/s 7,1 µg/l Ni_{ges.} Die Höchstgehalte für die filtrierte Probe von 2,9 µg/l Ni_{filtr.} wurden bei sehr niedrigen Abflüssen im Juni und Juli erfasst. Die Durchschnittswerte lagen mit 2,5 µg/l Ni_{ges.} und 1,9 µg/l Ni_{filtr.} auf sehr niedrigem Niveau. Die neue UQN von 4 µg/l Ni_{filtr.} (bioverfügbarer Anteil) wird sicher eingehalten.

Quecksilber

Das Quecksilber (nicht grafisch dargestellt) spielt im Einzugsgebiet der Ruhr in der Wasserphase keine bedeutende Rolle. Die Maximalkonzentration von 0,013 µg/l wurde am 20. März 2015 erfasst. Somit kann die Anforderung der Oberflächenge-

wässerverordnung, die für Quecksilber in der gelösten Form eine Höchstkonzentration von 0,07 µg/l vorschreibt, sicher eingehalten werden.

Zink

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. Im Oberlauf der Ruhr spielen auch geogene Belastungen aus Grubenwässern des ehemaligen Erzabbaus eine wichtige Rolle. Zum ersten Mal im betrachteten Zeitraum ab dem Jahr 2000 wurde die Anforderung der Anlage D4 (Leitfaden NRW) von 14 µg/l als 50-Perzentil eingehalten.

Sauerstoffhaushalt (Gewässerüberwachungsstationen)

In Bild 3.4 sind für die sechs Messstationen zwischen Fröndenberg und Duisburg die monatlichen Mittelwerte und die Bandbreiten der Tagesmittelwerte der Sauerstoffkonzentrationen abgebildet. Aufgrund niedriger Temperaturen und damit verbundener besserer Wasserlöslichkeit sind die Sauerstoffgehalte im Winter zumeist höher als im Sommer. Von November 2014 bis Februar 2015 schwankten die Werte um die Tagesmittel kaum. Im gesamten Abflussjahr bewegten sich die monatlichen Durchschnittsgehalte in einem Bereich zwischen 7,1 und 13,4 mg/l. Die Bandbreite der Tagesmittelwerte nahm insbesondere während der Algenentwicklung (März bis Mai) vor allem an den Messstationen Essen-Werden, Essen-Kettwig und Duisburg zu. An der Messstation Essen-Werden wurde am 1. Juli 2015 die Höchstkonzentration von 19,3 mg/l O₂ registriert.

Bild 3.5 zeigt die Sauerstoffsättigung im Sommerhalbjahr 2015 (Tagesmittelwerte) im Vergleich zu den Jahren 1971 bis 2014 an der Gewässerüberwachungsstation Essen-Werden. Der Median für die Sauerstoffsättigung lag bei 100 %. Lediglich an 21 Tagen wurde die Sauerstoffsättigung von 90 % unterschritten. Das Minimum von 73 % trat einmal am 17. August 2015 auf. Somit war im Jahr 2015 keine Belüftung am Wehr des Kettwiger Stausees erforderlich.

Die prozentuale Verteilung der Sauerstofftagesmittelwerte in der unteren Ruhr zwischen den Gütemessstationen in Hattingen und Duisburg zeigt Bild 3.6. Der Sauerstoffgehalt an den Messstationen Duisburg und Essen-Kettwig lag zeitweise knapp unter 6 mg/l. Alle Gütemessstationen weisen im Abflussjahr 2015 an 99 % der Tage eine Sauerstoffkonzentration von mindestens 6 mg/l auf.

Zusammenfassende Bewertung

Tabelle 3.3 zeigt einige statistische Daten ausgewählter Kenngrößen der Ruhr bei Essen-Rellinghausen und vergleicht diese mit den Vorgaben der Oberflächengewässerverordnung sowie den Vorgaben des Leitfadens Monitoring Oberflächengewässer in NRW und der Trinkwasserverordnung.

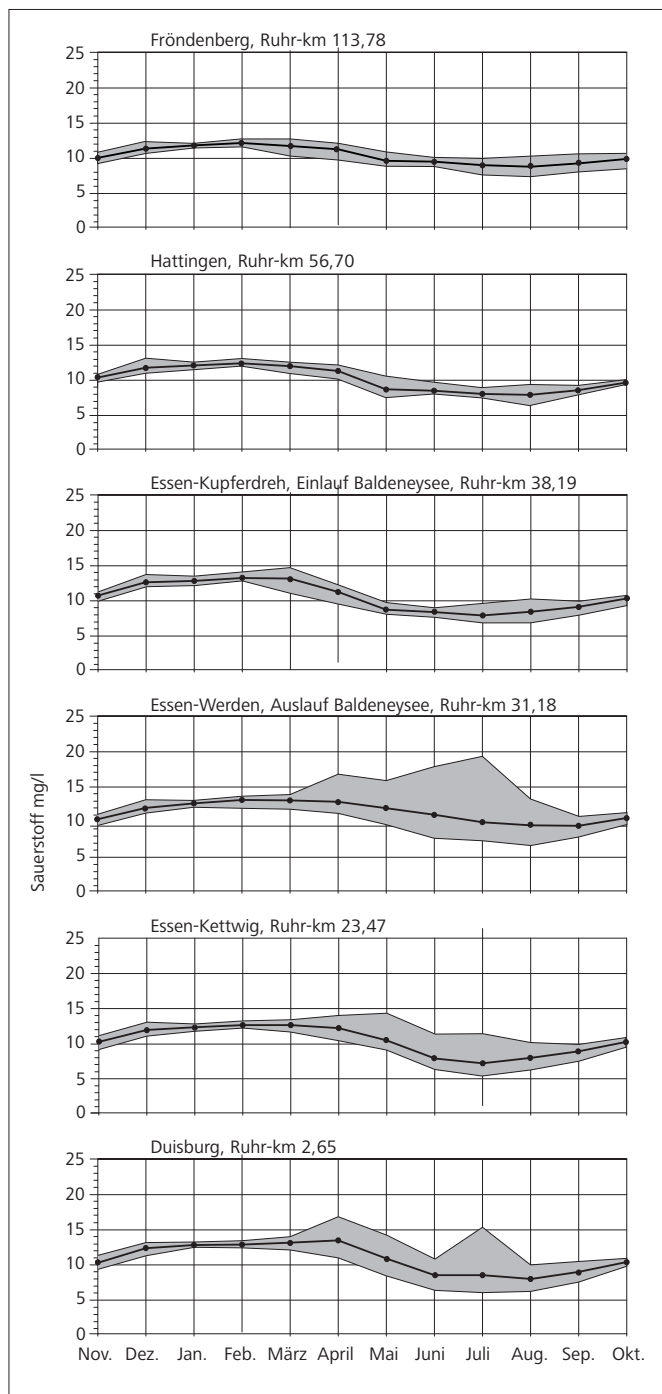


Bild 3.4: Sauerstoffgehalte in der Ruhr, monatliche Durchschnittswerte und Bandbreite der Tagesdurchschnittswerte, Abflussjahr 2015
Fig. 3.4: Oxygen in the Ruhr, monthly means and spread of daily means, water year 2015

Die Summenparameter BSB₅ (ohne ATH) und TOC sowie der pH-Wert werden nach der Oberflächengewässerverordnung Anlage 7 mit „gut“ bewertet. Des Weiteren halten die Kenngrößen Chlorid, Sulfat, ortho-Phosphat-Phosphor sowie Nitrit-Stickstoff und Ammonium-Stickstoff die Anforderung an den guten ökologischen Zustand ein. Auch für Nitrat-Stickstoff erfolgt nach der Oberflächengewässerverordnung eine Bewertung in „gut“. Mit Ausnahme der Gütestationen Duisburg und Essen-Kettwig entsprechen die Sauerstoffgehalte dem guten Zustand. Für Gesamtphosphor erfolgt zum ersten Mal seit dem Jahr 2003 die Bewertung mit „mäßig“. Des Weiteren entspricht die Temperatur im Sommer (April bis November) nicht dem guten Zustand.

Die prioritären und prioritär gefährlichen Schwermetalle Blei, Nickel, Cadmium und Quecksilber erreichen entsprechend der Umweltqualitätsnormen den guten chemischen Zustand.

Kupfer und Zink halten im diesjährigen Berichtszeitraum die Anforderungen der Anlage D4 (Leitfaden NRW) ein. Beide Metalle werden in „gut“ eingestuft. Chrom dagegen erreicht sogar die Einstufung in „sehr gut“.

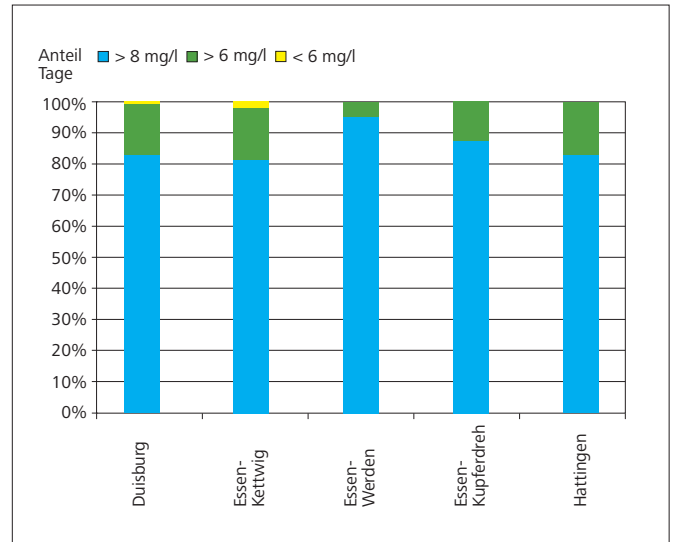


Bild 3.6: Zeitliche Verteilung der Sauerstoffgehalte in der unteren Ruhr, Abflussjahr 2015
 Fig. 3.6: Temporal distribution of oxygen levels in the lower Ruhr, water year 2015

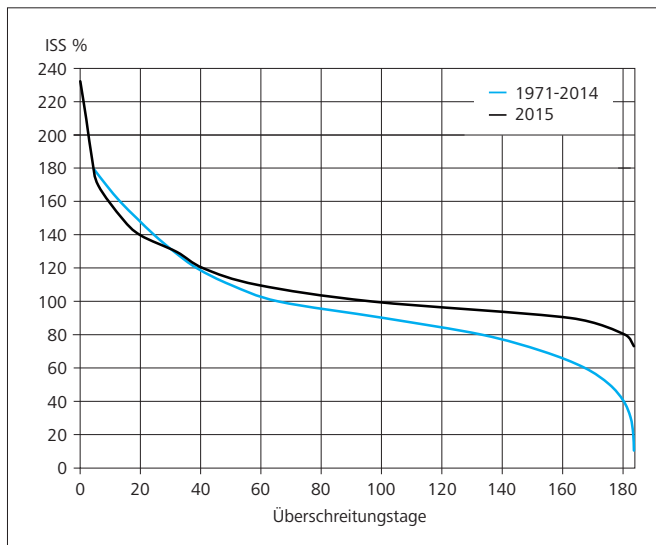


Bild 3.5: Sauerstoffdauerlinie der Tagesmittelwerte im Sommerhalbjahr 2015 und Vergleich mit den langjährigen Werten an der Gewässergüte-Überwachungsstation Essen-Werden (Baldeneysee Auslauf)

Fig. 3.5: Oxygen duration curve of daily means during the six summer months in 2015 and comparison with the long-term results of the water quality monitoring station Essen-Werden (outflow Lake Baldeney)

4 Physikalisch-chemische Untersuchungen der Ruhr und ihrer Nebengewässer

Die Ruhr und ihre Nebengewässer werden seit vielen Jahren hinsichtlich ihrer physikalisch-chemischen Beschaffenheit überwacht. Um eine repräsentative Aussage über räumliche und zeitliche Aspekte der Wasserbeschaffenheit treffen zu können, wird die Ruhr an zwölf Messstellen von der Quelle bis zur Mündung alle vier Wochen untersucht. Des Weiteren erfolgen quartalsweise Ruhrlängsuntersuchungen gemäß den Vereinbarungen mit der AWWR und in Zusammenarbeit mit dem Hygieneinstitut des Ruhrgebiets, in denen in erster Linie die Entnahmestellen von Rohwasser zur Trinkwassergewinnung Berücksichtigung finden. Die Ergebnisse werden im Berichtsteil der AWWR vorgestellt.

Die Ruhr im Längsverlauf

Die geographische Lage der zwölf Probenahmestellen ist in Bild 4.1 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) [4.1].

In Bild 4.2 sind die Abflusstagesmittelwerte der Ruhrpegel Meschede 1, Bachum und Hattingen an den zwölf Untersuchungsterminen sowie die Monatsmittelwerte am Pegel Hattingen im Abflussjahr 2015 abgebildet. Die Abflussverhältnisse am Pegel Hattingen lagen an den Untersuchungstagen im Mittel um 22 % unter dem Jahresdurchschnitt. Vor allem die Untersuchung im Dezember 2014 mit dem Tagesabfluss von 30,8 m³/s repräsentiert nicht den tatsächlichen Monatsdurchschnittswert von 114 m³/s. Dies lag daran, dass die Probenahme Anfang Dezember vor dem Abflussanstieg stattfand, wodurch die abflussreichen Ereignisse im weiteren Monatsverlauf nicht erfasst wurden.

In Bild 4.3 sind die statistischen Daten der untersuchten Kenngrößen für das Abflussjahr 2015 und die Jahre 2002 bis 2014 in so genannten „Box-Whisker-Diagramm“ dargestellt. Die grau hinterlegte Fläche entspricht den 10- und 90-Perzentilen, die rote Linie den arithmetischen Mittelwerten der langjähr-

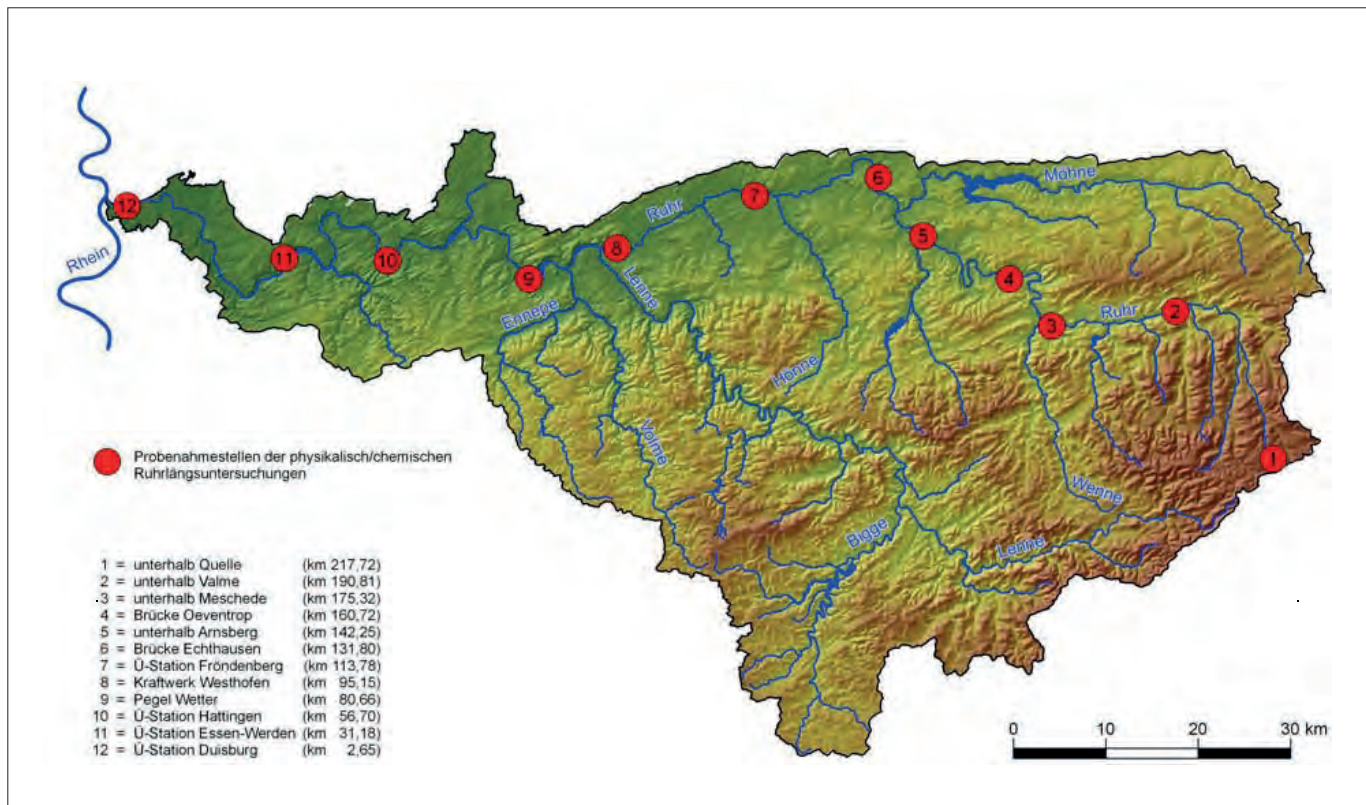


Bild 4.1: Geografische Lage der zwölf Probenahmestellen der Ruhrlängsuntersuchungen. Quelle: Geobasisdaten der Kommunen und des Landes NRW © Geobasis NRW 2008

Fig. 4.1: Location of the 12 sampling points for quality monitoring along the Ruhr. Source: Geobasisdaten der Kommunen und des Landes NRW © Geobasis NRW 2008

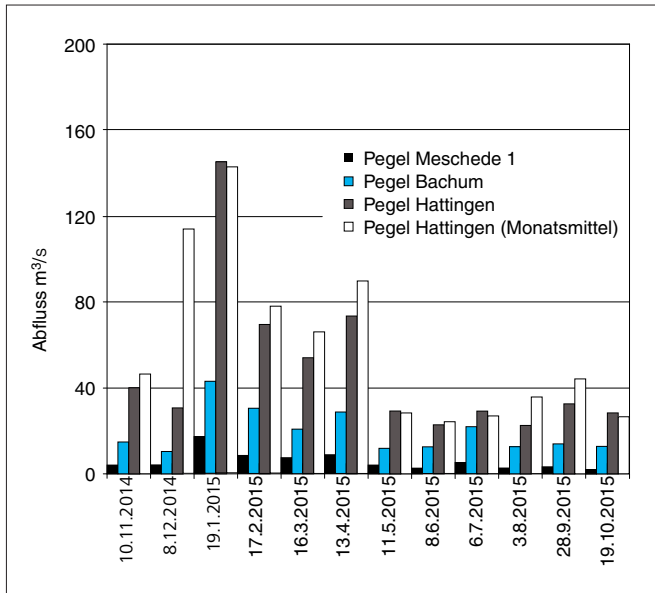


Bild 4.2: Abflüsse an den Pegeln Meschede 1, Bachum und Hattingen an den Probenahmestellen des Abflussjahres 2015 (Tagesmittelwerte)

Fig. 4.2: Ruhr runoff at the gauging stations Meschede 1, Bachum and Hattingen at the sampling points of 2015 (daily means)

rigen Betrachtung. Die Minima und Maxima für das Jahr 2015 entsprechen den Eckpunkten der Linien. Die grauen Balken repräsentieren den Bereich zwischen den 10- und 90-Perzentilen des Jahres 2015. Das arithmetische Mittel wird durch den schwarzen Punkt abgebildet. Im Folgenden werden einige ausgewählte Parameter erläutert und bewertet (siehe Beitrag 2 „Grundlagen der Bewertung von Gewässeranalysedaten im Ruhrgütebericht“).

Allgemeine physikalisch-chemische Kenngrößen

pH-Wert

Die pH-Mittelwerte lagen an allen zwölf Stellen im Vergleich zu den Vorjahren auf einem etwas höheren Niveau. Der Maximalwert der OGewV [4.2] von pH 8,5 wurde im Juni und August insgesamt fünf Mal überschritten. Dabei wurde ein Spitzenwert von pH 8,9 an der Brücke Oeventrop gemessen. An den Probenahmestellen unterhalb Arnsberg, am Pegel Wetter und zweimal an der Überwachungsstation Essen-Werden traten die weiteren Überschreitungen auf. An den beiden letztgenannten Stationen wurden zur gleichen Zeit erhöhte Chlorophyll-a-Gehalte festgestellt. Im Oberlauf zwischen Oeventrop und Arnsberg ist die Ruhr relativ flach, wodurch das Makrophytenwachstum, vor allem mit dem Flutenden Hahnenfuß *Ranunculus fluitans*, einem Indikator des guten ökologischen Zustands, begünstigt wird. Der Minimalwert von pH 6,5 wurde einmalig an der Probenahmestelle unterhalb der Quelle unterschritten. Somit konnten 138 von 144 Messungen den nach der Oberflächengewässerverordnung vorgeschriebenen pH-Wertbereich einhalten.

Elektrische Leitfähigkeit

Die Elektrische Leitfähigkeit stellt eine Abschätzung des Gesamtgehalts an gelösten Salzen in Gewässern dar. Sie ist stark vom Abflussgeschehen abhängig. In der Ruhr nimmt die Elektrische Leitfähigkeit auf Grund anthropogener und geogener Einflüsse von der Quelle bis zur Mündung tendenziell zu. Besonders ausgeprägt war dies zwischen der Quelle (Mittelwert: 142 $\mu\text{S}/\text{cm}$) bis zum Kraftwerk Westhofen (Mittelwert: 452 $\mu\text{S}/\text{cm}$). Ab Pegel Wetter lag die Elektrische Leitfähigkeit mit 395 $\mu\text{S}/\text{cm}$ allerdings etwas niedriger. Im Unterlauf (ab km 60) stieg die Elektrische Leitfähigkeit unter anderem durch die Aufnahme der Grubenwässer des ehemaligen Bergwerks „Robert Müser“ wieder an. Der Maximalwert von 617 $\mu\text{S}/\text{cm}$ wurde an der letzten Probenahmestelle vor der Mündung registriert.

Mineralische Inhaltsstoffe

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

Bei niedrigen Abflüssen im Juni 2015 wurden beim Sulfat an den Überwachungsstationen Essen-Werden und Duisburg die Maximalwerte von 50 mg/l gemessen. Dennoch lagen die Mittelwerte im Unterlauf der Ruhr und im Bereich der Brücke Oeventrop in 2015 unter den Durchschnittswerten der langjährigen Betrachtung (2002 bis 2014). Im Oberlauf traten nahezu identische Mittelwerte wie in den Vorjahren auf.

Auch die Chloridgehalte bewegten sich im gleichen Bereich wie in der Vergangenheit. Höchstkonzentrationen von 78 mg/l Chlorid wurden an den Überwachungsstationen Essen-Werden und Duisburg gemessen. Die mittleren Konzentrationen lagen jeweils in einem Bereich zwischen 15 und 39 mg/l Sulfat bzw. 13 und 52 mg/l Chlorid. Somit wurden die Anforderungen der Oberflächengewässerverordnung (Sulfat: 75-220 mg/l, Chlorid: 200 mg/l) sicher eingehalten.

Die Maximalkonzentrationen der Anionen Fluorid und Bromid lagen bei 0,12 mg/l Fluorid bzw. 0,14 mg/l Bromid (grafisch nicht dargestellt). Die Gehalte der Kationen Calcium, Magnesium, Natrium und Kalium bewegten sich auf dem Niveau der Vorjahre.

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

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

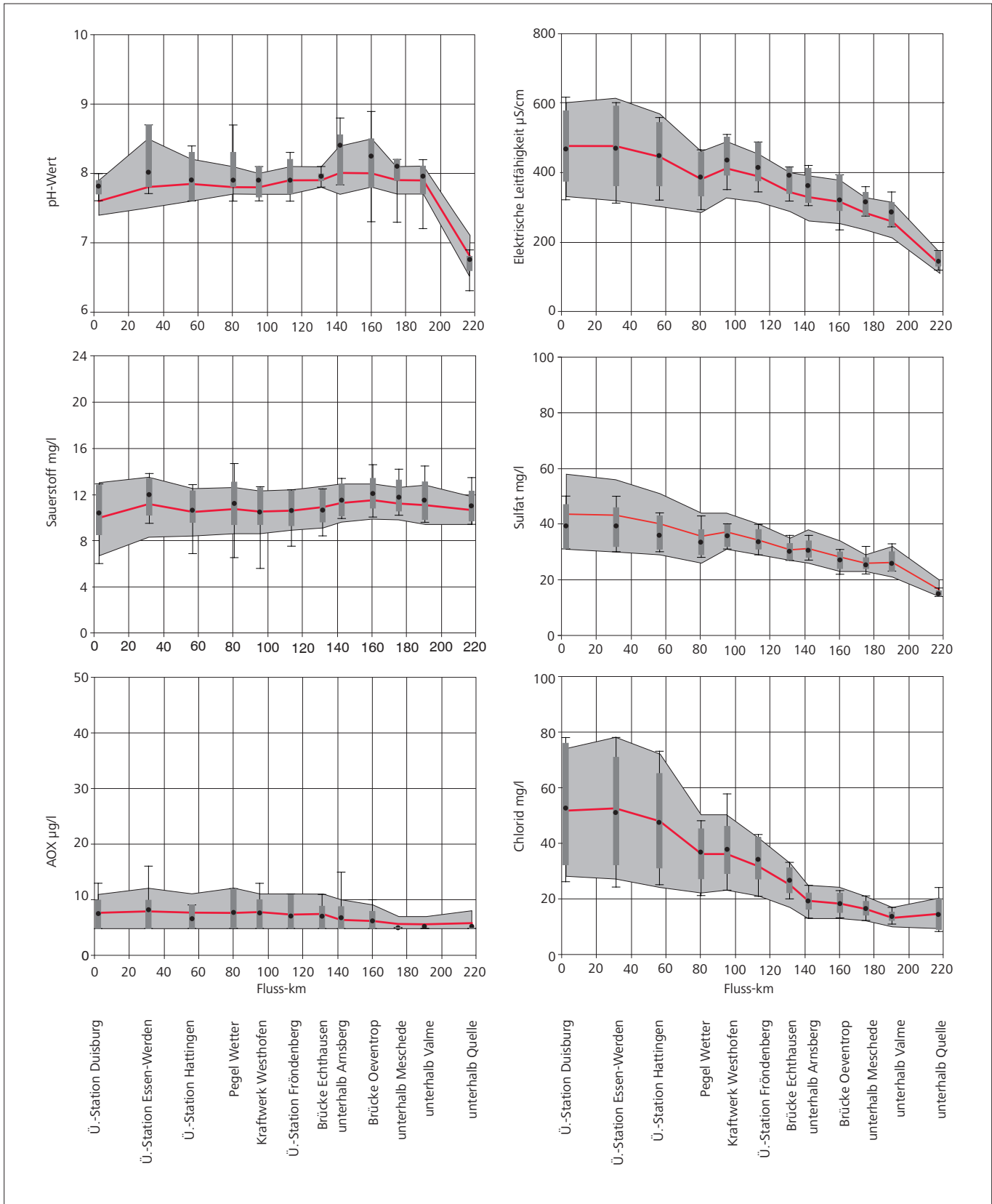


Bild 4.3: Ruhrlängsuntersuchungen im Abflussjahr 2015, statistische Daten ausgewählter Kenngrößen
 Fig. 4.3: Examinations along the Ruhr during the runoff year 2015, statistical data of selected parameters

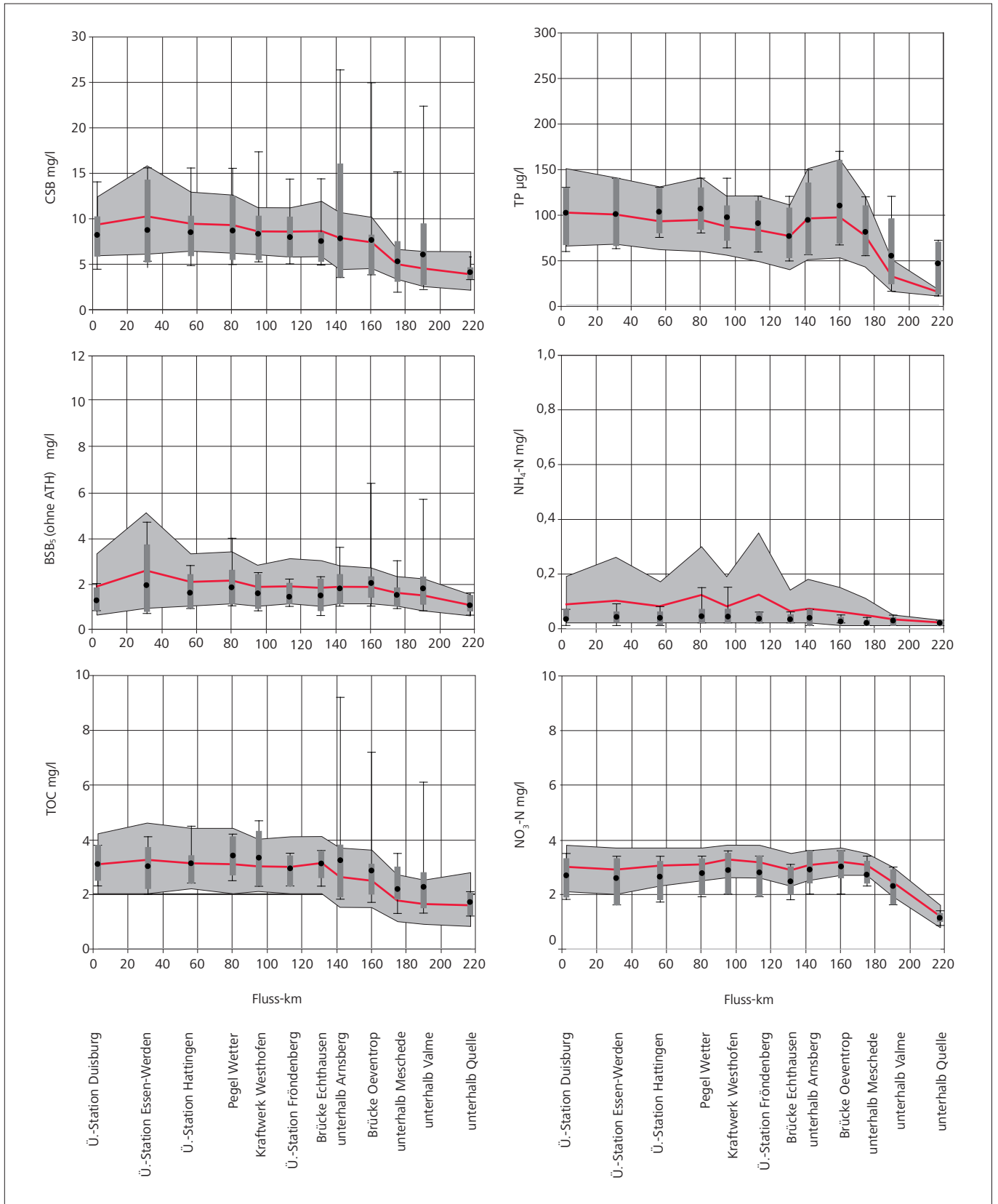


Bild 4.3: Ruhrlängsuntersuchungen im Abflussjahr 2015, statistische Daten ausgewählter Kenngrößen
 Fig. 4.3: Examinations along the Ruhr during the runoff year 2015, statistical data of selected parameters

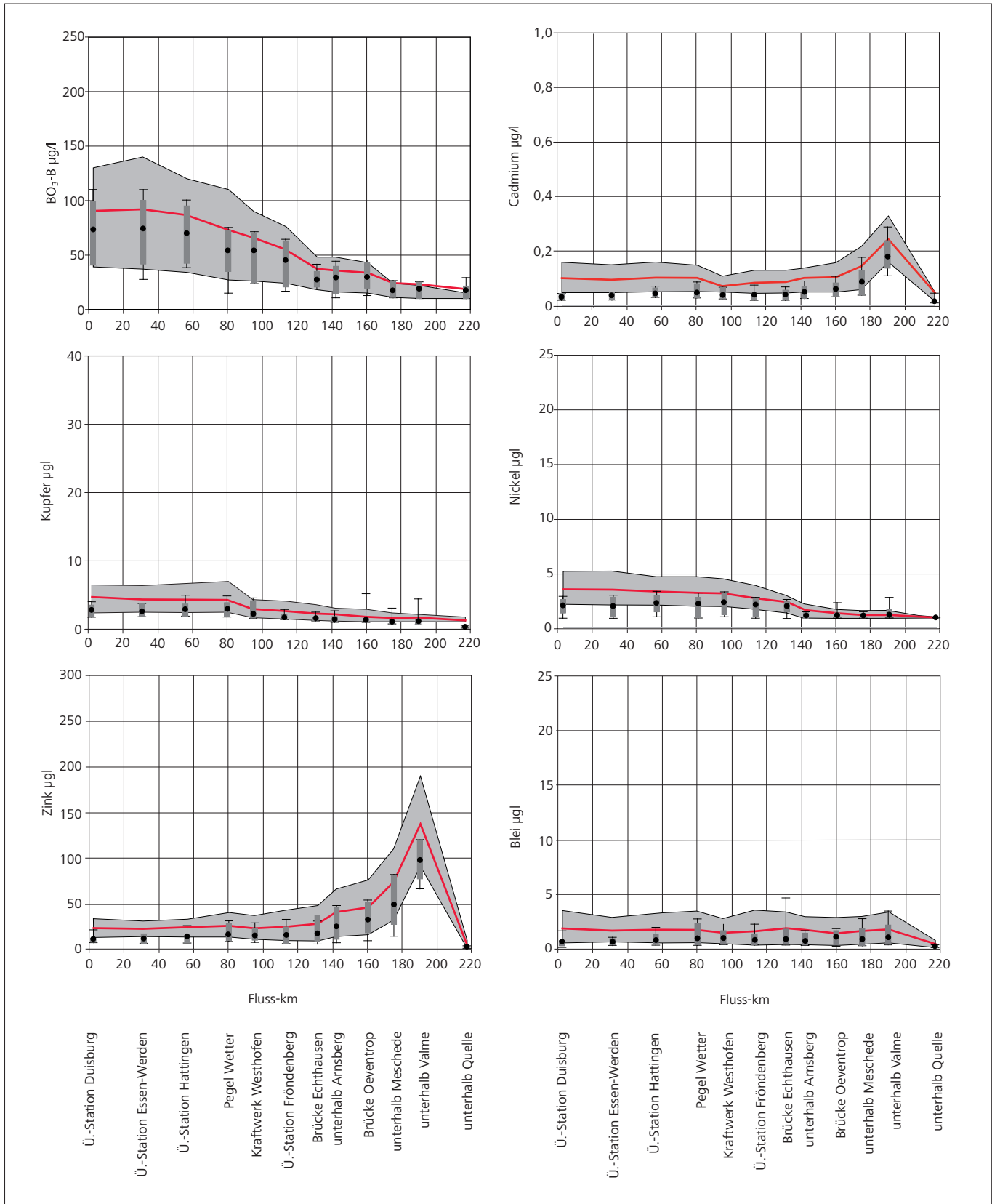


Bild 4.3: Ruhrlängsuntersuchungen im Abflussjahr 2015, statistische Daten ausgewählter Kenngrößen
 Fig. 4.3: Examinations along the Ruhr during the runoff year 2015, statistical data of selected parameters

Organische Summenparameter (CSB, BSB₅, TOC)

Die organische Belastung der Ruhr wird hier durch die Parameter BSB₅ (ohne ATH), CSB und TOC 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 Juli 2015 kam es bei allen drei Parametern zu bemerkenswert hohen Maxima. Insbesondere in der oberen Ruhr wurden in Folge von Sedimentremobilisierung und Abschwemmungen aus der Landschaft erhöhte Belastungen nachgewiesen. Dabei wurden für den BSB₅ (ohne ATH) Maximalgehalte von 6,4 mg/l registriert. Die Höchstkonzentrationen für den CSB (26,4 mg/l) und den TOC (9,2 mg/l) wurden jedoch am 3. August 2015 unterhalb von Arnsberg bei sehr niedrigen Abflüssen gemessen. In der unteren Ruhr lagen die Durchschnittswerte für den CSB und den BSB₅ unter denen der langjährigen Betrachtung (Jahre 2002 bis 2015).

Die Anforderungen der Oberflächengewässerverordnung für den TOC von < 7 mg/l und für den BSB₅ (ohne ATH) < 3 mg/l werden an allen Probenahmestellen eingehalten.

Adsorbierbare Organisch Gebundene Halogene (AOX)

Die mittleren AOX-Gehalte im Fließverlauf der Ruhr bewegten sich in einem Bereich zwischen 5,0 und 8,1 µg/l. Es ist als positiv zu bewerten, dass die Gehalte für AOX sich seit vielen Jahren auf einem niedrigen Niveau bewegen.

Nährstoffe

Neben den Komponenten Licht, Kohlenstoff, Aufenthaltszeit und gegebenenfalls Silicium sind für die Produktion der pflanzlichen 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 in der Regel den limitierenden Faktor dar. Im Folgenden wird auf die langjährige Entwicklung der Kenngrößen Gesamtposphor, Nitrat- und Ammonium-Stickstoff eingegangen. In dem Kapitel „Trophie in der Ruhr“ werden die Auswirkungen von biotischen und abiotischen Komponenten auf die Belastungssituation ausführlich diskutiert.

Aufgrund niedriger Abflüsse im Sommerhalbjahr lagen die Phosphorkonzentrationen im Oberlauf der Ruhr bis zur Überwachungsstation Hattingen im Vergleich zum Vorjahr höher. Am 11. Mai 2015 wurde ein Spitzenwert von 170 µg/l an der Brücke Oeventrop registriert. An fünf der zwölf Probenahmestellen wurden Durchschnittsgehalte knapp über 100 µg/l gemessen. Mit Ausnahme der ersten beiden Stellen blieben die 10- und 90-Perzentile im Bereich der langjährigen Daten. Der Anteil an pflanzenverfügbarem Phosphor ist abhängig von abiotischen und biotischen Randbedingungen. Phosphor liegt bei ansteigenden Abflüssen und im Frühjahr während der Primär-

produktion überwiegend in partikulärer Form vor. Der gelöste Anteil steigt in der Regel in den Sommermonaten beim Abbau und Mineralisierung der zuvor produzierten Biomasse an. An den ersten beiden Probenahmestellen lagen im Jahresmittel unterdurchschnittliche Anteile von 11 bzw. 30 % o-Phosphat-Phosphor vor. Im weiteren Fließverlauf lagen die Anteile zwischen 47 und 61%. Entsprechend der Oberflächengewässerverordnung werden die Messstellen Brücke Oeventrop, Pegel Wetter bis Überwachungsstation Duisburg für den Parameter Gesamtposphor mit „mäßig“ bewertet. Für die Probenahmestellen unterhalb Quelle bis unterhalb Meschede sowie zwischen den Stellen unterhalb Arnsberg und Kraftwerk Westhofen erfolgt dagegen eine Bewertung mit „gut“. Bezüglich o-Phosphat-Phosphor erreichten alle Messstellen den guten Zustand.

Auch im diesjährigen Abflussjahr bestätigten sich in der gesamten Ruhr die niedrigen Konzentrationen für Ammonium-Stickstoff. Maximalgehalte von 0,15 mg/l wurden lediglich einmal beim Kraftwerk Westhofen und am Pegel Wetter gemessen. Die mittleren Gehalte der zwölf Probenahmestellen liegen zwischen 0,02 und 0,04 mg/l und unterschreiten weit die Durchschnittskonzentrationen der früheren Abflussjahre. Weiterhin blieb die Bandbreite zwischen den 10- und 90-Perzentilen schmal, so dass an vielen Stellen das 90-Perzentil unter dem Mittelwert der Vorjahre lag. Im gesamten Fließverlauf wird die Qualitätskomponente der Oberflächengewässerverordnung von 0,04 mg/l für den sehr guten Zustand eingehalten.

Mit mittleren Konzentrationen zwischen 1,1 mg/l unterhalb der Quelle und 3,0 mg/l an der Brücke Oeventrop wurde für Nitrat-Stickstoff das niedrige Niveau der Vorjahre bestätigt. Die Anforderungen der Oberflächengewässerverordnung bzw. der Trinkwasserverordnung [4.3] von 11,3 mg/l NO₃-N werden mit großem Abstand eingehalten.

Schwermetalle

Die Konzentrationen der human- und ökotoxikologisch bedeutsamen Schwermetalle Blei, Cadmium, Nickel, Kupfer und Zink werden in Bild 4.3. dargestellt. Zu dieser Gruppe zählen auch die Metalle Chrom und Quecksilber, die jedoch aufgrund der inzwischen niedrigen Gehalte in der Ruhr hier nicht mehr grafisch dargestellt werden.

Im Abflussjahr 2015 war auffällig, dass die Gehalte der Metalle Cadmium und Zink im Oberlauf der Ruhr, der durch die Einträge aus dem ehemaligen Erzbergbau im Einzugsgebiet von Valme und Elpe beeinflusst wird, im Vergleich sowohl zum Vorjahr als auch zum Zeitraum 2002 bis 2014 niedriger lagen. Zink lag sogar mit Höchstkonzentrationen von 120 µg/l unter-

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

halb der Durchschnittswerte der langjährigen Betrachtung. Auch die mittleren Konzentrationen von 0,18 µg/l Cadmium erreichten nicht das Niveau der Vorjahre. Ab Flusskilometer 190 bis zur Mündung in den Rhein nahmen die Konzentrationen beider Metalle durch Verdünnungseffekte wieder ab.

Im Verlauf der Ruhr nahmen demgegenüber die Gehalte für Kupfer und Nickel zu. Aber auch für diese beiden Metalle lagen die mittleren Konzentrationen in der mittleren und unteren Ruhr weit unter den Durchschnittswerten der Vorjahre. Für Kupfer an der Brücke Oeventrop und für Nickel an der Überwachungsstation in Hattingen wurden die Höchstkonzentrationen von 5,2 µg/l Kupfer bzw. 3,5 µg/l Nickel unmittelbar nach einem Abflussanstieg am 6. Juli 2015 registriert. Die mittleren Bleikonzentrationen lagen ebenfalls unter den Gehalten der langjährigen Betrachtung. Maximalwerte von 3,5 µg/l traten im Mai unterhalb der Valme bei sehr niedrigen Abflüssen von 2,91 m³/s am Pegel Meschede 1 auf.

Die Anforderung der Anlage D4 (Leitfaden NRW) [4.4] von 14 µg/l als 50-Perzentil für Zink wird von Flusskilometer 191 bis 140 verfehlt. Die Einstufung erfolgt mit „mäßig“. Auch die beiden Probenahmestellen am Kraftwerk in Westhofen und am Pegel in Wetter erreichen nur den mäßigen Zustand. An der Brücke in Echthausen und an der Überwachungsstation Fröndenberg sowie ab Flusskilometer 57 bis zu Mündung in den Rhein erreicht Zink eine gute Bewertung. Die Anforderung der Anlage D4 (Leitfaden NRW) für Kupfer von 4 µg/l als 50-Perzentil wird im Jahr 2015 an allen Stellen eingehalten. Die ersten 100 Flusskilometer halten sogar den sehr guten Zustand ein. Nach der Oberflächengewässerverordnung werden die Metalle Cadmium, Nickel und Blei im gelösten Zustand bewertet. Die für den bioverfügbaren Anteil gültige UQN von 4 µg/l Nickel und 1,2 µg/l Blei wird an allen Probenahmestellen sogar von den Konzentrationen in den hier dargestellten unfiltrierten Wässern sicher eingehalten. Cadmium verfehlt lediglich an der Probenahmestelle unterhalb der Valme mit einer mittleren Konzentration von 0,16 µg/l Cd_{gel.} die UQN von 0,15 µg/l Cd_{gel.}. Im weiteren Fließverlauf kann die UQN von 0,09 (Härteklasse 3) bzw. 0,15 µg/l Cd_{gel.} (Härteklasse 4) eingehalten werden. Dieser Ruhrabschnitt ist also mit „gut“ zu bewerten.

Monitoring gemäß EG-WRRL

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 34 Gewässer mit Einzugsgebieten > 10 km² an 59 Probenahmestellen untersucht. Der Ruhrverband beteiligte sich dabei an 21 Gewässern mit insgesamt 39 Probenahmestellen.

Im Bild 4.4 sind die Fließgewässer und die jeweiligen Messstellen in den Planungseinheiten kartografisch dargestellt. Dazu gehörige Stammdaten sowie die entsprechenden Untersuchungshäufigkeiten sind der Tabelle 4.1 zu entnehmen. In der

Tabelle 4.2 enthalten sind relevante Parameter, die nach den Kriterien der Oberflächengewässerverordnung und weiterer Anforderungen, wie z. B. der Anlage D4, Leitfaden NRW, bewertet wurden (siehe Beitrag 2 „Grundlagen der Bewertung von Gewässeranalysedaten im Ruhrgütebericht“).

Planungseinheit Möhne

Im Jahr 2015 wurden die Möhne und zehn weitere Nebengewässer untersucht. Die Planungseinheit ist ca. 469 km² groß und zu mehr als der Hälfte mit Wald bedeckt. Ein knappes Drittel umfasst landwirtschaftliche Nutzflächen.

An drei der acht an der Möhne untersuchten Stellen wurden erhöhte Gehalte für Gesamtphosphor festgestellt. Die Bewertung erfolgt mit „mäßig“. Unterhalb von Heidberg und am „Haltepunkt Kneblinghausen“ kann für Blei der gute Zustand nicht eingehalten werden. Zusätzlich kam es an mehreren Stellen an der Möhne zur Nichteinhaltung der Grenzwerte für z.B. PFOS und Eisen. In den Nebengewässern Biber, Schlagwasser, Wester und Lörmecke verfehlen auch Cadmium und Nickel sowie an einer der Stellen der Biber Blei die Anforderung an den guten chemischen Zustand. Des Weiteren wurde in der Schlagwasser Kupfer und Zink mit „mäßig“ bewertet. Zudem kam es in der Wester im Ober- und Unterlauf an zwei Stellen zu Zinküberschreitungen sowie zu einer mäßigen Einstufung für Ammonium-Stickstoff oberhalb Belecke und vor der Mündung in die Möhne. Die mäßige Bewertung für Zink erfolgt auch für beide Probenahmestellen in der Lörmecke. Die Anforderung an den TOC konnte in der Biber, der Heve, der Großen und Kleinen Schmalenau sowie in der Lörmecke oberhalb Hohler Stein durch natürlichen Eintrag von Huminstoffen aus vernässten Auengebieten nicht eingehalten werden.

Planungseinheit Obere Ruhr 2

Die Planungseinheit Obere Ruhr 2 (A_{EO}: 741 km²) wird durch Wald und Forst sowie landwirtschaftliche Flächen geprägt. Die Untersuchung fand lediglich an einer Stelle in der Henne oberhalb der Hennetalsperre statt. Die Gehalte an mineralischen und organischen Inhaltsstoffen lagen auf einem niedrigen Niveau. Die Einstufung für TOC und Chlorid erfolgt dadurch in „gut“. Die Sauerstoffgehalte entsprechen dem guten Zustand. Auch für die Pflanzennährstoffe Ammonium-Stickstoff und Gesamtphosphor erfolgt eine gute Bewertung. Aufgrund des erhöhten Messwerts von 11,5 °C im März wird lediglich die Wassertemperatur mit „mäßig“ bewertet. Nitrat-Stickstoff und Zink erreichen dagegen den sehr guten Zustand.

Planungseinheit Obere Ruhr 1

Die Planungseinheit der Oberen Ruhr 1 umfasst eine Fläche von 338 km² und besteht zu knapp zwei Dritteln aus Wald- und Forstflächen. Im Jahr 2015 wurden hier die Ruhr selbst an zwei Stellen sowie weitere neun Nebengewässer an insgesamt 15 Messstellen untersucht. Zu Überschreitungen der Vorgaben der OGewV kam es an beiden Stellen in der Ruhr. So wird Ge-

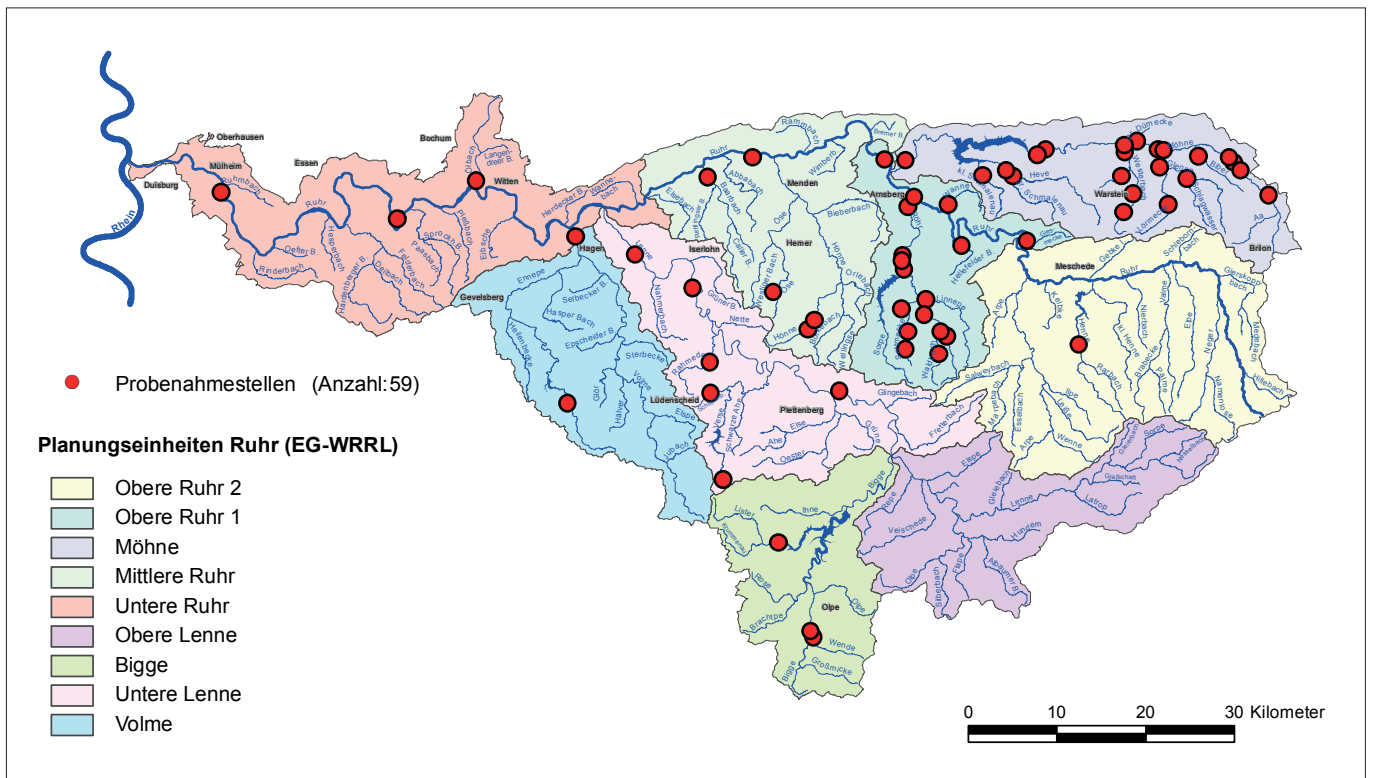


Bild 4.4: Lage der im Jahr 2015 untersuchten Fließgewässer einschließlich der jeweiligen Probenahmestellen. Quelle: Geobasisdaten der Kommunen und des Landes NRW © Geobasis NRW 2015
 Fig. 4.4: Location of the flowing waters monitored in 2015 including the respective sampling points. Source: Geobasisdaten der Kommunen und des Landes NRW © Geobasis NRW 2015

samtposphor und Zink oberhalb der Einmündung der Röhre in „mäßig“ eingestuft. Unterhalb der Möhneeinmündung erfolgt für Ammonium-Stickstoff eine Bewertung mit „gut“. In der Röhre in Hüsten wurden erhöhte Konzentrationen für Eisen gemessen. Dies führt zu einer Einstufung mit „mäßig“. Alle weiteren untersuchten Parameter halten den guten Zustand ein.

Planungseinheit Mittlere Ruhr

In dem 505 km² großen Einzugsgebiet der Mittleren Ruhr wurden vier Gewässer untersucht. In der Ruhr bei Fröndenberg zeigten die Nährstoffe sowie die mineralischen und organischen Inhaltsstoffe keine Auffälligkeiten. Die Schwermetalle Blei, Cadmium, Nickel, Silber und Quecksilber sowie das Halbmetall Selen halten die Grenzwerte der OGewV sicher ein. Erhöhte Zinkkonzentrationen führen an dieser Probenahmestelle zu einer mäßigen Bewertung. Die Anforderungen für Benzo(a)pyren und PFOS sowie für einige gesetzlich nicht verbindliche Kenngrößen wie z.B. Amidotrizoesäure, Iopamidol und Diclofenac wurden überschritten. Wie im Vorjahr konnte der Wert von 0,10 mg/l für Gesamtphosphor im Baarbach unterhalb der Kläranlage nicht eingehalten werden. Auch die gesetzlich nicht geregelten Metalle Kupfer, Zink und Kobalt sowie Bor werden hier mit „mäßig“ bewertet. Des Weiteren erreichte der Baarbach für Nickel nicht den guten Zustand.

Die Probenahmestellen Höhne bei km 27,2 sowie Öse in Hep-pingsen halten für alle untersuchten Parameter den sehr guten bzw. guten Zustand ein. In der Höhne unterhalb der Probenahmestelle Kläranlage Neuenrade erfolgt dagegen für die Nährstoffe Ammonium-Stickstoff und Gesamtphosphor eine mäßige Einstufung. Die UQN für die prioritären Stoffe Blei, Nickel und Cadmium sowie für die flussgebietspezifischen Schadstoffe Silber, Selen und Thallium werden hier sicher eingehalten.

Planungseinheit Untere Lenne

Das Einzugsgebiet dieser Planungseinheit (529 km²) ist überwiegend durch Waldflächen geprägt. Es wurden neben der Lenne drei weitere Gewässer an insgesamt sechs Probenahmestellen untersucht. Die Wassertemperatur und der Sauerstoff-

[4.4] 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 23. März 2016), Anhang D4: http://www.flussgebiete.nrw.de/index.php/Leitfaden_Monitoring_Oberflächengewässer_Teil_D, Stand April 2014 (Zugriff 23. März 2016), Anhang D5: http://www.flussgebiete.nrw.de/index.php/Leitfaden_Monitoring_Oberflächengewässer_Teil_D/_Anlage_5 Oktober 2011 (Zugriff 23. März 2016)

Tabelle 4.1: Ausgewählte Stammdaten der im Jahr 2015 physikalisch-chemisch untersuchten Gewässer
 Table 4.1: Selected master data for the waters physico-chemically examined in the year 2015

| Gewässer | Gewässer- kennzahl | AEO km ² | Länge km | Anzahl Messstellen | Anzahl Untersuchungen |
|--|-----------------------|------------------------|-------------|-----------------------|--------------------------|
| Planungseinheit 1000: Untere Ruhr | | | | | |
| Ruhr | 276 | 651 | 99,0 | 2 | 8 |
| Oelbach | 27692 | 53,4 | 13,4 | 1 | 4 |
| Planungseinheit 1100: Volme | | | | | |
| Volme | 2768 | 428 | 50,5 | 1 | 4 |
| Ennepe | 27688 | 187 | 42,1 | 1 | 4 |
| Planungseinheit 1200: Bigge | | | | | |
| Bigge | 27664 | 369 | 44,6 | 2 | 8 |
| Lister | 276646 | 70,0 | 19,0 | 1 | 4 |
| Planungseinheit 1300: Untere Lenne | | | | | |
| Lenne | 2766 | 529 | 73,6 | 3 | 12 |
| Verse | 27668 | 79,8 | 24,6 | 1 | 4 |
| Rahmede | 276692 | 29,8 | 11,7 | 1 | 4 |
| Schlittenbach | 2766852 | 7,3 | 5,2 | 1 | 4 |
| Planungseinheit 1500: Mittlere Ruhr | | | | | |
| Ruhr | 276 | 505 | 32,8 | 1 | 4 |
| Hönne | 2764 | 262 | 33,4 | 2 | 8 |
| Öse | 27648 | 63,6 | 19,6 | 1 | 4 |
| Baarbach | 27654 | 53,1 | 17,6 | 1 | 4 |
| Planungseinheit 1600: Obere Ruhr 1 | | | | | |
| Ruhr | 276 | 338 | 34,5 | 2 | 8 |
| Giesmecke | 276174 | 10,1 | 6,3 | 1 | 4 |
| Hellefelder Bach | 276178 | 13,7 | 5,9 | 1 | 4 |
| Wanne | 2761794 | 11,2 | 8,8 | 1 | 4 |
| Röhr | 27618 | 203 | 28,9 | 5 | 20 |
| Waldbach | 276182 | 15,2 | 8,1 | 2 | 8 |
| Settmecke | 276184 | 18,6 | 9,9 | 1 | 4 |
| Stockumer Bach | 276878 | 16,0 | 7,6 | 2 | 8 |
| Linnepe | 276186 | 40,7 | 14,3 | 1 | 4 |
| Sorpe | 276188 | 57,6 | 18,6 | 1 | 4 |
| Planungseinheit 1700: Obere Ruhr 2 | | | | | |
| Henne | 27614 | 96,8 | 22,5 | 1 | 4 |
| Planungseinheit 1800: Möhne | | | | | |
| Möhne | 2762 | 469 | 65,1 | 8 | 32 |
| Heve | 27626 | 101 | 22,3 | 1 | 4 |
| Glennie | 27622 | 70,6 | 17,1 | 1 | 4 |
| Wester | 27624 | 54,7 | 14,3 | 4 | 16 |
| Schorenbach | 276246 | 20,7 | 5,0 | 1 | 4 |
| Schlagwasser | 276224 | 19,6 | 7,7 | 1 | 4 |
| Große Schmalenau | 276266 | 18,8 | 12,4 | 1 | 4 |
| Kleine Schmalenau | 276268 | 18,2 | 10,6 | 1 | 4 |
| Lörmecke | 276226 | 17,9 | 12,5 | 2 | 8 |
| Biber | 276218 | 10,9 | 8,2 | 1 | 4 |
| Große Dümecke | 276232 | 10,2 | 2,9 | 1 | 4 |

gehalten entsprechen an allen Stellen dem guten Zustand. Auch die Qualitätsanforderungen für Chlorid und TOC können sicher eingehalten werden. Des Weiteren lagen in der Lenne die Nährstoffe Stickstoff und Phosphor in geringen Konzentrationen vor. Die erhöhten Gehalte an Phosphor in der Rahmede führen zu einer mäßigen Bewertung. Der vorgegebene obere Grenzwert von pH 8,5 wird einmalig am 9. Juni 2015 im Schlittenbach nicht eingehalten. In der Verse wurde aufgrund geologischer Verhältnisse und des hohen Anteils an Nadelwäldern und Mooren, die zur Versauerung führen, der untere pH-Grenzwert von pH 6,5 unterschritten (vgl. Kap. 9 Untersuchungen von Quellwässern im Ruhreinzugsgebiet). Erhöhte Zinkkonzentrationen ergaben in der Lenne, der Verse und der Rahmede eine mäßige Bewertung. Ebenso traten in der Lenne höhere Gehalte an Benzo(a)pyren, Benzo(ghi)pyren, Amidotri-zoesäure, lomeprol, lopromid, lopamidol und PFOS auf. Zudem konnte PFOS im Schlittenbach und in der Rahmede nachgewiesen werden.

Planungseinheit Bigge

Das 369 km² große Einzugsgebiet der Bigge wird wesentlich durch Forst- und Landwirtschaft genutzt. Im Jahr 2015 wurde neben den beiden Probenahmestellen in der Bigge auch eine Messstelle in der Lister untersucht. Bei einem Sauerstoffgehalt von 7,9 mg/l konnte die Qualitätsanforderung von > 8 mg/l in der Bigge unterhalb der Kläranlage Wenden nicht einhalten werden. Des Weiteren führten erhöhte Ammonium-Konzentrationen im Februar und April zu einer mäßigen Bewertung an dieser Stelle. In der Lister oberhalb der Listertalsperre verfehlen die Wassertemperatur und der pH-Wert die Anforderungen an den guten Zustand. Beide Gewässer wiesen nur geringe organische und mineralische Belastungen auf. Ebenso werden die Zinkgehalte mit „gut“ bewertet.

Planungseinheit Volme

In dieser Planungseinheit (A_{EO}: 428 km²) wurden die Volme vor der Mündung in die Ruhr sowie die Ennepe oberhalb der Ennepetalsperre untersucht. Im Gegensatz zum Vorjahr weisen die beiden Kenngrößen Gesamtphosphor und Silber in der Volme den guten Zustand auf. Eine gute Bewertung erfolgt auch für die untersuchten Metalle sowie für die Wassertemperatur, den pH-Wert und für Chlorid sowie TOC. „Mäßig“ werden einige polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe, Röntgenkontrastmittel sowie der Arzneiwirkstoff Diclofenac bewertet. Bis auf Barium halten dagegen alle Parameter in der Ennepe den guten bzw. sehr guten Zustand ein.

Planungseinheit Untere Ruhr

Diese Planungseinheit (A_{EO}: 651 km²) zeichnet sich stark durch die städtische und industrielle Prägung aus. Im Berichtszeitraum fanden zwei Untersuchungen in der Ruhr und eine im Oelbach statt. In der Ruhr unterhalb Hattingen lagen niedrige Konzentrationen für die untersuchten Nährstoffe, Schwermetalle sowie Chlorid und TOC vor. Dies führt zu einer guten

bzw. sehr guten Einstufung. Die Qualitätsanforderung an die Wassertemperatur, die für die Fischgemeinschaft für cyprinidengeprägte Gewässer des Rhithrals bei ≤ 23 °C liegt, wird hier mit 23,1 °C knapp verfehlt.

Des Weiteren verfehlen an dieser Probenahmestelle und in der Ruhr bei Mülheim-Kahlenberg die Kenngrößen Benzo(a)pyren, Benzo(b)fluoranthen, Benzo(k)fluoranthen Benzo(ghi)perylen, Pyren, die Röntgenkontrastmittel lopamidol, lomeprol und lopromid sowie PFOS den guten Zustand. Eine mäßige Bewertung erfolgt bei Mülheim-Kahlenberg für den Sauerstoffgehalt und die Zinkkonzentration.

An der Untersuchungsstelle im Oelbach vor der Mündung in die Ruhr wirkt sich die Einleitung der Grubenwässer der ehemaligen Zeche Robert Müser immer noch, vor allem auf den Salzgehalt, negativ aus. Überschreitungen traten bei Barium, Bor und Molybdän auf. Erhöhte Konzentrationen lagen ebenfalls für die Nährstoffe sowie die mineralischen und organischen Inhaltsstoffe vor, so dass Ammonium-Stickstoff, Phosphor, TOC und Chlorid eine mäßige Einstufung erfahren. Zudem verfehlen hier die Wassertemperatur und der Sauerstoffgehalt den guten Zustand.

Zusammenfassung

Die Ruhrlängsuntersuchung, die in der Regel alle vier Wochen stattfand, ergab nach den Anforderungen der Oberflächengewässerverordnung für fast alle physikalisch-chemischen Parameter eine gute bzw. sehr gute Bewertung. Dennoch kam es an einigen wenigen Stellen in den Sommermonaten zu Über- bzw. Unterschreitungen der Qualitätsanforderung für die Parameter pH-Wert, Sauerstoff und Phosphor. Nitrat-Stickstoff erfüllte mit großem Abstand die Vorgaben der Oberflächengewässerverordnung, die auch der Trinkwasserverordnung entsprechen. Im Oberlauf und in der Mittleren Ruhr wurden die Anforderung für Zink und Cadmium (nur Oberlauf) nicht eingehalten. Im weiteren Fließverlauf erreichen die Gehalte beider Metalle den guten Zustand. Die Schwermetalle Blei, Nickel und Kupfer halten dagegen an allen untersuchten Stellen die UQN bzw. die Anforderung der Anlage D4 (Leitfaden NRW) ein.

Neben der Ruhrlängsuntersuchung wurden in acht Planungseinheiten insgesamt weitere 34 Gewässer untersucht. Bild 4.5 zeigt die Verteilung der Bewertungen der im Jahr 2015 untersuchten Kenngrößen auf der Basis der Oberflächengewässerverordnung sowie des Leitfadens des Landes NRW. Nitrat-Stickstoff sowie die Metalle Quecksilber, Selen, Silber und Thallium in der gelösten Phase befinden sich alle an den jeweils untersuchten Probenahmestellen im sehr guten bzw. guten Zustand. Die Wassertemperatur wird an vier Untersuchungsstellen mit „mäßig“ bewertet. Lediglich in der Unteren Lenne und in der Bigge verfehlt der pH-Wert insgesamt dreimal den guten Zustand. Die organische Belastung, ausgedrückt durch den TOC, wird an sechs der 59 Messstellen mit „mäßig“ eingestuft. Die Pflanzennährstoffe Phosphor und Am-

Tabelle 4.2: Bewertung der Gewässeruntersuchungen des Jahres 2015 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 based on the German 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 Mess-stellen 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 | Gesamtposphor | Sauerstoff | Chlorid | TOC | Eisen | Blei gelöst | Cadmium gelöst | Nickel gelöst | Quecksilber | PFOS | Nitrat-Stickstoff | Kupfer* | Zink* | Selen gelöst | |
| Planungseinheit 1800 – Möhne | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 686578 | Möhne | Entnahme WW Möhne | 2,73 | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | |
| 686281 | Möhne | in Wülfe | 57,57 | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | |
| 627501 | Möhne | oh Heidberg | 52,43 | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | |
| 687777 | Möhne | uh Heidberg | 51,06 | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | |
| 627604 | Möhne | Haltepunkt Kneblinghausen | 50,14 | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | |
| 627811 | Möhne | oh Glenne, Kuhbrücke | 41,61 | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | |
| 628608 | Möhne | oh KA Völlinghausen | 24,78 | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | |
| 628700 | Möhne | uh KA Völlinghausen | 23,38 | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | |
| 629406 | Biber | uh Stauzone | 1,25 | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | Kobalt |
| 630111 | Glenne | vor Mdg. i.d. Möhne | 0,1 | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | |
| 630408 | Schlagwasser | vor Mdg. i.d. Glenne | 0,19 | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | |
| 628013 | Große Dümecke | uh Fischteiche | 0,67 | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | |
| 630706 | Wester | oh Warstein | 6,86 | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | |
| 631103 | Wester | oh Belecke | 1,28 | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | Nitrit-Stickstoff |
| 630809 | Wester | oh Braueri Warstein | 9,65 | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | |
| 631206 | Wester | vor Mdg. i. d. Möhne | 0,04 | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | Amidotrizesäure |
| 630640 | Schorenbach | uh Hirschberger Bach | 1,64 | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | |
| 631504 | Heve | oh Camping Wilhelmsruh | 3,83 | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | |
| 632200 | Gr. Schmalenau | vor Mdg. i.d. Heve | 0,18 | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | |
| 632004 | Kl. Schmalenau | uh Mdg. Hevensbrink | 1,45 | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | |
| 630603 | Lörmecke | vor Mdg. i.d. Glenne | 0,04 | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | |
| 688009 | Lörmecke | oh Hohler Stein, im Wald | 5,63 | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | Kobalt |
| Planungseinheit 1700 – Obere Ruhr 2 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 412508 | Henne | oh Hennetalsperre | 9,54 | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | |
| Planungseinheit 1600 – Obere Ruhr 1 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 401808 | Ruhr | oh Einmdg. Röhr | 142,35 | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | |
| 402059 | Ruhr | uh Möhne | 135,83 | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | |
| 688125 | Röhr | oh Einmdg. Waldbach | 21,30 | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | |
| 686128 | Röhr | oh Mdg. der Settmecke | 16,09 | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | |
| 415250 | Röhr | oh Einmdg. Sorpe | 10,60 | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | |
| 415303 | Röhr | uh Einmdg. Sorpe | 8,84 | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | |
| 686116 | Röhr | in Hüsten | 1,50 | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | |
| 685811 | Giesmecke | vor Mdg. in die Ruhr | 0,16 | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | |
| 685781 | Hellefelder Bach | vor Mdg. in die Ruhr | 0,35 | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | |
| 685598 | Waldbach | vor Mdg. in die Röhr | 0,48 | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | |
| 686499 | Waldbach | oh Endorf | 3,34 | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | |
| 686463 | Stockumer Bach | oh Dörnholthausen | 7,69 | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | |
| 686384 | Stockumer Bach | in Stockum | 5,58 | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | |
| 685604 | Settmecke | oh Sundern | 2,28 | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | |
| 415704 | Linnepe | vor Mdg. in die Röhr | 0,90 | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | |
| 416009 | Sorpe | vor Mdg. in die Röhr | 0,17 | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | |
| 686530 | Wanne | oh Niedereimer | 1,53 | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | |
| Planungseinheit 1500 – Mittlere Ruhr | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 4108 | Ruhr | Fröndenberg | 113,76 | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | Amidotrizesäure, Benzo(a)pyren, Diclofenac, lomeprol, Iopamidol |

Tabelle 4.2: Bewertung der Gewässeruntersuchungen des Jahres 2015 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 based on the German 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 Mess-stellen 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 | Gesamtposphor | Sauerstoff | Chlorid | TOC | Eisen | Blei gelöst | Cadmium gelöst | Nickel gelöst | Quecksilber | PFOS | Nitrat-Stickstoff | Kupfer* | Zink* | | Selen gelöst |
| 418456 | Baarbach | uh KA Baarbachtal | 1,47 | | | | | | | | | | | | | | | | | | Bor, Kobalt |
| 416356 | Hönne | oh KA Neuenrade 2 | 27,22 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 416381 | Hönne | uh KA Neuenrade 2 | 25,62 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 417609 | Öse | in Heppingsen | 15,95 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Planungseinheit 1300 – Untere Lenne | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 421900 | Lenne | oh Einringhausen | 57,79 | | | | | | | | | | | | | | | | | | Benzo(a)pyren, Benzo(ghi)perylene |
| 422605 | Lenne | in Nachrodt | 19,90 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 422800 | Lenne | Pegel Hohenlimburg | 6,90 | | | | | | | | | | | | | | | | | | Amidotrizoesäure, Benzo(a)pyren, lomeprol, Iopromid, Iopamidol |
| 435466 | Schlittenbach | uh KA Schlittenbach | 2,08 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 687297 | Verse | uh Fürwiggetsp. | 21,86 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 435855 | Rahmede | uh KA Rahmedetal | 3,60 | | | | | | | | | | | | | | | | | | Bor |
| Planungseinheit 1200 – Bigge | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 431928 | Bigge | uh Einmdg. Elbe | 34,08 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 431930 | Bigge | uh KA Wenden | 33,32 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 433408 | Lister | oh Listertalsperre | 5,40 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Planungseinheit 1100 – Volme | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 441200 | Volme | v Mdg. i d Ruhr | 1,30 | | | | | | | | | | | | | | | | | | Benzo(a)pyren, Benzo(a)anthracen, Benzo(b)fluoranthen, Benzo(k)fluoranthen, Benzo(ghi)perylene, Diclofenac, Fluoranthen, Pyren |
| 442306 | Ennepe | oh Ennepetalsperre | 32,00 | | | | | | | | | | | | | | | | | | Barium |
| Planungseinheit 1000 – Untere Ruhr | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 503708 | Ruhr | uh Hattingen | 56,97 | | | | | | | | | | | | | | | | | | Amidotrizoesäure, Benzo(a)pyren, Benzo(b)fluoranthen, Benzo(k)fluoranthen, Benzo(ghi)perylene, Clarithromycin, lomeprol, Iopamidol, Iopromid |
| 22810 | Ruhr | Mülheim-Kahlenberg | 14,34 | | | | | | | | | | | | | | | | | | Amidotrizoesäure, Benzo(a)pyren, Benzo(ghi)perylene, Pyren, Diclofenac, lomeprol, Iopromid Iopamidol |
| 519108 | Oelbach | v Mdg. i d Ruhr | 1,63 | | | | | | | | | | | | | | | | | | Barium, Bor, Molybdän |

Flussgebietspezifische Schadstoffe, Ökologischer Zustand (Anl. 6)
 Leitfaden NRW (Anl. D4)



Prioritäre Stoffe, Chemischer Zustand (Anl. 8)



5 Organische Mikroverunreinigungen in der Ruhr

Einleitung

Ende des Jahres 2015 waren beim Chemical Abstracts Service (CAS) mehr als 104 Millionen verschiedene chemische Verbindungen registriert [5.1]. Täglich kommen mehr als 40.000 Substanzen dazu. Die allermeisten dieser Verbindungen werden niemals eine breite Anwendung finden oder in nennenswerten Mengen produziert werden. Auch wenn viele der Verbindungen daher wahrscheinlich nicht in Gewässern wie der Ruhr zu messen sein werden, stellen die Vielzahl der neuen chemischen Verbindungen den Gewässerschutz immer wieder vor große Herausforderungen.

Gesetzliche Regelungen, wie die Oberflächengewässerverordnung (OGewV) [5.2], und die europäische Wasserrahmenrichtlinie (EG-WRRL) [5.3, 5.4, 5.5], aber ebenso eine allgemein steigende Aufmerksamkeit gegenüber organischen Spurenstoffen in der Umwelt haben dazu geführt, dass das Untersuchungsspektrum auch für die Ruhr jedes Jahr umfangreicher wird. Dies geschieht nicht zuletzt vor dem Hintergrund der Trinkwassergewinnung für 4,6 Millionen Menschen im Ruhreinzugsgebiet. Umfasste das Analysenspektrum des Labors an organischen Spurenstoffen anfangs klassische Substanzgruppen wie Polycyclische Aromatische Kohlenwasserstoffe (PAK), Polychlorierte Biphenyle (PCB), leichtflüchtige organische Verbindungen (VOC) und einige Pflanzenschutzmittel (PSM), wurden im Laufe der Zeit immer mehr Substanzen in das Untersuchungsprogramm aufgenommen (Bild 5.1). Im Jahr 2015 waren es mehr als 470 Substanzen, von denen etwa 400 routinemäßig in der Ruhr bestimmt wurden. Je nach Substanzgruppe bedeutete dies rund 200 bis 400 Untersuchungen pro Jahr, die periodisch an der Probenahmestelle Essen-Rellinghausen sowie an zwölf weiteren Probenahmestellen entlang der Ruhr (Ruhrlängsuntersuchung) durchgeführt werden.

Eine Auswahl der im Jahr 2015 regelmäßig in der Ruhr durch das Kooperationslabor analysierten Substanzen zeigt Tabelle 5.1. Zu diesen zählen - neben den bereits erwähnten Stoffen - Flammschutzmittel, Komplexbildner, Weichmacher, Industriechemikalien, Pestizide, Diagnostika und Medikamente sowie teilweise deren Abbauprodukte.

Medikamente und Metabolite

Arzneimittel sind für die Erhaltung und Wiederherstellung der Gesundheit unverzichtbar. Derzeit sind in Deutschland rund 3.000 unterschiedliche Wirkstoffe zugelassen. Jährlich werden über 40.000 Tonnen Arzneimittel deutschlandweit verkauft, die mittlerweile in Oberflächengewässern, Sedimenten, Grundwässern und Böden nachgewiesen werden können. Bei der Zulassung von Arzneimitteln sollte daher zukünftig ein

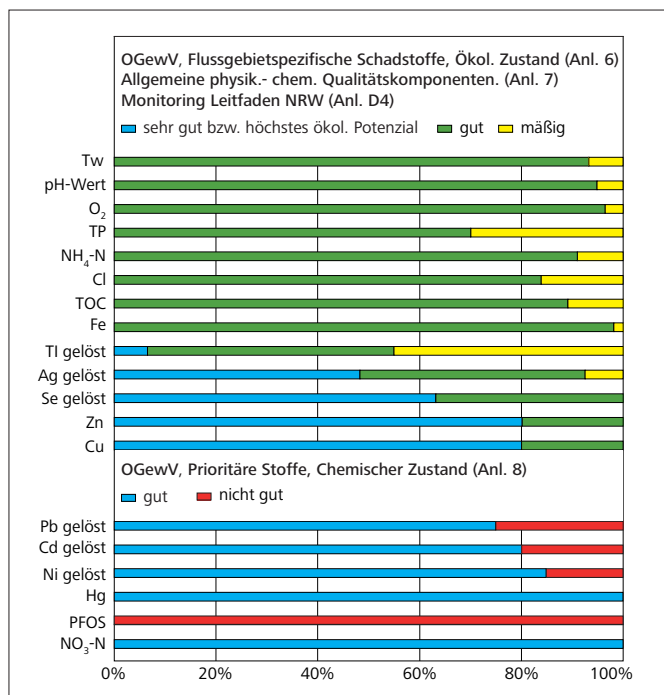


Bild 4.5: Relative Verteilung der Bewertungen ausgewählter Kenngrößen auf Basis der Oberflächenwasserverordnung (OGewV, Juni 2016) und des Monitoringleitfadens NRW

Fig. 4.5: Relative distribution of evaluations for selected parameters on the basis of the German Surface Water Regulation (OGewV, June 2016) and the monitoring guideline NRW

monium-Stickstoff überschreiten die Qualitätskomponenten der Anlage 7 der Oberflächengewässerverordnung neun- bzw. sechsmal. Der Chloridgehalt erhält lediglich im Ölbach eine mäßige Bewertung. In der Planungseinheit Möhne verfehlen die prioritären Stoffe, Blei, Cadmium und Nickel drei- bzw. viermal den „guten“ Zustand. Nickel wies auch im Baarbach erhöhte Konzentrationen auf. Des Weiteren erfolgt für 45 % der Probenahmestellen bei Zink und 7,4 % bei Kupfer eine mäßige Einstufung. Zusätzlich wurde an ausgewählten Probenahmestellen auf flussgebietspezifische und gesetzlich nicht geregelte Stoffe untersucht. Hierbei handelte es sich um weitere Schwermetalle, Arzneimittel, Diagnostika, Röntgenkontrastmittel, PFSM, PAK, PFT, LHKW und PCB. In der rechten Spalte der Tabelle 4.2 sind diejenigen mit einer mäßigen Bewertung aufgeführt. Dabei war PFOS wegen der sehr niedrigen UQN am häufigsten vertreten.

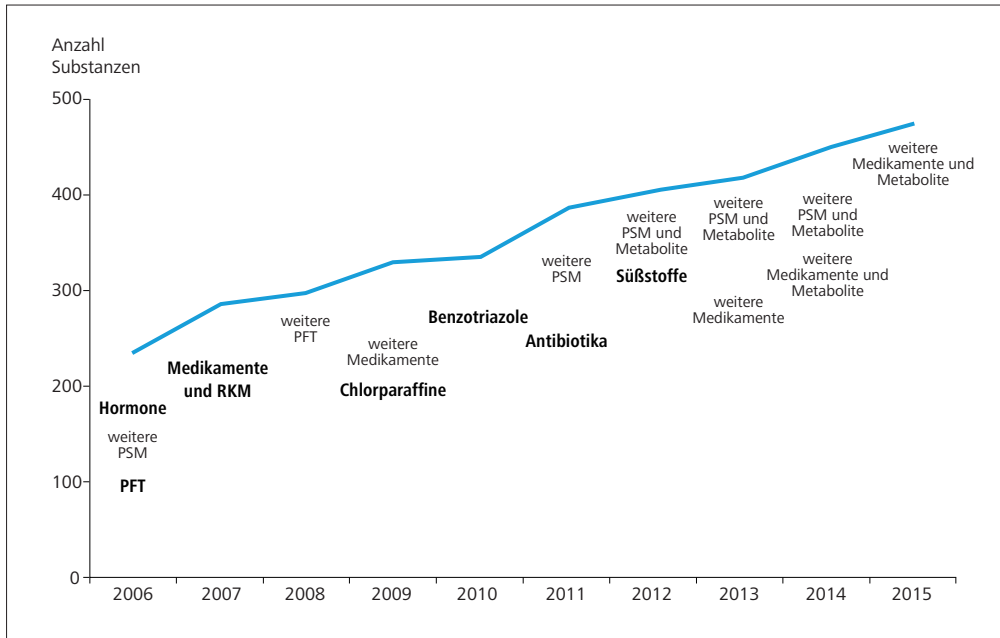


Bild 5.1: Entwicklung der analysierbaren Substanzen und Parametergruppen des Kooperationslabors seit 2006

Fig. 5.1: Development of the analyzable substances and parameter groups of the cooperative laboratory since 2006

Hauptaugenmerk auf die biologische Abbaubarkeit und die Wirkung dieser Stoffe auf das aquatische Ökosystem gelegt werden. Eventuelle ökotoxikologische Folgen der vergleichsweise geringen, dafür jedoch permanenten Belastung der Gewässer mit Arzneimittelrückständen sind bisher größtenteils noch unzureichend erforscht. Da sich mit der zunehmenden Alterung der Bevölkerung der Pharmakaverbrauch erhöhen wird, ist ein Anstieg der Konzentrationen von Arzneimittelwirkstoffen und deren Abbauprodukten in den Gewässern wahrscheinlich. Die gemessenen Pharmakamengen im Gewässer liegen mit Blick auf eine Aufnahme über das aus Oberflächenwasser gewonnene Trinkwasser weit unterhalb der therapeutischen Dosen [5.6, 5.7].

Das neu in das Messprogramm aufgenommene Arzneimittel Amisulprid wird zur Behandlung von Psychosen und Schizophrenie eingesetzt. Nach oraler Einnahme wird Amisulprid zu einem großen Teil unverändert über die Nieren ausgeschieden [5.8], so dass es über die gereinigten Abwässer in Oberflächengewässer eingetragen werden kann.

Mit einer mittleren Konzentration von 0,35 µg/l in der Ruhr bei Essen-Rellinghausen im Jahr 2015 stellt das Psychopharmakon eines der mengenmäßig bedeutendsten Arzneimittel dar. Im Längsverlauf ist die Substanz bereits ab Fluss-km 190,81 (unterhalb Valme, obere Ruhr) mit Befunden oberhalb der Bestimmungsgrenze von 0,01 µg/l zu beobachten (Bild 5.2). Maximalwerte von 1,2 µg/l Amisulprid wurden in der unteren Ruhr detektiert.

Das aus der Gruppe der Sartane, die hauptsächlich zur Blutdrucksenkung eingesetzt werden, stammende Candesartan wird im Organismus kaum weiter metabolisiert und beinahe

vollständig wieder ausgeschieden [5.9]. In Deutschland sind leicht steigende Verbrauchszahlen dieser Stoffgruppe zu beobachten [5.10]. Im Jahr 2009 wurden etwa acht Tonnen Candesartan verschrieben, bei Valsartan, ebenfalls einem Wirkstoff aus dieser Gruppe, waren es 56 Tonnen [5.11].

- [5.1] <http://www.cas.org>, Zugriff März 2016
- [5.2] Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit (Hrsg.): Verordnung zum Schutz der Oberflächengewässer (OGewV) Berlin, Juni 2016
- [5.3] 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
- [5.4] 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
- [5.5] 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
- [5.6] <https://www.umweltbundesamt.de/themen/chemikalien/arzneimittel>, Zugriff März 2016
- [5.7] <https://www.umweltbundesamt.de/arzneimittel-in-der-umwelt>, Zugriff März 2016
- [5.8] http://www.infomed.ch/pk_template.php?pkid=301, Zugriff März 2016
- [5.9] <http://medikamente.netdoktor.de/wirkstoffe/candesartan/>, Zugriff März 2016
- [5.10] IGES Institut, Arzneimittel-Atlas 2014
- [5.11] Bayer, A., Schüssler, W., Gröger, N., Asner, R., Weiss, K., Kopf, W., Sengl, M., Letzel, M.: Auftreten, Elimination und Ökotoxikologie von blutdrucksenkenden Sartanen in der aquatischen Umwelt, Poster auf der Jahrestagung von SETAC GLB und Fachgruppe Umweltchemie und Ökotoxikologie der GDCh 2012, RISK IDENT

Tabelle 5.1: Ausgewählte organische Einzelverbindungen des Untersuchungsprogramms für das Jahr 2015
 Table 5.1: Selected organic compounds of the examination programme 2015

| Medikamente und Metabolite | Röntgenkontrastmittel | Fenpropimorph ** | Trichlorethen ** |
|--|------------------------------------|--|---|
| 10,11-Dihydro-10,11-Dihydroxy-carbamazepin | Amidotrizoesäure | Fipronil | Trichlormethan (Chloroform) *,** |
| 4-Acetamidoantipyrin | Iohexol | Fluazifop | Vinylchlorid |
| 4-Aminophenazon | Iopamidol | Flufenacet ** | Polyzyklische Aromatische Kohlenwasserstoffe |
| 4-Formylaminoantipyrin | Iopromid | Fluroxypyr | |
| Acetyl-Sulfamethoxazol | Ioversol | Flurtamone ** | Acenaphthen |
| Amisulprid | Iomeprol | Haloxifyop | Acenaphthylen |
| Atenolol | Ioxithalaminsäure | HCH (α -, β -, δ -, ϵ - und γ -) *,** | Anthracen *,** |
| Bezafibrat | Künstliche Süßstoffe | Heptachlor, Heptachlorepidoxid *,** | Benzo(a)anthracen |
| Bisoprolol | Acesulfam | Hexazinon ** | Benzo(a)pyren *,** |
| Buflomedil | Aspartam | Imazalil | Benzo(b)fluoranthren *,** |
| Candesartan | Cyclamat | Imidacloprid ** | Benzo(ghi)perylene *,** |
| Carbamazepin | Neohesperidin | Ioxynil | Benzo(k)fluoranthren *,** |
| Carbamazepinepoxid | Neotam | Isoproturon *,** | Chrysen |
| Carprofen | Saccharin | Linuron ** | Dibenz(ah)anthracen |
| Clenbuterol | Sucralose | MCPA ** | Fluoranthren*,** |
| Clofibrinsäure | Synthetische Komplexbildner | MCPB | Fluoren |
| Desmethyltramadol | DTPA | Mecoprop (MCP) ** | Indeno(1,2,3cd)pyren *,** |
| Diazepam | EDTA | Mesotrion | Naphthalin *,** |
| Diclofenac | NTA | Metalaxyl | Phenanthren ** |
| Fenoprofen | Pestizide und Metabolite | Metamitron | Pyren |
| Flurbiprofen | 2,4,5-T | Metazachlor ** | Flammenschutzmittel, Weichmacher |
| Gabapentin | 2,4,5-TP | Metazachlor ESA | BDE 28,47,99,100,153,154 *,** , 183 |
| Gemfibrozil | 2,4-D ** | Methabenzthiazuron ** | PCB 28,52,101,118,138,153,180 **, 194 |
| Guanylarnstoff | 2,4-DB | Methiocarb | kurzkettige Chloralkane (SCCP) *,** |
| Hydrochlorothiazid | 2,4-DP (Dichlorprop) | Methoxychlor | Tributylphosphat, TBP |
| Hydroxydiclofenac | Acetamidrid | Methyldephenylchloridazon | Triethylphosphat, TEP |
| Hydroxymetoprolol | Aclonifen *,** | Metobromuron | Triphenylphosphat, TPP |
| Ibuprofen | Alachlor *,** | Metolachlor ** | Tripropylphosphat |
| Indometazin | alpha-, beta-Endosulfan | Metolachlor CGA 37735 | Tris(2-butoxyethyl)phosphat, TBEP |
| Indoprofen | Atrazin, Simazin *,** | Metolachlor CGA 50267 | Tris(2-chlorethyl)phosphat, TCEP |
| Irbesartan | Azinphos-methyl-, -ethyl ** | Metolachlor ESA | Tris(2-chlorisopropyl)phosphat, TCPP |
| Ketoprofen | Azoxystrobin | Metoxuron | Tris(dichlorisopropyl)phosphat, TDCP |
| Lamotrigin | Bentazon ** | Metribuzin ** | Tritolylphosphat |
| Metamizol | Bifenox *,** | Mirex | Dimethylphthalat |
| Metformin | Boscalid | Monolinuron ** | Diethylphthalat |
| Metoprolol | Bromacil ** | Nicosulfuron ** | Di-n-butylphthalat |
| Nadolol | Bromocyclen | Nitenpyram | Butylbenzylphthalat |
| Naproxen | Bromoxynil ** | Phenmedipham | Di(2-ethylhexyl)phthalat *,** |
| N-Desethylvaridenafil | Carbendazim ** | Prometryn ** | Di(2-ethylhexyl)adipat |
| N-Desmethylsildenafil | Carbetamid | Propazin | 2-Ethylhexyl-4-methoxycinnamat |
| Niclosamid | Carfentrazon-ethyl | Propiconazol ** | Di-n-octylphthalat |
| Oxazepam | Carflutrazon-ethyl | Prosulfocarb | 2,4,6-Tribromphenol |
| Oxypurinol | Chlorfenvinphos *,** | Quinmerac | Alkylphenole, -ethoxylate |
| Paracetamol | Chloridazon ** | Quinoxifen *,** | Nonylphenol *,** |
| Phenazon | Chloroxuron | Sebutylazin | 4-tert-Octylphenol *,** |
| Phenylethylmalonamid | Chlorpropham | Sulcotrion ** | 4-OP-1-EO |
| Pregabalin | Chlorpyrifos-ethyl *,** | Tebuconazol | 4-NP-1-EO |
| Primidon | Chlorthalonil | Terbutylazin ** | 4-OP-2-EO |
| Propranolol | Chlortoluron ** | Terbutryn *,** | 4-NP-2-EO |
| Propyphenazon | Clodinafop | Thiacloprid | Perfluorierte Verbindungen |
| Ramipril | Clopyralid | Thiamethoxam | Perfluorbutansäure (PFBA) |
| Ritalinsäure | Clothianidin | Trifluralin *,** | Perfluorbutansulfonsäure (PFBS) |
| Salbutamol | Cyanazin | Leichtfl. org. Stoffe, VOC | Perfluordecansäure (g-PFDA) |
| Sildenafil | Cybutryn *,** | 1,1,1-Trichlorethan | Perfluorheptansäure (g-PFHpA) |
| Sotalol | Cyclodien Pestizide ** | Benzol * ** | Perfluorheptansulfonsäure (g-PFHpS) |
| Sulfamethoxazol | Desethyl-, Desisopropylatrazin | cis-Dichlorethen | Perfluorhexansäure (g-PFHxA) |
| Sulfamethoxazol-Glucuronid | Desethylterbutylazin | cis-Dichlorpropen | Perfluorhexansulfonsäure (g-PFHxS) |
| Sulpirid | Desmedipham | Dibromchlormethan | Perfluorononansäure (g-PFNA) |
| Tadalafil | Desphenylchloridazon | Dichlorbrommethan | Perfluordecansäure (g-PFDCA) |
| Telmisartan | Diazinon ** | Dichlormethan *,** | Perfluordecansulfonsäure (g-PFDS) *,** |
| Temazepam | Dichlorvos *,** | ETBE (Ethyl-tert-butylether) | Perfluorpentansäure (PFPeA) |
| Timolol | Diflufenican ** | Ethylbenzol | H4-PFOS |
| Tolbutamid | Dimethylsulfamid | Hexachlorbutadien *,** | Weitere organische Spurenstoffe |
| Tolfenaminsäure | Dinoterb | Isopropylbenzol | 1H-Benzotriazol |
| Tramadol | Diuron *,** | m/p-Xylol | 4-Methyl-1H-Benzotriazol |
| Valsartan | DNOC | MTBE (Methyl-tert-Butylether) | 5-Methyl-1H-Benzotriazol |
| Valsartansäure | Epoxiconazol ** | o-Xylol | Bisphenol A |
| Vardenafil | Ethidimuron | Tetrachlorethen ** | TMDD |
| | Ethofumesat | Tetrachlormethan ** | (2,4,7,9-Tetramethyl-5-decyn-4,7-diol) |
| | Fenoprop | Toluol | Triclosan ** |
| | Fenoxaprop | Tribrommethan | |

* prioritärer Stoff der EG-WRRL

** Substanz besitzt eine UQN gemäß EG-WRRL und/oder OGewV

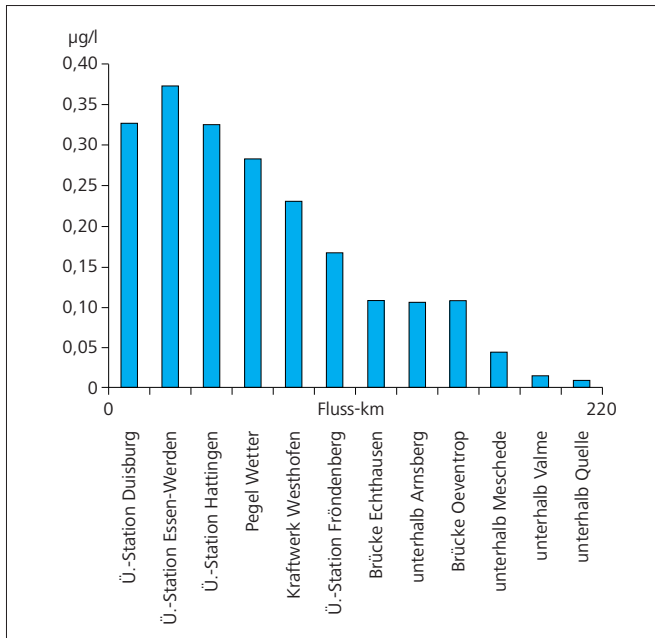


Bild 5.2: Mittlere Konzentrationen von Amisulprid im Ruhrlängsverlauf
 Fig. 5.2: Mean concentrations of amisulprid along the Ruhr

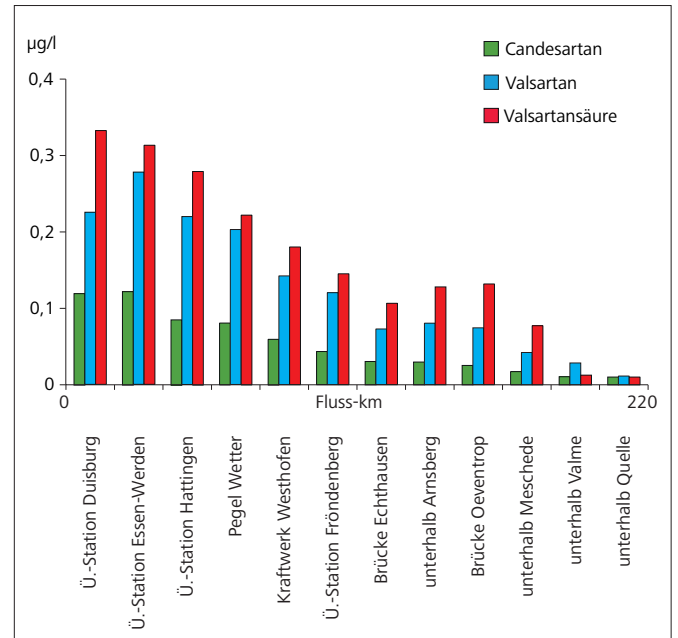


Bild 5.3: Mittlere Konzentrationen von Candesartan, Valsartan und Valsartansäure im Ruhrlängsverlauf
 Fig. 5.3: Mean concentrations of candesartan, valsartan and valsartan acid along the Ruhr

Im Ruhrwasser bei Essen-Rellinghausen trat Candesartan mit einer mittleren Konzentration von 0,1 µg/l auf und überstieg damit nicht den vom Umweltbundesamt (UBA) ermittelten gesundheitlichen Orientierungswert (GOW) von 0,3 µg/l, welcher als Warnwert zu verstehen ist [5.12]. Im Längsverlauf wurden Konzentrationen oberhalb von 0,1 µg/l nur in der unteren Ruhr mit einem Maximalwert von 0,26 µg/l nachgewiesen (Bild 5.3).

Da das Abbauprodukt der Sartane, die Valsartansäure, beispielsweise im Tegeler See (Berlin) zwischen den Jahren 2012 und 2014 mit einem Mittelwert von 2,2 µg/l nachgewiesen werden konnte [5.13], wird auch diese Substanz seit dem Jahr 2015 routinemäßig in der Ruhr überwacht. Mit einer mittleren Konzentration von 0,31 µg/l in der Ruhr bei Essen-Rellinghausen zählt der Metabolit zu den relevantesten organischen Mikroverunreinigungen. Im Längsprofil wurden bereits ab der Probenahmestelle unterhalb Meschede regelmäßig mittlere Konzentrationen über 0,1 µg/l ermittelt (Bild 5.3). Für Valsartansäure wird der geltende GOW des Umweltbundesamtes von 0,3 µg/l [5.12] in der unteren Ruhr im Mittel überschritten.

Das Hydrochlorothiazid, ein harntreibender Wirkstoff, der in Deutschland mit etwa 51 Tonnen im Jahr 2009 [5.10] ebenfalls in der Bluthochdruckbehandlung Anwendung findet, wird praktisch nicht biotransformiert [5.14].

Mit einem Mittelwert von 0,11 µg/l in der Ruhr bei Essen-Rellinghausen und Konzentrationen oberhalb der Bestimmungsgrenze von 0,01 µg/l bereits in der oberen Ruhr gehört das Arzneimittel zu den mengenmäßig relevanten organischen Mikroverunreinigungen in der Ruhr (Bild 5.4).

Das Antidiabetikum Metformin mit einem Jahresverbrauch von über 1.000 Tonnen [5.15] wird in kommunalen Kläranlagen zu mehr als 90 % entfernt [5.6]. Hierbei bildet sich der mengenmäßig bedeutsame Metabolit Guanylarnstoff [5.15].

Im Ruhrwasser zeigte sich Metformin mit der mittleren Konzentration von 0,87 µg/l und einer Jahresfracht von 1,8 Tonnen bei Essen-Rellinghausen als das Arzneimittel mit den höchsten detektierten Befunden. Der Metabolit Guanylarnstoff, der an dieser Probenahmestelle im Berichtsjahr mit einer mittleren Konzentration von 3,8 µg/l nachgewiesen wurde, stellt die mengenmäßig relevanteste Substanz unter den bisher untersuchten organischen Mikroverunreinigungen in der Ruhr dar (Bild 5.4). Im Längsverlauf sind Befunde sowohl für Metformin als auch für Guanylarnstoff bereits in der oberen Ruhr zu verzeichnen (Bild 5.5). Der für das Metformin geltende GOW von 1,0 µg/l [5.12] wird im Mittel an allen Probenahmestellen sicher eingehalten (Bild 5.5). Der gemessene Maximalwert lag bei 1,5 µg/l.

[5.12] <https://www.umweltbundesamt.de/themen/wasser/trinkwasser/trinkwasserqualitaet/toxikologie-des-trinkwassers>, Liste nach GOW bewerteten Stoffe von 2015, Zugriff März 2016

[5.13] van Baar, P.: Entwicklung und Anwendung von UHPLC-MS Verfahren für organische Spurenstoffe zur Bewertung der Sicherheit der Rohwasserressourcen der Wasserwerke der Stadt Berlin, Dissertation, Technische Universität Berlin, 2015

[5.14] Platt, D., Pharmakotherapie und Alter, Springer Verlag, 1988

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

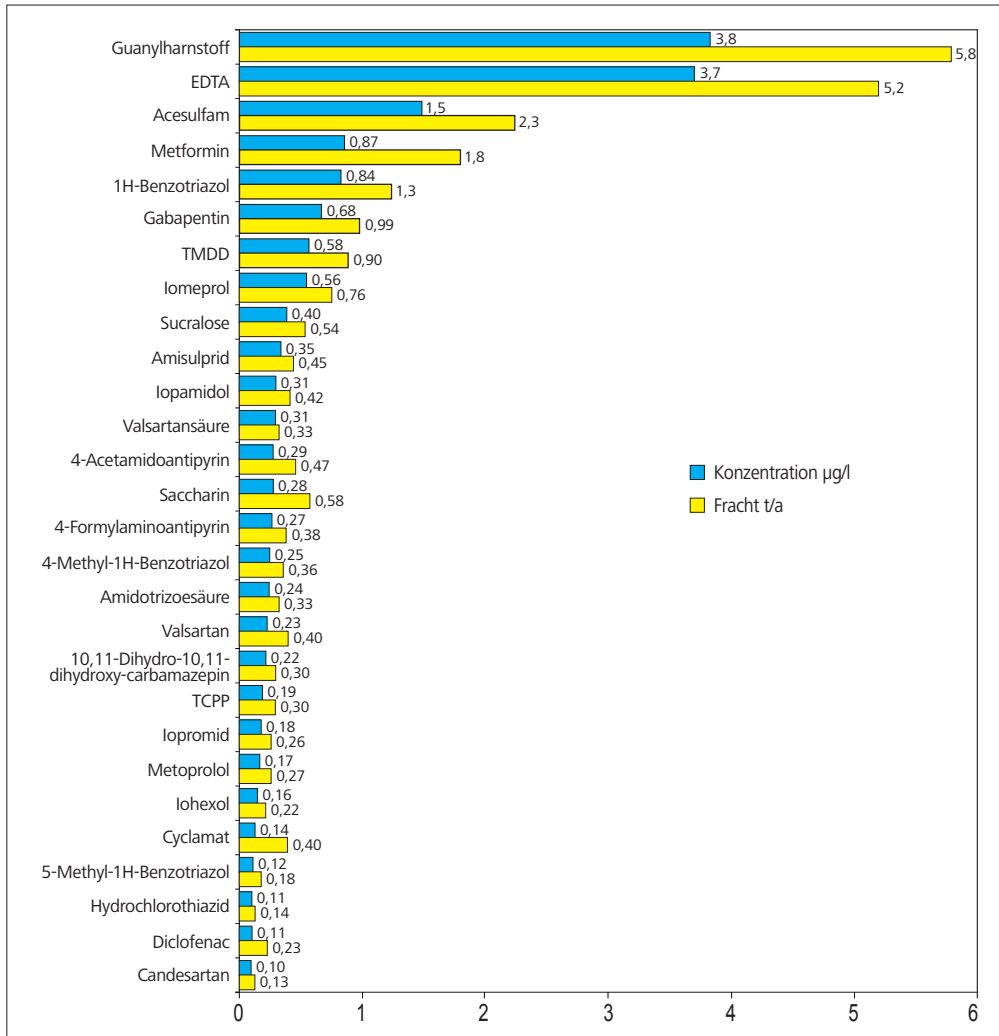


Bild 5.4: Jahresfrachten und Mittelwerte ausgewählter organischer Mikroverunreinigungen in der Ruhr bei Essen-Rellinghausen im Jahr 2015

Fig. 5.4: Annual loads and mean concentrations of selected organic micropollutants in the Ruhr at Essen-Rellinghausen 2015

Das Antiepileptikum Gabapentin gehört mit 83,6 Tonnen im Jahr 2012 zu den in Deutschland häufig verordneten Arzneimitteln. Für den Wirkstoff gilt nach dem GOW-Konzept ein Wert von 1,0 µg/l [5.12]. Da Gabapentin nach der Einnahme nahezu unverändert ausgeschieden wird und der biologische Abbau gering ist, gelangt es über kommunale Abwässer ins Oberflächenwasser [5.16].

Das Ruhrwasser wies im Jahr 2015 bei Essen-Rellinghausen eine mittlere Konzentration von 0,68 µg/l Gabapentin auf, die Jahresfracht lag hier bei 0,99 Tonnen (Bild 5.4). Im Längsprofil der Ruhr finden sich relevante Einträge ab Fluss-km 160,72 (Brücke Oeventrop) und Maximalkonzentrationen von bis zu 1,3 µg/l in der unteren Ruhr (Bild 5.6, 5.7). Der GOW des Umweltbundesamtes wird jedoch im Mittel überall sicher eingehalten.

Die Abbauprodukte des Schmerzmittels Metamizol 4-Acetamidoantipyrin (AAA) und 4-Formylaminoantipyrin (FAA) konnten im Ruhrwasser in allen Proben an der Probenahmestelle Essen-

Rellinghausen (n = 48) oberhalb der analytischen Bestimmungsgrenze von 0,01 µg/l nachgewiesen werden. Die mittleren Konzentrationen betragen 0,29 µg/l für das AAA und 0,27 µg/l für das FAA (Bild 5.4, 5.7).

Das weit verbreitete Schmerzmittel Diclofenac mit Verbrauchsmengen von etwa 92 Tonnen pro Jahr in Deutschland [5.17] wird bereits in der oberen Ruhr mit Befunden oberhalb der analytischen Bestimmungsgrenze von 0,01 µg/l regelmäßig nachgewiesen. Der GOW des Umweltbundesamtes von 0,3 µg/l [5.12] wurde bei Essen-Rellinghausen mit einem Mittelwert von 0,11 µg/l nicht überschritten (Bild 5.4, 5.7).

Neben Diclofenac zählt auch das Antiepileptikum Carbamazepin (der Verbrauch lag im Jahr 2012 in Deutschland bei 52,3 Tonnen [5.7]) zu den weltweit verbreiteten Wirkstoffen. Es wird biologisch weder in Kläranlagen noch im Gewässer signifikant abgebaut, jedoch werden nur etwa 10 bis 20 % der verabreichten Menge unverändert ausgeschieden. Der größte Teil wird zum nicht mehr therapeutisch wirksamen

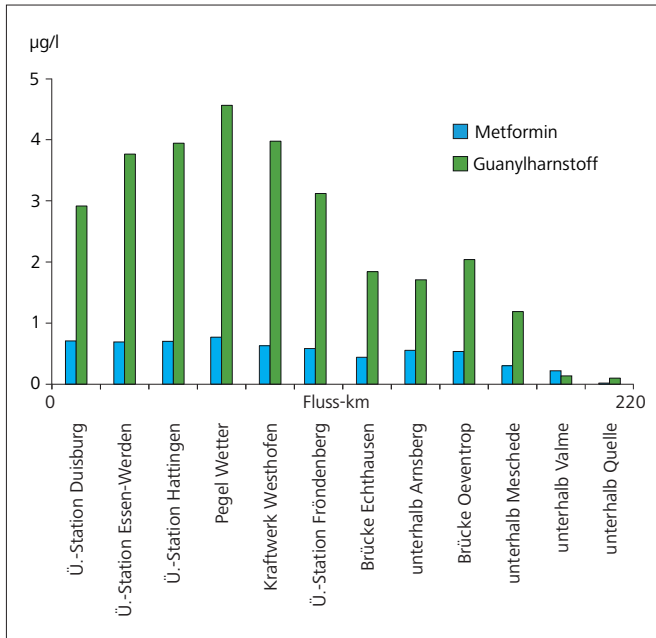


Bild 5.5: Mittlere Konzentrationen von Metformin und Guanylharnstoff im Ruhrlängsverlauf
 Fig. 5.5: Mean concentrations of metformin and guanylharnstoff along the Ruhr

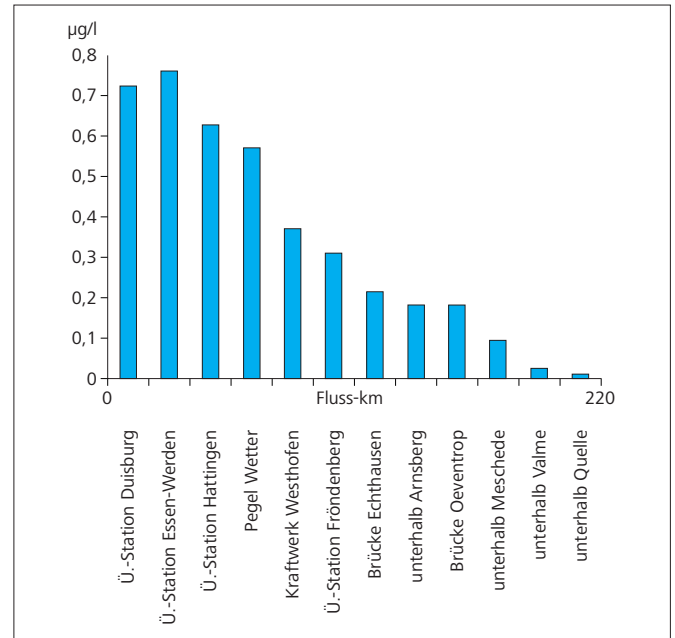


Bild 5.6: Mittlere Konzentrationen von Gabapentin im Ruhrlängsverlauf
 Fig. 5.6: Mean concentrations of gabapentin along the Ruhr

10,11-Dihydro-10,11-Dihydroxy-Carbamazepin metabolisiert [5.18]. Dieses Abbauprodukt fand sich in allen 47 untersuchten Proben der Ruhr bei Essen-Rellinghausen. Der Mittelwert beträgt hier 0,22 µg/l (Bild 5.4) und auch im Längsverlauf der Ruhr wurde es vom Oberlauf an regelmäßig oberhalb von 0,01 µg/l nachgewiesen. Der GOW des Umweltbundesamtes von 0,3 µg/l [5.12] wird jedoch sicher eingehalten.

Der seit einigen Jahren im Gewässer regelmäßig detektierte Betablocker Metoprolol erreicht in der Ruhr bei Essen-Rellinghausen mit einer mittleren Konzentration von 0,17 µg/l sowie einer Jahresfracht von 0,27 Tonnen das Niveau der Vorjahre (Bild 5.4).

Im zweiten Halbjahr 2015 wurde Oxypurinol ins Analysenprogramm aufgenommen. Es ist ein Metabolit des Allopurinols, eines Mittels gegen Gicht, welches im Körper zu etwa 80 % zum genannten Abbauprodukt umgewandelt wird [5.19]. Aus 20 Untersuchungen des Ruhrwassers bei Essen-Rellinghausen ergibt sich eine mittlere Konzentration von 1,3 µg/l, was eine Überschreitung des GOW von 0,3 µg/l [5.12] bedeutet. In 20 deutschen Oberflächenwässern mit hohem Anteil an gereinigtem Abwasser wurden Oxypurinolkonzentrationen von 0,09 bis zu 22,6 µg/l detektiert [5.19].

Röntgenkontrastmittel

Von den insgesamt 360 bis 500 Tonnen der jährlich verbrauchten Röntgenkontrastmittel in Deutschland wird etwa die Hälfte in Kliniken verabreicht. Die einmaligen Dosen können je nach

Wirkstoff und Diagnoseverfahren zwischen 1 und über 200 g variieren. Die Substanzen sind so konzipiert, dass sie nach kurzer Zeit wieder unverändert aus dem menschlichen Körper ausgeschieden werden. In der Kläranlage findet kein wesentlicher Abbau oder Rückhalt über Adsorption oder sonstige Mechanismen statt [5.20]. Iomeprol und Iopamidol werden als Diagnostika beispielsweise in der Urographie, Amidotrizoesäure speziell in der Diagnostik des Magen-Darm-Traktes in Arztpraxen und Krankenhäusern eingesetzt [5.21].

- [5.16] www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/374/dokumente/twk_ergebnisprotokoll_02_sitzung_01-07-14.pdf, Zugriff April 2016
- [5.17] Hillenbrand, T., Tettenborn, F., Menger-Krug, E., Marscheider-Weidemann, F., Fuchs, S., Toshovski, S., Kittlaus, S., Metzger, S., Tjoeng, I., Wermter, P., Kersting, M., Abegglen, C.: Maßnahmen zur Verminderung des Eintrages von Mikroschadstoffen in die Gewässer. In: Texte 85/2014, Umweltbundesamt (Hrsg.), Ausgabe Januar 2015
- [5.18] Gemeinsamer Bericht des Bayerischen Landesamtes für Umwelt und des Bayerischen Landesamtes für Gesundheit und Lebensmittelsicherheit (LfU und LGL) (Hrsg.): Auftreten und Bewertung von Arzneimittelwirkstoffen, ausgewählten Metaboliten sowie weiterer polarer Spurenstoffe im Roh- und Trinkwasser aus oberflächenwasserbeeinflussten Gewinnungsanlagen, Ausgabe 2010
- [5.19] Funke, J., Prasse, C., Eversloh, C. L., Ternes, T. A.: Oxypurinol – A novel marker for wastewater contamination of the aquatic environment. In: Water Research 2015, 74, S. 257-265
- [5.20] Kompetenzzentrum Wasser Berlin gGmbH, Berliner Wasserbetriebe, Leitfaden für die Sammlung von Urin, Juli 2006
- [5.21] <http://www.kompetenz-wasser.de/RKM-Publikationen.306.0.html>, Zugriff April 2016

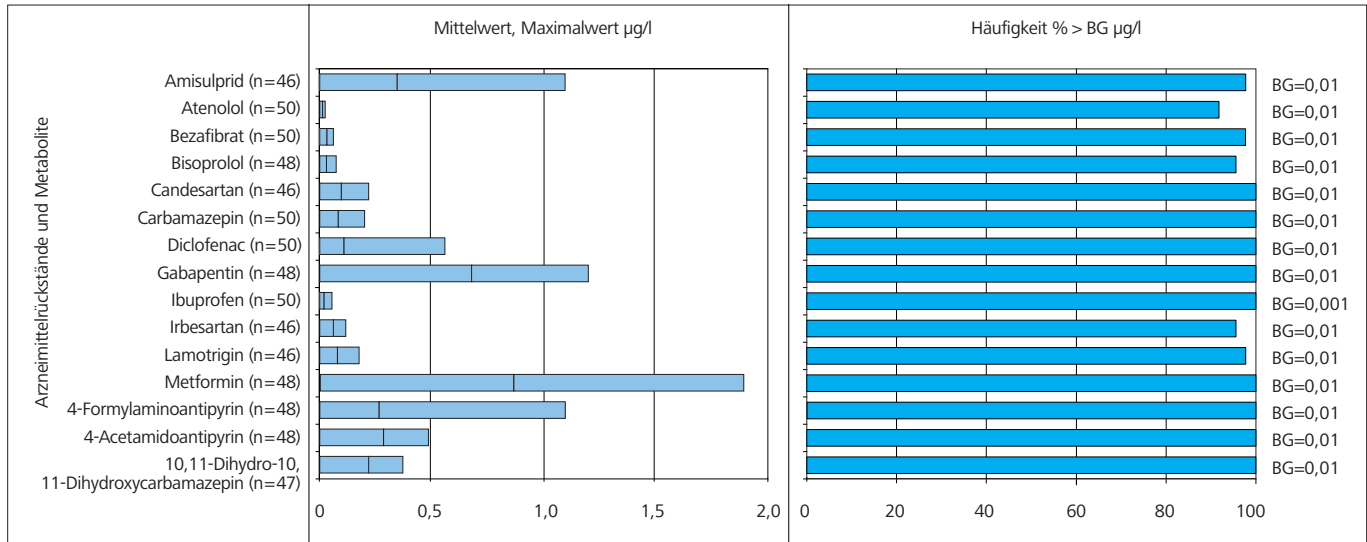


Bild 5.7: Häufigkeiten, Mittelwerte und Maximalkonzentrationen ausgewählter Arzneimittelwirkstoffe und Metabolite in der Ruhr bei Essen-Rellinghausen (BG = Bestimmungsgrenze)
 Fig. 5.7: Frequencies, means and maximum concentrations of selected pharmaceuticals and metabolites in the Ruhr at Essen-Rellinghausen (BG = quantification limit)

Im Rahmen des Routineprogramms wird das Ruhrwasser auf sechs iodidierte Röntgenkontrastmittel bereits seit dem Jahr 2009 untersucht. Im letzten Jahr ist die Ioxithalaminsäure hinzugekommen, wurde jedoch in keiner Ruhrprobe mit Konzentrationen über 0,1 µg/l nachgewiesen. Bei den fünf mengenmäßig relevantesten Substanzen, Iomeprol, Iopamidol, Amidotrizoesäure, Iopromid und Iohexol (Bild 5.4) sind bezüglich der mittleren Konzentrationen an der Probenahmestelle bei Essen-Rellinghausen in den letzten Jahren insbesondere bei der Amidotrizoesäure eher sinkende Befunde zu verzeichnen (Bild 5.8). Die mittleren Werte bewegen sich im Jahr 2015 zwischen 0,16 und 0,56 µg/l. Im Längsverlauf treten relevante Konzentrationen hauptsächlich in der mittleren und unteren Ruhr auf.

Süßstoffe

Um natürliche Zucker in vielen Lebensmitteln aber auch beispielsweise in Medikamenten zu substituieren, sind künstliche Süßstoffe in zahlreichen Produkten enthalten.

Seit dem Jahr 2012 werden sieben Vertreter der Süßstoffe regelmäßig in der Ruhr analysiert. Die im Untersuchungsprogramm enthaltenen Substanzen Aspartam, Neohesperidin und Neotam werden im menschlichen Organismus fast komplett umgesetzt und sollten daher nicht im Abwasser nachweisbar sein [5.22]. Die Untersuchungsergebnisse aus der Ruhr bestätigen auch die Abwesenheit im Oberflächenwasser. Nur in einer der untersuchten 194 Proben, waren Gehalte oberhalb der Bestimmungsgrenze von 0,01 µg/l, und zwar für Aspartam, zu verzeichnen.

Die vier übrigen Süßstoffe Acesulfam, Cyclamat, Saccharin und Sucralose werden regelmäßig mit Gehalten oberhalb der jeweiligen Bestimmungsgrenze detektiert. Die genannten Verbindungen werden im menschlichen Organismus nicht oder nur unwesentlich metabolisiert. Die Abbaubarkeit der vier Vertreter während der Abwasserbehandlung ist unterschiedlich. Acesulfam und Sucralose gelten als persistent, Cyclamat und Saccharin als gut abbaubar [5.22].

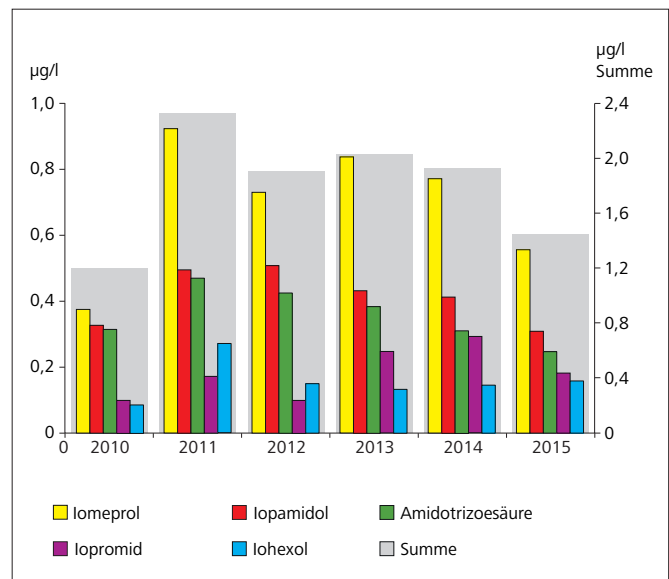


Bild 5.8: Mittlere Konzentrationen ausgewählter Diagnostika in der Ruhr bei Essen-Rellinghausen in den Jahren 2010 bis 2015
 Fig. 5.8: Mean concentrations of selected diagnostics in the Ruhr at Essen-Rellinghausen from 2010 to 2015

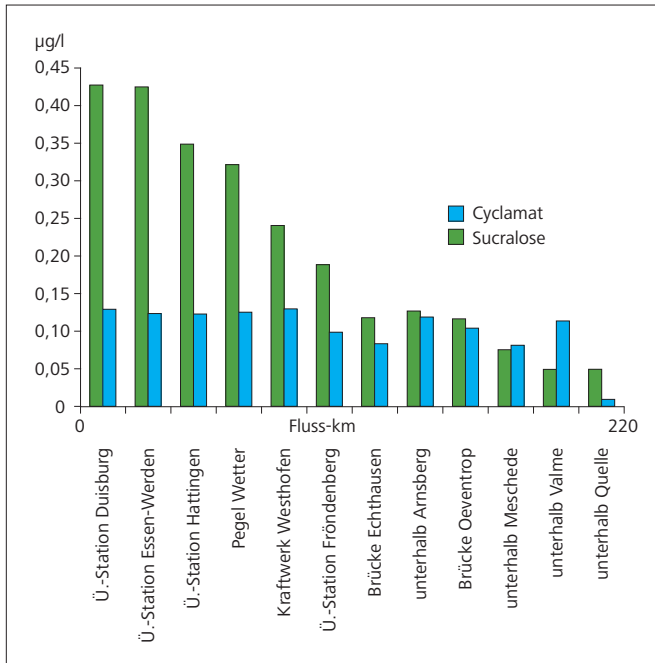


Bild 5.9: Mittlere Konzentrationen von Sucralose und Cyclamat im Ruhrlängsverlauf
 Fig. 5.9: Mean concentrations of sucralose and cyclamat along the Ruhr

Die Konzentrationen von Acesulfam und Sucralose im Längsverlauf der Ruhr zeigen eine kontinuierliche Zunahme mit dem Fließverlauf entsprechend dem ansteigenden Abwasseranteil. Bei dem leicht abbaubaren Cyclamat ist, abgesehen vom Quellbereich der Ruhr, eine relativ konstante Konzentration von etwa 0,1 µg/l zu beobachten (Bild 5.9). Für Saccharin gelten die gleichbleibenden Konzentrationen für den Bereich der mittleren bis unteren Ruhr. Während sowohl die mittleren Konzentrationen als auch die Frachten des Acesulfam über die letzten Jahre rückläufig sind, ist für Sucralose ein stetiges Anwachsen zu beobachten. Trends für Cyclamat und Saccharin lassen sich nicht feststellen.

Komplexbildner

Komplexbildner werden u. a. eingesetzt, um Schwermetallionen zu maskieren, die die Wirkung von Wasserstoffperoxid reduzieren, welches bei der chlorfreien Bleiche von Zellstoff und Altpapier eingesetzt wird [5.23]. Zu den hier betrachteten Komplexbildnern vom Typ der Aminopolycarbonsäuren gehören Ethylendiamintetraacetat (EDTA) und Diethylenetriaminpentaacetat (DTPA). Der durchschnittliche Absatz von EDTA lag in den Jahren 2005 bis 2009 in Deutschland bei etwa 3.700 Tonnen pro Jahr, der von DTPA bei 1.600 Tonnen [5.24]. Sie gelten hinsichtlich ihrer Toxizität als unbedenklich, sind allerdings biologisch schwer abbaubar. Wegen ihrer schlechten Abbaubarkeit untersagt die EG-Detergenzienverordnung seit 2005 ihren Einsatz in Produkten, die außerhalb von Gewerbe und Industrie Verwendung finden [5.25].

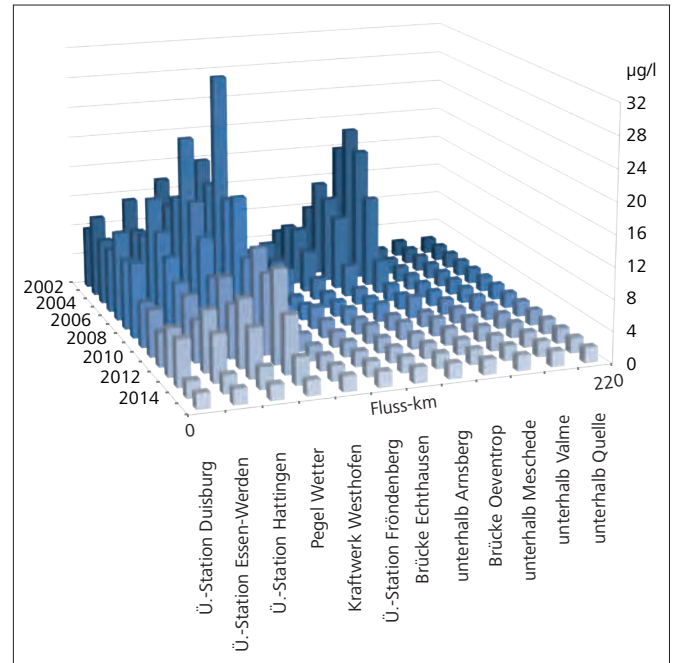


Bild 5.10: Entwicklung der DTPA-Konzentrationen im Ruhrlängsverlauf
 Fig. 5.10: Development of DTPA concentrations along the Ruhr

Insgesamt wurden im zurückliegenden Jahr acht Komplexbildner in rund 370 Proben der Ruhr untersucht. Von den Substanzen EDTA und DTPA, die jahrelang unter den untersuchten organischen Spurenstoffen diejenigen mit den höchsten Konzentrationen und Frachten waren, ist aktuell nur noch EDTA von Bedeutung. EDTA konnte in 97 % der Proben an der Entnahmestelle Essen-Rellinghausen nachgewiesen werden, die mittlere Konzentration für das Jahr 2015 nahm dabei im Vergleich zum Jahr 2014 allerdings um rund 40 % auf 3,7 µg/l ab. Ähnlich verhielt sich die errechnete Jahresfracht, die von 9,4 t auf 5,2 t sank (Bild 5.4). Nach wie vor auffällig, wenn auch auf geringerem Niveau als in den Vorjahren, ist der Anstieg der Konzentration des EDTA im Ruhrlängsverlauf am Pegel Wetter, was auf die Einleitung einer Papierfabrik zurückzuführen ist.

DTPA, das im Jahre 2011 noch mit einer mittleren Konzentration von fast 10 µg/l bestimmt wurde, konnte im Jahr 2015 in der Ruhr bei Essen-Rellinghausen lediglich in 5 von 132 Proben mit Werten über der Bestimmungsgrenze von 1 µg/l gemessen werden (Bild 5.10).

- [5.22] 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
- [5.23] www.ceresana.com/de/marktstudien/chemikalien/komplexbildner, Zugriff März 2016
- [5.24] Internationale Kommission zum Schutz des Rheins (IKSR) Auswertungsbericht Komplexbildner, Bericht Nr. 196
- [5.25] Verordnung (EG) Nr. 648/2004 des europäischen Parlaments und des Rates vom 31. März 2004 über Detergenzien, ausgegeben am 08.04.2004

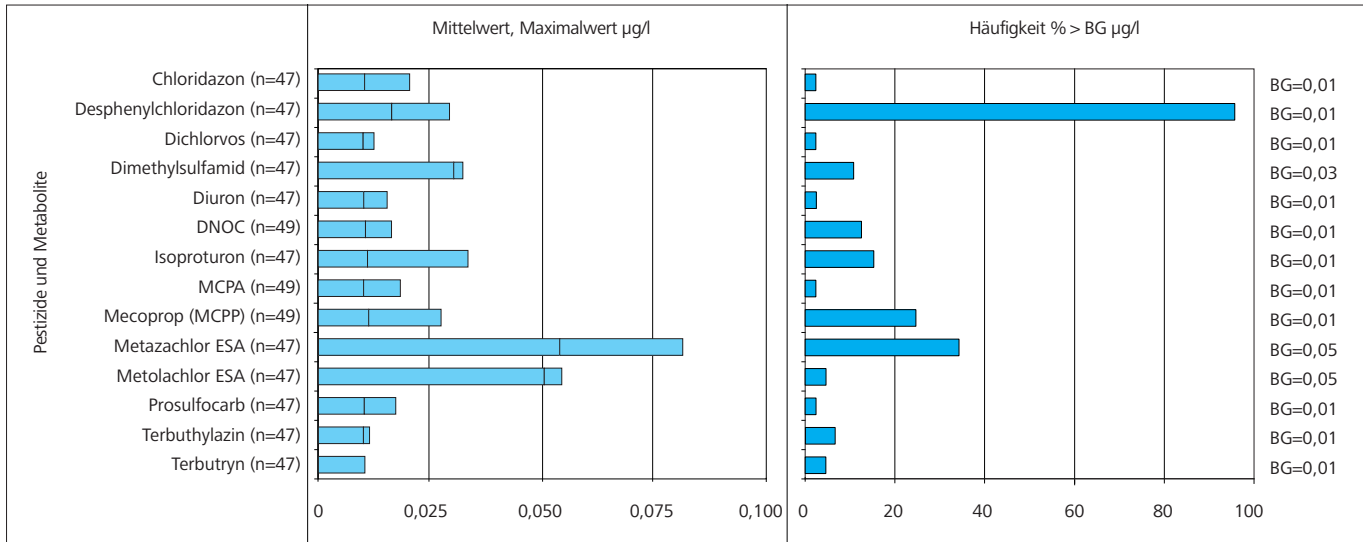


Bild 5.11: Häufigkeiten, Mittelwerte und Maximalkonzentrationen ausgewählter Pestizide und Metabolite in der Ruhr bei Essen-Rellinghausen (BG = Bestimmungsgrenze)

Fig. 5.11: Frequencies, means and maximum concentrations of selected pesticides and metabolites in the Ruhr at Essen-Rellinghausen (BG = quantification limit)

Pestizide

Pestizide sind Substanzen zur Bekämpfung von Schädlingen. Ihre Unterteilung erfolgt entsprechend ihrer Anwendungsgebiete. So werden beispielsweise Insektizide zur Bekämpfung von Insekten, Fungizide zur Bekämpfung von Pilzen und Herbizide zur Bekämpfung von Unkräutern eingesetzt. Gemäß ihrer Anwendungsgebiete können beispielweise Fungizide sowohl den Bioziden, die selektiv einzelne Gruppen einer Lebensgemeinschaft schädigen, als auch den Pflanzenschutzmitteln (PSM) zugerechnet werden [5.26]. Ca. 250 PSM-Wirkstoffe sind in Deutschland zugelassen. Im Jahr 2010 betrug die Zubereitungs- und Anwendungsmenge etwa 101.000 t. Dies entspricht einer Gesamtwirkstoffmenge von 41.000 t bzw. einer Wirkstoffmenge von 2,45 kg/ha landwirtschaftliche Nutzfläche [5.27]. Nach Regenfällen können PSM durch Auswaschung des Erdreiches in Gewässer gelangen.

Im Jahr 2015 wurden über 280 Ruhrwasserproben auf insgesamt 137 Pestizide und einige ihrer Metabolite untersucht (Auswahl siehe Tabelle 5.1). An der Messstelle Essen-Rellinghausen wurden für 14 der untersuchten Substanzen Messwerte oberhalb der analytischen Bestimmungsgrenzen, die zwischen 0,01 und 0,05 µg/l liegen, ermittelt. In Bild 5.11 sind die dazugehörigen Häufigkeiten, Mittelwerte und Maximalkonzentrationen angegeben. Desphenylchloridazon, das ein Metabolit des im Rübenanbau eingesetzten Chloridazons (GOW: 3,0 µg/l) ist [5.28], Metazachlor ESA, ein Metabolit des Herbizids Metazachlor (GOW: 3,0 µg/l) [5.12] und das Herbizid Mecoprop wurden regelmäßig in der Ruhr bei Essen-Rellinghausen nachgewiesen. Die ermittelten Konzentrationen lagen für alle untersuchten Substanzen, denen ein GOW zugeordnet

ist, weit unterhalb des GOW für nicht relevante Metabolite von 1,0 bzw. 3,0 µg/l [5.12]. Auch die Jahresdurchschnitts-Umweltqualitätsnormen (JD-UQN) der OGewV der hier betrachteten Substanzen werden sicher eingehalten [5.2].

Die Ende des Jahres 2013 ins Untersuchungsprogramm aufgenommenen Insektizide Acetamiprid, Clothianidin, Imidacloprid, Thiacloprid und Thiamethoxan gehören zur Gruppe der Neonicotinoide und werden wegen ihrer in der Regel geringen Toxizität gegenüber Nicht-Zielorganismen und der relativ langen Wirkungsdauer weitverbreitet in der Landwirtschaft gegen saugende und beißende Insekten eingesetzt. In der Diskussion ist diese Stoffgruppe seit einigen Jahren, da der Verdacht auf toxische Wirkungen gegenüber Bienen besteht. Auch für einige Wasserinsekten ist eine Toxizität im niedrigen µg/l-Bereich festgestellt worden [5.29].

Trotz eines Anwendungsverbotes in bienenattraktiven Kulturen, das von Oktober 2013 bis Dezember 2015 galt, wurden im Jahr 2014 immerhin 207 t der oben genannten Substanzen in Deutschland in den Verkehr gebracht [5.30]. Bei allen im Jahr 2015 untersuchten Proben der Ruhr (n = 280) blieben die Gehalte der Einzelsubstanzen unterhalb der Bestimmungsgrenze von jeweils 0,01 µg/l.

Leichtflüchtige organische Verbindungen (VOC)

Zur Stoffgruppe der leichtflüchtigen organischen Verbindungen (Volatile Organic Compounds, VOC) gehören Verbindungen, die bei niedrigen Temperaturen im gasförmigen Zustand vorliegen. Das Spektrum umfasst unter anderem halogenierte Substanzen, wie Vinylchlorid, Trichlormethan (Chloroform), Tribrommethan (Bromoform) und Tetrachlor-

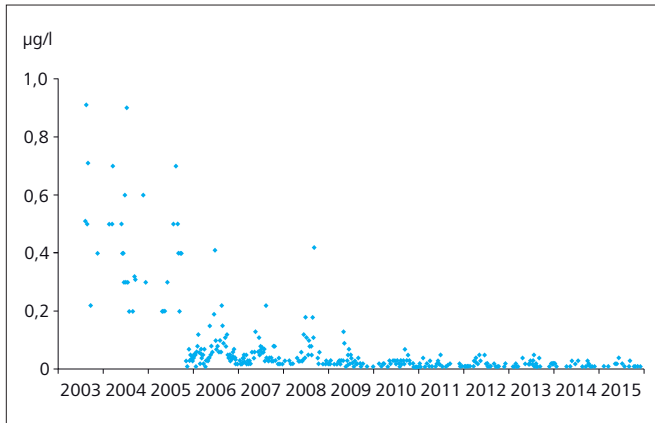


Bild 5.12: Entwicklung der MTBE-Konzentrationen oberhalb der Bestimmungsgrenze bei Essen-Rellinghausen, Zeitraum 2003 bis 2015

Fig. 5.12: Development of MTBE concentrations above the quantification limit in the Ruhr at Essen-Rellinghausen from 2003 to 2015

ethen (Per), sowie aromatische Kohlenwasserstoffe, wie Benzol oder Toluol. Ausgewählte Verbindungen der VOC, welche im Berichtsjahr im Ruhrwasser geprüft wurden, sind in Tabelle 5.1 aufgeführt.

Die Herkunft der verschiedenen Substanzen ist unterschiedlich. Methyl-tert-butylether (MTBE) wird Ottokraftstoffen zur Erhöhung der Klopfestigkeit zugesetzt. Der Ether ersetzt teilweise Aromaten wie das kanzerogene Benzol, die ihrerseits vorher bleiorganische Verbindungen substituierten. MTBE weist zwar eine geringe Toxizität auf, ist allerdings persistent und adsorbiert nur schwach an der Bodenmatrix. Daher gelangt es bei Austritt schnell in Grund- und Oberflächenwasser. Von dort aus kann MTBE auch ins Trinkwasser durchschlagen, aus dem es selbst mit modernen Verfahren nur schwer zu entfernen ist [5.31]. In den zurückliegenden Jahren sind die Befunde an MTBE in ihrer Häufigkeit allerdings rückläufig. So wurden 2015 nur noch in weniger als 40 % der untersuchten Proben der Ruhr bei Essen-Rellinghausen Befunde ermittelt, die meist nahe der Bestimmungsgrenze von 0,01 µg/l lagen. Im Jahr 2010 waren an gleicher Stelle in fast 80 % der Proben Befunde zu verzeichnen, im Jahr 2006 waren es 100 %. Die gemessenen Konzentrationen sind seit mehreren Jahren, wie in Bild 5.12 zu sehen ist, nicht mehr auf dem Niveau der Jahre 2003 bis 2005. Grund hierfür ist, dass MTBE als Zusatz in Kraftstoffen zunehmend durch Ethanol und andere Ether abgelöst wurde [5.31]. Auch die Ersatzsubstanz des MTBE, der Ethyl-tert-butylether (ETBE), konnte in den letzten Jahren nur noch in wenigen der untersuchten Proben oberhalb der Bestimmungsgrenze von 0,01 µg/l detektiert werden.

Bei den meisten der untersuchten Substanzen aus der Stoffgruppe der VOC traten 2015 wie in den Jahren zuvor keine bzw. lediglich einzelne Befunde oberhalb der jeweiligen Bestimmungsgrenze auf. Auch die geltenden Umweltqualitätsnormen (UQN) wurden weit unterschritten [5.2]. Das trifft für alle untersuchten VOC, einschließlich Tetrachlorethen, für

welches ein Wert von 10 µg/l festgelegt wurde, zu. Tetrachlorethen konnte an der Probenahmestelle Essen-Rellinghausen in rund 85 % der untersuchten 33 Proben oberhalb der Bestimmungsgrenze (0,01 µg/l) detektiert werden, die mittlere Konzentration des Jahres 2015 lag dort bei 0,014 µg/l. Die Probenahmestelle mit dem höchsten Einzelwert von 0,14 µg/l und der höchsten mittleren Jahreskonzentration von 0,10 µg/l war, wie in den Vorjahren, die Überwachungsstation Fröndenberg.

Polycyclische Aromatische Kohlenwasserstoffe (PAK)

Hauptquelle der Polycyclischen Aromatischen Kohlenwasserstoffe (PAK), einer Stoffgruppe, die aus etwa 10.000 Einzelverbindungen besteht, sind Verbrennungsprozesse organischen Materials. Die entstehenden PAK gelangen größtenteils partikelgebunden in die Atmosphäre und später, z. B. mit Niederschlägen, wieder auf den Boden und in die Gewässer. Viele PAK sind persistent, reichern sich in Organismen an und sind toxisch. Zudem haben sie zum Teil krebserregende und erbgutverändernde Eigenschaften [5.32].

Der Ruhrverband bestimmt regelmäßig die sog. 16 EPA-PAK, die im Jahr 1977 von der amerikanischen Umweltbehörde, der United States Environmental Protection Agency (US-EPA), als Stellvertretersubstanzen ausgewählt wurden. Wird der Längsverlauf der Ruhr betrachtet, lassen sich einige wenige Befunde einzelner Vertreter der Stoffgruppe bereits unterhalb der Quelle bei Fluss-km 217,72 feststellen. Im weiteren Fließweg nehmen die Anzahl der Befunde und die Gehalte zu. Zu den PAK mit den höchsten Konzentrationen im Ruhrwasser gehören Pyren, Phenanthren und Fluoranthen. Letztgenannte Substanz erreicht mit 0,005 µg/l bei Essen-Rellinghausen den höchsten Jahresmittelwert der untersuchten PAK (Bild 5.13), unterschreitet jedoch die JD-UQN von 0,0063 µg/l.

In der OGewV wird in der Anlage 6 eine JD-UQN für Phenanthren von 0,5 µg/l festgeschrieben [5.2]. Mit einem im Längsverlauf maximalen Jahresdurchschnittswert von 0,004 µg/l am Pegel Wetter wird dieser Wert um mehr als den Faktor 100 unterschritten. Auch die JD-UQN von Naphthalin, die 2 µg/l beträgt, wird sicher eingehalten. Die sehr niedrige JD-UQN in Höhe von 0,00017 µg/l für Benzo[a]pyren wird hingegen an der Probenahmestelle Brücke Oeventrop mit einem maximalen Jahresmittelwert von 0,0014 µg/l überschritten. Ebenso wurde die UQN bei den 2012 und 2013 durchgeführten

[5.26] <http://www.wasser-wissen.de>, Zugriff März 2016

[5.27] Rohwasserdatenbank „Pflanzenschutzmittel“. In: Vom Wasser, 2016, 114, S. 16-19

[5.28] Ruhrverband: Organische Mikroverunreinigungen in der Ruhr. Ruhrgütebericht 2014, S.80-95

[5.29] Echo-Stoffbericht, Neonicotinoide, Landesamt für Natur Umwelt und Verbraucherschutz (LANUV)

[5.30] Deutscher Bundestag, Drucksache18/6490, 28.10.2015

[5.31] IAWR-Studie, Auswirkungen des Einsatzes von MTBE und ETBE auf Oberflächengewässer und Trinkwasserversorgung im Rheineinzugsgebiet, 2008

[5.32] Hintergrundpapier „Polyzyklische Aromatische Kohlenwasserstoffe: Umweltschädlich! Giftig! Unvermeidbar?“ UBA, Nov. 2012

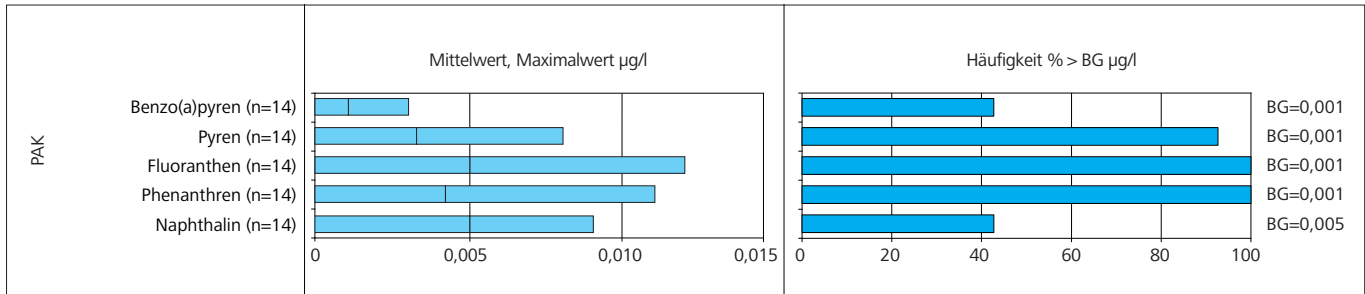


Bild 5.13: Häufigkeiten, Mittelwerte und Maximalkonzentrationen ausgewählter Polyzyklischer Aromatischer Kohlenwasserstoffe in der Ruhr bei Essen-Rellinghausen (BG = Bestimmungsgrenze)

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

Untersuchungen von Biota überschritten.

Zusammenfassend lässt sich erfreulicherweise feststellen, dass die Belastung der Ruhr für die Summe der PAK, die überwiegend aus diffusen Quellen stammen, seit vielen Jahren rückläufig ist (Bild 5.14).

Flammschutzmittel und Weichmacher

Flammschutzmittel und Weichmacher sind in unserem Alltag allgegenwärtig und werden in vielen verschiedenen Bereichen eingesetzt, wie beispielsweise in Kunststoffen und Schmierölen. Für viele dieser Stoffe werden durch die europäische Gesetzgebung ihre Anwendungen reguliert sowie Umweltqualitätsnormen definiert. Vielfach sind sie ubiquitär in der Umwelt nachweisbar. Im Folgenden werden Polybromierte Diphenylether (PBDE), kurzkettige Chloralkane (SCCP), Organophosphate, Phthalate sowie 2,4,6-Tribromphenol behandelt.

Polybromierte Diphenylether (PBDE) werden seit Jahrzehnten als Flammschutzmittel in vielen kommerziell verfügbaren Pro-

dukten, wie Kunststoffen, Textilien, Baumaterialien und Elektronik, als Additive verwendet [5.33]. Die nicht chemisch gebundenen PBDE können leicht aus Materialien freigesetzt werden und in die terrestrische und aquatische Umwelt gelangen. Ihre ubiquitäre Präsenz, ihre Persistenz in verschiedenen Umweltmatrizes und ihre negativen Effekte auf Tier und Mensch haben seit dem Jahr 2004 zu Anwendungsverböten in der EU geföhrt [5.34, 5.35]. Seit 2009 stehen die technischen Mischungen PentaBDE und OktaBDE auch auf der Liste der persistenten organischen Schadstoffe (Persistent Organic Pollutants, POPs) der Stockholmer Konvention [5.33]. Die EG-WRRL hat die PBDE als prioritär gefährliche Stoffe eingestuft, deren Einleitung, Emission oder Verlust bis zum Jahr 2028 eingestellt werden müssen (Phasing-out) [5.3, 5.4].

Wie bereits seit Beginn der Untersuchungen im Jahr 2008 lagen auch im Jahr 2015 die im Rahmen der Ruhrlängsuntersuchungen ermittelten Konzentrationen für die sieben relevanten BDE 28, 47, 99, 100, 153, 154 und 183 unterhalb der analytischen Bestimmungsgrenze von 0,0002 µg/l je Einzelsubstanz. Somit wurde die zulässige Höchstkonzentration von 0,14 µg/l der seit dem Jahr 2015 gültigen, überarbeiteten EG-WRRL [5.5] für die Summe der sechs relevanten PBDE (siehe oben, ohne BDE 183) im Wasser, im Gegensatz zu den 2012 und 2013 durchgeföhrt Untersuchungen in Biota, nicht überschritten.

Die Stoffgruppe der Polychlorierten Biphenyle (PCB) umfasst 209 Einzelsubstanzen, die als Flammschutzmittel, Weichmacher, Hydrauliköl sowie Isolier- und Kühlflüssigkeit eingesetzt wurden [5.26]. In Deutschland wurde bereits in den 1980er Jahren die Produktion von PCB sowie die Anwendung und Zubereitung PCB-haltiger Stoffe auf Grund ihrer hohen Persistenz, starken Bioakkumulation und chronischen Toxizität untersagt [5.26, 5.36]. Die OGeWV fordert die Untersuchung der sechs PCB 28, 52, 101, 138, 153 und 180 primär in Schwebstoffen und alternativ in Wasser. Im Jahresdurchschnitt ist für jede Einzelsubstanz eine UQN von 0,0005 µg/l in Wasser und 0,02 mg/kg im Schwebstoff einzuhalten [5.2].

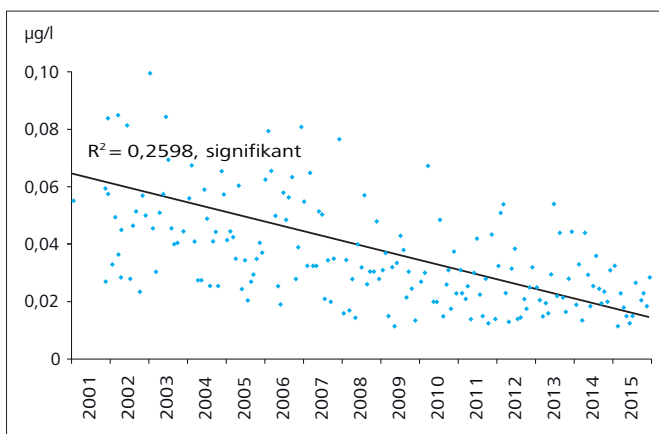


Bild 5.14: Entwicklung der Konzentration der Summe der untersuchten PAK in der Ruhr an der Überwachungsstation Hattingen, km 56,70

Fig. 5.14: Development of the concentration of the combined PAH in the Ruhr at the monitoring station Hattingen, km 56.70

Das Wasser der Ruhr wird bereits seit mehr als 20 Jahren im

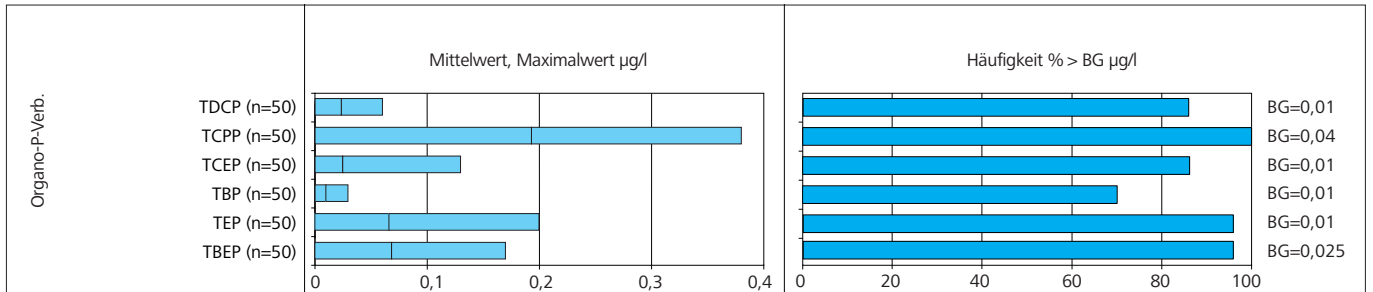


Bild 5.15: Häufigkeiten, Mittelwerte und Maximalkonzentrationen ausgewählter Phosphororganischer Flammschutzmittel in der Ruhr bei Essen-Rellinghausen (BG = Bestimmungsgrenze)

Fig. 5.15: Frequencies, means and maximum concentrations of selected organic phosphorus trace substances in the Ruhr at Essen-Rellinghausen (BG = quantification limit)

Rahmen der Ruhrlängsuntersuchungen auf PCB analysiert. Auch im Jahr 2015 wurde die PCB-Konzentration für die acht PCB 28, 52, 101, 118, 138, 153, 180 und 194 an zwölf Messstellen in der Ruhr ermittelt. Bei allen durchgeführten Untersuchungen wurde die analytische Bestimmungsgrenze von 0,001 µg/l im Wasser und die UQN bei den oberhalb und unterhalb des Baldeneysees durchgeführten Schwebstoffuntersuchungen nicht überschritten.

Kurzkettige Chloralkane bzw. polychlorierte Paraffine (short chain chlorinated paraffins, SCCP) sind auf Grund ihrer chemischen Stabilität, Flammbeständigkeit, Viskosität und geringen akuten Toxizität weitverbreitete Additive in Schmiermitteln, Weichmachern und Flammschutzmitteln [5.37]. Sie bestehen aus chlorierten n-Alkanen von zehn bis dreizehn Kohlenstoffatomen mit einem Chlorgehalt von 30 bis 70 % [5.26]. Auf Grund ihrer Persistenz, chronischen Toxizität und Bioakkumulation werden die SCCP in der EG-WRRL als prioritär gefährliche Stoffe eingestuft [5.4, 5.5], deren Verwendung und Inverkehrbringen seit dem Jahr 2002, insbesondere in der Metall- und Lederindustrie, in der EU stark eingeschränkt werden [5.38].

Im Rahmen der Ruhrlängsuntersuchungen und der wöchentlichen Untersuchungen an der Messstelle Essen-Rellinghausen (n = 44) wurden insgesamt 116 Proben auf SCCP untersucht. Alle Ergebnisse lagen unterhalb der Bestimmungsgrenze von 0,1 µg/l. Die UQN für den Jahresdurchschnitt von 0,4 µg/l und die zulässige Höchstkonzentration von 1,4 µg/l der OGewV werden somit auch im Jahr 2015 sicher eingehalten [5.2, 5.5].

Durch das Phasing-out der bromierten Flammschutzmittel Anfang des Jahrhunderts stiegen Produktion und Gebrauch von Organophosphaten an. Sie werden als Weichmacher, Flammschutzmittel und Antischaummittel zum Beispiel in Möbeln, Textilien, Elektronik, Farben, Kunststoffen, Schmiermitteln und Hydraulikflüssigkeiten verwendet. Durch Diffusion, Auswaschung oder Abrieb gelangen die häufig als Additive eingesetzten Organophosphate in die Umwelt und sind ubiquitär nachweisbar. Von mehreren Organophosphaten sind nachteilige Gesundheitseffekte bekannt oder werden vermutet. Dazu gehört beispielsweise das kanzerogene Tris(2-chloroethyl)

phosphat (TCEP) [5.39, 5.40].

Für sechs der neun im Rahmen der Ruhrlängsuntersuchungen und an der Messstelle Essen-Rellinghausen untersuchten Organophosphate wurden regelmäßig Werte oberhalb der Bestimmungsgrenzen von 0,010 bis 0,025 µg/l detektiert. Für diese sechs Substanzen sind die mittleren und maximalen Konzentrationen sowie die Häufigkeiten der Befunde an der Messstelle Essen-Rellinghausen in Bild 5.15 zusammengefasst. Tris(2-chlorisopropyl)phosphat (TCPP; GOW: 1,0 µg/l [5.12]), TCEP, Triethylphosphat (TEP) und Tris(2-butoxyethyl)phosphat (TBEP) überschreiten den allgemeinen Vorsorgewert von 0,1 µg/l. Dies ist jedoch nur für TCPP, dessen Mittelwert bei 0,19 µg/l liegt, regelmäßig der Fall. In einer 2013 durchgeführten Studie lagen in der Elbe, von Dessau bis Hamburg, die mittleren Konzentrationen für TEP und TCPP mit 0,17 µg/l bzw. 0,13 µg/l in einer ähnlichen Größenordnung wie in der Ruhr [5.40].

- [5.33] Yang, C., Harrad, S., Abdallah, M.A.-E., Desborough, J., Rose, N. L., Turner, S. D., Davidson, T.A., Goldsmith, B.: Polybrominated diphenyl ethers (PBDEs) in English freshwater lakes, 2008-2012. In: *Chemosphere*, 2014, 110, S. 41-47
- [5.34] Fischer, K., Fries, E., Körner, W., Schmalz, C., Zwiener, C.: New developments in the trace analysis of organic water pollutants. In: *Applied Microbiology and Biotechnology*, 2012, 94, S. 11-28
- [5.35] Novak, P., Zuliani, T., Milacic, R., Ščancar, J.: Development of an analytical procedure for the determination of polybrominated diphenyl ethers in environmental water samples by GC-ICP-MS. In: *Analytica Chimica Acta*, 2014, 827, S. 64-73
- [5.36] Verordnung zum Verbot von polychlorierten Biphenylen, polychlorierten Terphenylen und zur Beschränkung von Vinylchlorid; PCB-, PCT-, VC-Verbotsverordnung vom 18. Juli 1989, Bundesgesetzblatt
- [5.37] Geiß, S., Löffler, D., Körner, B., Engelke, M., Sawal, G., Bachhausen, P.: Determination of the sum of short chain chlorinated n-alkanes with a chlorine content between 50% and 67% in sediment samples by GC-ECNI-MS and quantification by multiple linear regression. In: *Microchemical Journal*, 2015, 119, S. 30-39
- [5.38] Richtlinie 2002/45/EG des europäischen Parlaments und des Rates vom 25. Juni 2002 zur 20. Änderung der Richtlinie 76/769/
- [5.39] Wei, G.-L., Li, D.-Q., Zhuo, M.-N., (...), Zhang, S.-Y., Liang, Z.-Q.: Organophosphorus flame retardants and plasticizers: sources, occurrence, toxicity and human exposure. In: *Environmental Pollution*, 2015, 196, S. 29-46
- [5.40] Wolschke, H., Sühling, R., Xie, Z., Ebinghaus, R.: Organophosphorus flame retardants and plasticizers in the aquatic environment: A case study of the Elbe River, Germany. In: *Environmental Pollution*, 2015, 206, S. 488-493

In den letzten 20 Jahren wurden weltweit ca. 6 Mio. Tonnen Phthalate pro Jahr hergestellt, von denen etwa 1 Mio. Tonnen pro Jahr in Europa verbraucht wurden [5.41, 5.42]. Phthalate sind in vielen Industrie- und Haushaltsprodukten enthalten, wie zum Beispiel in Klebstoffen, Insektenschutzmitteln, Farben, Schmierölen, Kosmetika und Medizinprodukten [5.41, 5.43, 5.44]. Darüber hinaus werden Phthalate in Plastikprodukten als Weichmacher verwendet [5.45]. Durch ihre teilweise endokrinen Wirkungen können sie eventuell einen negativen Einfluss auf das Ökosystem und die menschliche Gesundheit nehmen [5.42]. Auf Grund dieses Risikos hat die EU Bis(2-ethylhexyl)phthalat (DEHP) als prioritär gefährliche Substanz eingestuft und eine JD-UQN von 1,3 µg/l für DEHP im Oberflächenwasser erlassen [5.2, 5.5].

An der Probenahmestelle Essen-Rellinghausen wurde die Bestimmungsgrenze von 0,1 µg/l für die untersuchten Phthalate (Tabelle 5.1) in keiner der 35 durchgeführten Untersuchungen überschritten. Auch im Rahmen der Ruhrlängsuntersuchungen lagen die ermittelten Werte in der Regel unterhalb der Bestimmungsgrenze. Für DEHP wurde ein Jahresdurchschnitt von 0,1 µg/l ermittelt, der weit unterhalb der Forderungen liegt [5.2, 5.5].

2,4,6-Tribromphenol wird als Flammenschutzmittel in Kunststoffen, als Antiseptikum in Pharmazeutika und als Fungizid in der Holzbearbeitung verwendet. Es ist zwar eines der weniger toxischen Flammenschutzmittel, dafür aber eines der flüchtigsten. Ebenso wie die oben erwähnten Substanzen ist es ubiquitär nachweisbar. Derzeit gibt es keine gesetzliche Regelung zur Begrenzung von 2,4,6-Tribromphenol in Oberflächenwasser [5.46]. Die mittlere Konzentration von 2,4,6-Tribromphenol in den 50 durchgeführten Untersuchungen in der Ruhr an der Messstelle Essen-Rellinghausen betrug 0,011 µg/l und ist somit seit Beginn der Untersuchungen im Jahre 2009 praktisch konstant geblieben. Der höchste detektierte Wert lag an der Messstelle Essen-Rellinghausen bei 0,028 µg/l.

Bisphenol A und Alkylphenole

Die unter dem Namen 4-[2-(4-Hydroxyphenyl)propan-2-yl]phenol nahezu unbekannt, unter der Bezeichnung Bisphenol A (BPA) durchaus geläufige Substanz wird nahezu ausschließlich zur Herstellung von Kunststoffen wie Polycarbonaten und Epoxidharzen verwendet. Ein kleinerer Teil des BPA wird als Additiv in Flammenschutzmitteln und Bremsflüssigkeiten sowie in Thermopapieren z. B. für Kassenzettel verwendet. Im Jahr 2010 lag die Produktion weltweit bei rund 5 Mio. Tonnen. Bisphenol A gehört zu den endokrin wirksamen Substanzen und kann somit in den Hormonhaushalt von Lebewesen eingreifen [5.47]. In die Umwelt gelangt die Substanz bei der Produktion der erwähnten Kunststoffe sowie beim Gebrauch und der Entsorgung der daraus hergestellten Güter.

Bei den im Jahr 2015 durchgeführten Ruhrlängsuntersuchungen war festzustellen, dass vereinzelte Befunde von Bis-

phenol A bereits im Quellbereich der Ruhr in der Nähe der Bestimmungsgrenze von 0,003 µg/l festzustellen waren. Im Fließverlauf nehmen der Anteil der Proben mit Befunden und die gemessenen Konzentrationen zu. So lagen alle Gehalte von BPA in den untersuchten Proben ab dem Ruhr-km 95,15 oberhalb der Bestimmungsgrenze. An der Probenahmestelle am Pegel Wetter erreichten die BPA-Konzentrationen ihr Maximum mit einem Jahresdurchschnittswert von 0,028 µg/l und einem maximalen Messwert von 0,12 µg/l. Für Bisphenol A existiert ein präventiver Vorsorgewert von 0,1 µg/l (D4-Liste) auf Basis des Jahresmittelwertes, der im Ruhrwasser sicher eingehalten wurde [5.48].

Ebenso endokrin wirksam sind Nonyl- und Octylphenole, die im Berichtszeitraum im Rahmen der Längsuntersuchungen in rund 130 Proben untersucht wurden. Hauptvertreter sind das 4-Nonylphenol, welches u. a. in Pestizidzubereitungen und in Schmieröl eingesetzt wird, und das Octylphenol. Beide Verbindungen werden zur Produktion der entsprechenden Alkylphenolethoxylate eingesetzt, die ihrerseits als nichtionische Tenside verwendet werden. Diese Ethoxylate werden in Kläranlagen oder Gewässern wieder zu den entsprechenden Alkylphenolen abgebaut. Trotz weitreichender Anwendungsverbote, sowohl für die Phenole als auch für die Ethoxylate in Europa [5.49], werden die beiden Alkylphenole nach wie vor in der Umwelt gefunden. Sie sind in der Liste prioritärer Stoffe der EG-WRRRL aufgeführt, wobei Nonylphenol sogar den prioritär gefährlichen Stoffen zugeordnet ist.

Die jeweiligen festgelegten JD-UQN von 0,3 µg/l für Nonylphenol und 0,1 µg/l für Octylphenol werden in der Ruhr sicher eingehalten [5.5]. Während der höchste Jahresmittelwert 2015 von Nonylphenol 0,016 µg/l betrug, ermittelt an der Überwachungsstation Essen-Werden, konnte Octylphenol in keiner der untersuchten Proben oberhalb der Bestimmungsgrenze von 0,005 µg/l nachgewiesen werden.

PFT

Die im Jahr 2006 festgestellte Belastung von Ruhr und Möhne mit Perfluorierten Tensiden (PFT) hat sich in den letzten neun Jahren deutlich vermindert. Als relevante Eintragspfade wurden damals vor allem kontaminierte Flächen im Einzugsgebiet der Möhne, aber auch Emissionen aus der metallbe- und -verarbeitenden Industrie ermittelt. Die entsprechenden Areale im Einzugsgebiet sind Gegenstand von umfangreichen Sanierungsmaßnahmen. Innerbetriebliche Maßnahmen im gewerblich-industriellen Bereich wie Reduzierung der Anwendungsmenge oder die Substitution von Perfluorooctansulfonsäure (PFOS) durch das weniger toxische polyfluorierte Tensid H4-Perfluorooctansulfonsäure (H4-PFOS) sowie Vorbehandlungsmaßnahmen hatten einen deutlichen Rückgang der Emission im Einzugsgebiet der Ruhr zur Folge.

Legt man für die Bewertung von PFOS die Umweltqualitätsnorm der Oberflächengewässerverordnung von 0,65 ng/l [5.2] zugrunde, muss bei Essen mit einem Jahresmittel von 8,3 ng/l

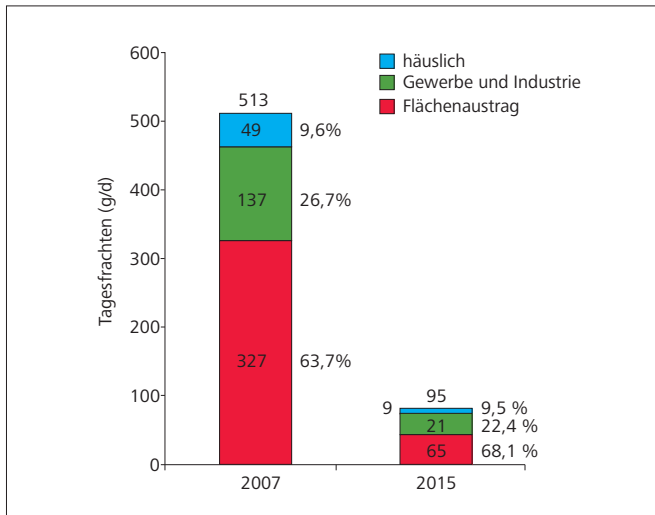


Bild 5.16: Herkunft der PFT-Frachten (PFOA + PFOS) an der Ruhrmündung für die Jahre 2007 und 2015

Fig. 5.16: Origin of PFC loads (PFOA + PFOS) at the Ruhr's mouth, 2007 and 2015

(2008: 36 ng/l) eine deutliche Überschreitung festgestellt werden. Die Belastung der Ruhr ist mit einer mittleren Konzentration von aktuell 18 ng/l für die Summe aus (PFOA/PFOS) allerdings für die Trinkwassergewinnung (Zielwert: 100 ng/l) ohne Belang. Von den weiteren PFT-Komponenten (Tabelle 5.1) mit Ausnahme von H4-PFOS konnten einige selbst mit der inzwischen erfolgten Erniedrigung der Bestimmungsgrenze von 10 auf 1 ng/l in vielen Proben nicht nachgewiesen werden.

Der Vergleich der in der Ruhr transportierten Frachten Perfluorierter Tenside (Bild 5.16) zeigt deutlich den Erfolg der o.g. Maßnahmen. Es gelangen im Vergleich zu 2007, als noch über 500 g/d an der Ruhrmündung transportiert wurden, schon seit einigen Jahren weniger als 100 g/d, also unter einem Fünftel der Fracht von vor acht Jahren, über die Ruhr in den Rhein.

Benzotriazole

Seit dem Jahr 2010 werden jährlich rund 200 Proben der Ruhr auf Benzotriazole untersucht, deren wichtigste Verbindungen das 1H-Benzotriazol und die Tolyltriazole (4-Methyl-1H-Benzotriazol und 5-Methyl-1H-Benzotriazol) sind. Die Substanzen werden überwiegend als Korrosions- und Frostschutzmittel eingesetzt. Enthalten sind die gut wasserlöslichen und schlecht abbaubaren Verbindungen z. B. in Farben und Lacken, Frostschutz- und Kühlschmierflüssigkeiten sowie in Geschirrspülmitteln.

An der Probenahmestelle der Ruhr in Essen-Rellinghausen waren die drei Verbindungen in allen 50 untersuchten Proben oberhalb der Bestimmungsgrenze von 0,01 µg/l zu finden. Mit einem Jahresmittelwert von 0,84 µg/l für 1H-Benzotriazol ist, wie im vorherigen Jahr, erneut ein leichter Rückgang festzustellen (Bild 5.17). Gleiches gilt für die beiden anderen unter-

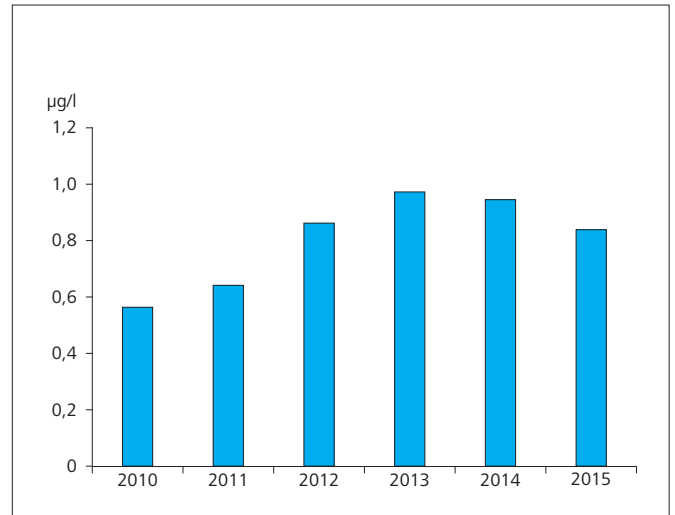


Bild 5.17: Entwicklung der Jahresmittelwerte der 1H-Benzotriazol-Konzentration bei Essen-Rellinghausen in den Jahren 2010 bis 2015

Fig. 5.17: Development of annual means of 1H-Benzotriazol concentration in the Ruhr at Essen-Rellinghausen from 2010 to 2015

- [5.41] Bergé, A., Gasperi, J., Rocher, V., Gras, L., Coursimault, A., Moilleron, 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
- [5.42] Net, S., Rabodonirina, S., Sghaier, R.B., Dumoulin, D., Chbib, C., Tlili, I., Ouddane, B.: Distribution of phthalates, pesticides and drug residues in the dissolved, particulate and sedimentary phases from transboundary rivers (France-Belgium). In: *Science of the Total Environment*, 2015, 521-522, S. 152-159
- [5.43] Zolfaghari, M., Drogui, P., Seyhi, B., Brar, S.K., Buelna, G., Dubé, R.: Occurrence, fate and effects of Di (2-ethylhexyl) Phthalate in wastewater treatment plants: a review. In: *Environmental Pollution*, 2014, 194, S. 281-293
- [5.44] Otero, P., Saha, S.K., Moane, S., Barron, J., Clancy, G., Murray, P.: Improved method for rapid detection of phthalates in bottled water by gas chromatography-mass spectrometry. In: *Journal of Chromatography B: Analytical Technologies in the Biomedical and Life Sciences*, 2015, 997, S. 229-235
- [5.45] Net, S., Delmont, A., Sempéré, R., Paluselli, A., Ouddane, B.: Reliable quantification of phthalates in environmental matrices (air, water, sludge, sediment and soil): A review. In: *Science of the Total Environment*, 2015, 515-516, S. 162-180
- [5.46] Ezechiáš, M., Covino, S., Cajthaml, T.: Ecotoxicity and biodegradability of new brominated flame retardants: A review. In: *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 2014, 110, S. 153-167
- [5.47] Careghini, A., Mastorgio, A. F., Saponaro S., Sezenna, E.: Bisphenol A, nonylphenols, benzophenones, and benzotriazoles in soils groundwater, surface water, sediments, and food: a review. In: *Environm. Sci. Poll. Res.*, 2015, 22, S. 5711-5741
- [5.48] Gewässerüberwachung in NRW Anhang D4 - Umweltqualitätsnormen und Orientierungswerte; http://www.flussgebiete.nrw.de/index.php/Leitfaden_Monitoring_Oberfl%C3%A4chengew%C3%A4sser_Teil_D_1_Anlage_4, Zugriff März 2016
- [5.49] Richtlinie 2003/53/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 18. Juni 2003 zur Änderung der Richtlinie 76/769/EWG des Rates über Beschränkungen des Inverkehrbringens und der Verwendung gewisser gefährlicher Stoffe und Zubereitungen (Nonylphenol, Nonylphenoethoxylat und Zement), ausgegeben am 17.7.2003

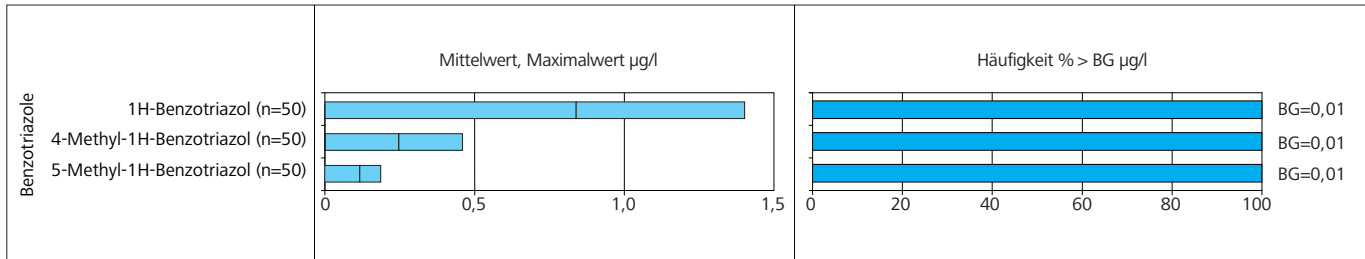


Bild 5.18: Häufigkeiten, Mittelwerte und Maximalkonzentrationen von Benzo- und Tolytriazolen in der Ruhr bei Essen-Rellinghausen (BG = Bestimmungsgrenze)

Fig. 5.18: Frequencies, means and maximum concentrations of benzotriazoles and tolytriazoles in the Ruhr at Essen-Rellinghausen (BG = quantification limit)

suchten Benzotriazole, deren Konzentrationen sich allerdings auf niedrigerem Niveau bewegen (Bild 5.18). Erstmals seit dem Jahr 2010 ist auch bei der berechneten Fracht des 1H-Benzotriazols (1,3 t im Jahr 2015) bei Essen-Rellinghausen ein Rückgang festzustellen. 4-Methyl- und 5-Methyl-1H-Benzotriazol (0,36 bzw. 0,18 t) setzten den fallenden Trend bei den transportierten Frachten der letzten Jahre fort.

Werden die monatlich durchgeführten Ruhrlängsuntersuchungen betrachtet, so kann festgestellt werden, dass bereits bei Fluss-km 190,81, unterhalb Valme, 1H-Benzotriazol in 11 von 12 analysierten Proben nachgewiesen wurde. Ab der Probenahmestelle Brücke Oeventrop bei Ruhr-km 160,72 sind auch die beiden Tolytriazole in allen untersuchten Proben nachzuweisen. Die Konzentrationen der drei Substanzen nehmen danach im weiteren Fließverlauf der Ruhr zu, um an der Überwachungsstation Essen-Werden ihren jeweiligen höchsten Jahresmittelwert zu erreichen. Die höchsten Konzentrationen von 1H-Benzotriazol mit je 1,4 µg/l finden sich im unteren Bereich der Ruhr an den Probenahmestellen Essen-Rellinghausen, Überwachungsstation Werden und Duisburg. Der GOW von 3,0 µg/l wird sicher eingehalten [5.12].

TMDD

2,4,7,9-Tetramethyl-5-decin-4,7-diol, kurz TMDD, ist ein als Surfynol 104® auf dem Markt erhältliches nicht ionisches Tensid. Es wird auf Grund seiner Fähigkeit, die Oberflächenspannung von wässrigen Lösungen und Dispersionen zu senken, in verschiedenen Produkten eingesetzt. TMDD findet sich in Druckertinten, Farben, Klebstoffen und Zementadditiven. Die Substanz lässt sich in vielen Gewässern in Deutschland im µg/l-Bereich nachweisen. Hohe Konzentrationen an TMDD werden häufig in den Abwässern von kommunalen Kläranlagen, aber auch in Abwässern der Papier-Recycling-Industrie und Fabriken zur Herstellung von Lack- und Druckfarben gemessen. Emissionen aus Haushalten, z. B. über recyceltes Toilettenpapier, sind eher gering [5.50].

TMDD wird in der Ruhr seit dem Jahr 2008 regelmäßig bestimmt und zählt zu den Stoffen mit hohen Frachten (Bild 5.4). Im Längsverlauf der Ruhr ist die Substanz ab der Probenahme-

stelle Brücke Oeventrop bei Fluss-km 175,32 in allen untersuchten Proben oberhalb der Bestimmungsgrenze von 0,01 µg/l nachweisbar. Die Maximalwerte, jeweils 2,6 µg/l im Raum Arnsberg bei Fluss-km 160,72 und 142,25, und auch der höchste Jahresmittelwert mit 1,1 µg/l wurden im Jahr 2015 im Bereich der oberen Ruhr gemessen. Hier sind ursächlich die Abläufe der Kläranlagen Arnsberg-Wildshausen und Arnsberg-Neheim zu nennen. Quellen für das TMDD, das in Kläranlagen eher schlecht zurückgehalten wird, dürften im Raum Arnsberg ansässige indirekt einleitende Industriebetriebe sein. Der Anteil der gewerblich industriellen Emissionen im Ruhreinzugsgebiet beträgt knapp 90 % [5.51].

Die Jahresfracht an TMDD in der Ruhr bei Essen-Rellinghausen ist für das Jahr 2015 mit einem Wert von 0,90 t höher als in den beiden Vorjahren davor. Seit Beginn der Untersuchungen im Jahr 2008 wurde nur im Jahr 2012 mit 1,1 t ein höherer Wert verzeichnet.

Triclosan

Triclosan wird in zahlreichen Personal-Care-Produkten, zur Flächen-desinfektion und zur antimikrobiellen Ausrüstung von Textilien verwendet. Die Substanz ist unter anderem als chronisch toxisch für die aquatische Umwelt eingestuft. Durch die Änderung [5.52] der EG-Verordnung über kosmetische Mittel [5.53] darf Triclosan nach der Umsetzung in nationales Recht ab Mitte des Jahres 2015 nur noch in kosmetischen Produkten enthalten sein, die nicht auf dem menschlichen Körper verbleiben. Zulässig ist ein Anteil von bis zu 0,3 % z.B. in Duschgelen, Seifen und Zahnpasten, nicht aber in Cremes. Zusätzlich büßt Triclosan ab Januar 2016 seine Zulassung als Biozid in Produkten für die menschliche Hygiene ein [5.54]. Betroffene Produkte dürfen noch bis Januar 2017 vermarktet werden.

Triclosan ist als flussgebietsspezifischer Schadstoff mit einer JD-UQN von 0,02 µg/l Bestandteil der OGewV. Der Wert von 0,02 µg/l leitet sich vom niedrigsten, ermittelten NOEC-Wert (no observed effect concentration) für Algen unter Einbeziehung eines vorgegebenen Sicherheitsfaktors von 10 ab [5.55].

Die mittlere Konzentration an Triclosan bei Essen-Rellinghau-

sen lag im Jahr 2015 bei 0,0081 µg/l und ist somit im Vergleich zum Jahr 2014 geringer. An dieser Probenahmestelle konnte in 92 % der untersuchten Proben (n = 49) Triclosan oberhalb der Bestimmungsgrenze von 0,001 µg/l nachgewiesen werden. Im Längsverlauf der Ruhr ist ein nahezu kontinuierliches Anwachsen der Konzentration zu beobachten. Mit 0,0083 µg/l wurde der höchste Jahresmittelwert aller 13 untersuchten Probenahmestellen an der Überwachungsstation Essen-Werden gemessen. Damit wird der oben erwähnte JD-UQN der OGeV aber sicher eingehalten. Die zugehörige ZHK-UQN (zulässige Höchstkonzentration) von 0,2 µg/l wurde unterschritten. Der maximale Wert in der Ruhr (Essen-Rellinghausen) betrug lediglich 0,025 µg/l. Aufgrund der geschilderten gesetzlichen Regelungen seitens der EU ist in Zukunft mit weiter sinkenden Triclosan-Konzentrationen im Ruhrwasser zu rechnen.

- [5.50] Guedez, 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
- [5.51] 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
- [5.52] *Verordnung (EU) Nr. 358/2014 der Kommission vom 9. April 2014 zur Änderung der Anhänge II und V der Verordnung (EG) Nr. 1223/2009 des Europäischen Parlaments und des Rates über kosmetische Mittel*, ausgegeben am 10.4.2014
- [5.53] *Verordnung (EG) Nr. 1223/2009 des Europäischen Parlaments und des Rates vom 30. November 2009 über kosmetische Mittel*, ausgegeben am 22.12.2009
- [5.54] *Durchführungsbeschluss (EU) 2016/110 der Kommission vom 27. Januar 2016 zur Nichtgenehmigung von Triclosan als altem Wirkstoff zur Verwendung in Biozidprodukten der Produktart 1*, ausgegeben am 28.1.2016
- [5.55] *LAWA Expertenkreis "Stoffe" Stoffdatenblatt: Triclosan*, Stand 17.03.2010

6 Hydrobiologische Untersuchungen der Ruhr und ihrer Nebengewässer

Untersuchungen des 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“) [6.1]. 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 Siedlungsentswässerung 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.

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 199,6) wird sie zum Mittelgebirgsfluss (LAWA-Gewässertyp 9 „Silikatischer Mittelgebirgsfluss“), der sich ab dem Zufluss der Röhre (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 gestaute Bereiche überwiegen. In diesen Ruhrabschnitten ist das gute ökologische Potenzial das Entwicklungsziel und nicht die Erreichung des guten ökologischen Zustands.

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

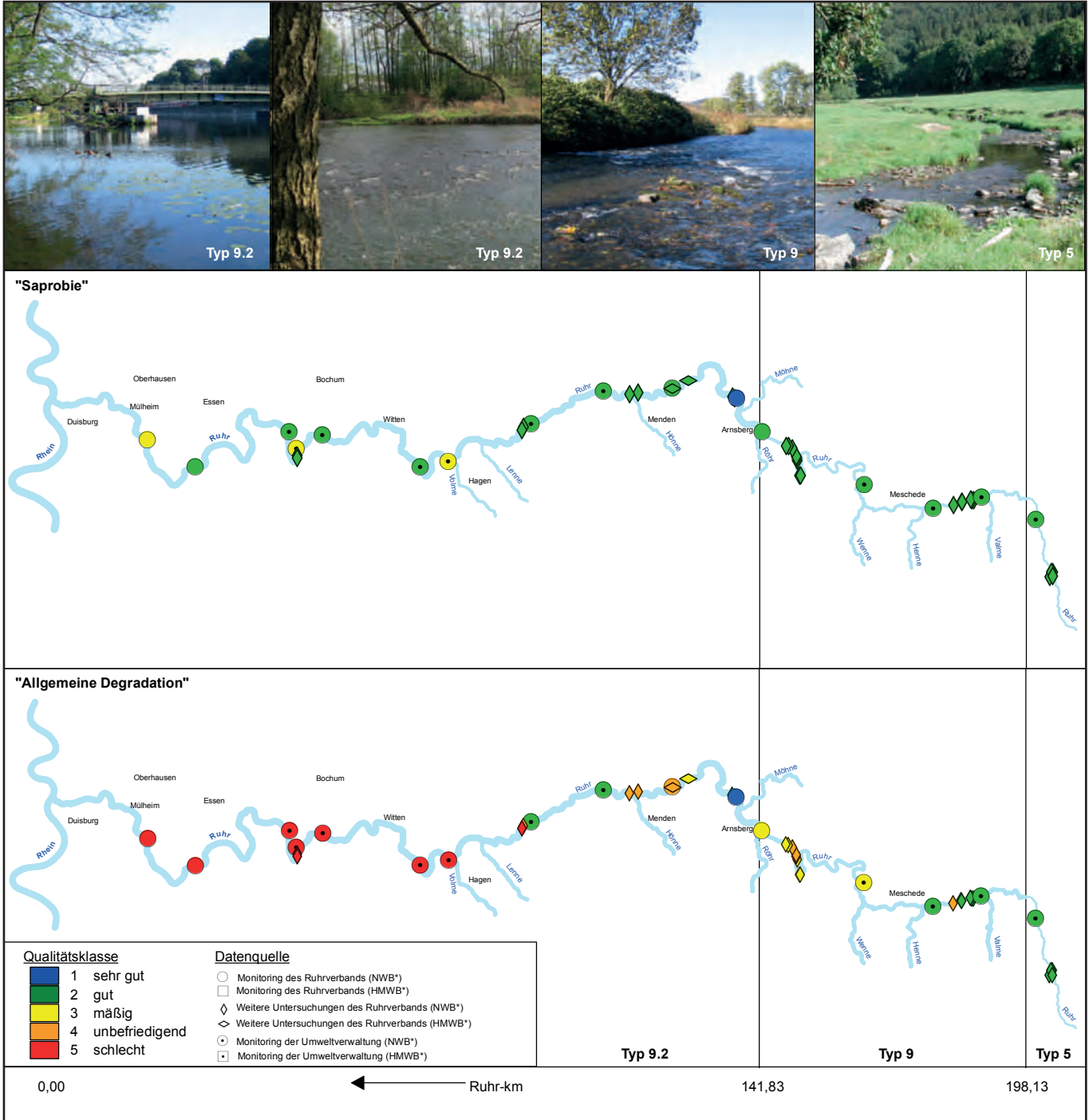


Bild 6.1: Ökologischer Gewässerzustand – Makrozoobenthos (Module Saprobie und Allgemeine Degradation) im Fließverlauf der Ruhr 2010 bis 2015. Ergebnisse „Monitoring der Umweltverwaltung“: Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz © Land NRW, Recklinghausen, <http://www.lanuv.nrw.de> Quelle: Geobasisdaten der Kommunen und des Landes NRW © Geobasis NRW 2014

Fig. 6.1: Ecological status – macrozoobenthos (modules saprobic index and general degradation) along the course of the Ruhr, 2010 to 2015. Results „Monitoring der Umweltverwaltung“: Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz © Land NRW, Recklinghausen, <http://www.lanuv.nrw.de> Source: Geobasisdaten der Kommunen und des Landes NRW © Geobasis NRW 2014

In Bild 6.1 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 2010 bis 2015. Von den 44 dargestellten Probenahmestellen wurden im Jahr 2015 elf Stellen untersucht.

Die Ruhr zeigt saprobiell fast durchgängig einen guten bzw. an einer Stelle unterhalb des Möhnezufusses einen sehr guten Zustand. Drei Stellen im Bereich der unteren Ruhr in Herdecke an der Ruhrbrücke (2013: SI = 2,26), in Hattingen an einer neuen Probenahmestelle oberhalb des Pegels (2015: SI = 2,30) und an der Mendener Brücke (2010: SI = 2,30) überschritten knapp die gewässertypische Klassengrenze für den guten saprobiellen Zustand von 2,25.

Die Bewertung im Modul Allgemeine Degradation zeigt im Oberlauf der Ruhr von der Quelle bis Arnberg-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. Die Probenahmestelle des operativen Monitorings unterhalb von Bestwig weist gegenüber der letzten Beprobung eine Verbesserung von einer mäßigen zur guten Bewertung auf. Diese Ergebnisse dokumentieren die Erfolge in den von der Gemeinde Bestwig naturnah umgestalteten Abschnitten der Ruhr, insbesondere des im Sommer 2014 abgeschlossenen umfangreichen Bauabschnitts in Hennenohl (Bild 6.2).



Bild 6.2: Ruhr in Bestwig – Renaturierungsabschnitt Hennenohl, Foto © LANUV NRW
Fig. 6.2: Ruhr at Bestwig – renaturation section Hennenohl, photo © LANUV NRW



Bild 6.3: Larve von *Cheumatopsyche lepida* (Köcherfliege)
Fig. 6.3: *Cheumatopsyche lepida* (caddisfly) larva

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 herausragende 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. Aktuelle Ergebnisse aus dem Jahr 2015 haben für diese Probenahmestelle wiederum die sehr gute Bewertung hinsichtlich der Saprobie (SI = 1,78) und der Allgemeinen Degradation (Index = 0,88) bestätigt. Neben zahlreichen gewässertypspezifischen Arten stellt der Fund der Köcherfliegenlarve *Cheumatopsyche lepida* eine Besonderheit dar (Bild 6.3). Diese anspruchsvolle Art ist aufgrund ihrer Seltenheit in NRW vom Aussterben bedroht [6.2].

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.

[6.2] Wichard, W., Robert, B.: Rote Liste der gefährdeten Köcherfliegen (Trichoptera) in Nordrhein-Westfalen; 3. Fassung, Stand Mai 1997 in Landesanstalt für Ökologie, Bodenordnung und Forsten/ Landesamt für Agrarordnung NRW (Hrsg.): LÖBF-Schriften Reihe 17, 644 S., 1999

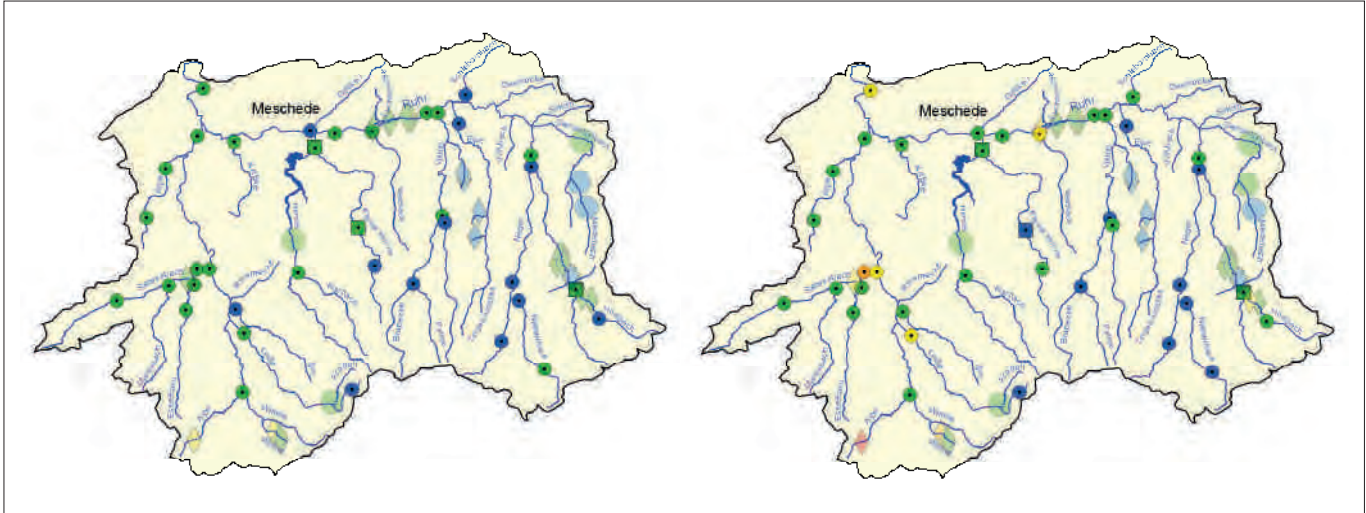


Bild 6.6: Ökologischer Gewässerzustand – Makrozoobenthos, Ausschnittskarten der Planungseinheit Obere Ruhr 2 (PE 1700). Links: Modul Saprobie, rechts: Modul Allgemeine Degradation. Kleine, intensiv gefärbte Symbole = 2015, große, schwach gefärbte Symbole = 2010 bis 2014. Quelle: Geobasisdaten der Kommunen und des Landes NRW © Geobasis NRW 2014

Fig. 6.6: 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 = 2015, large, lightly coloured symbols = 2010 to 2014. Source: Geobasisdaten der Kommunen und des Landes NRW © Geobasis NRW 2014

Hydrobiologische Untersuchungen gemäß EG-WRRL in den Gewässern der Planungseinheiten

Im Rahmen des kooperativen Gewässermonitorings lag im Jahr 2015 seitens des Ruhrverbands der Schwerpunkt der hydrobiologischen Untersuchungen auf den Planungseinheiten Obere Ruhr 1 und Möhne, während das LANUV NRW in der Planungseinheit Obere Ruhr 2 untersucht hat. Darüber hinaus fanden im Jahr 2015 im Rahmen des IEP-Programms des Ruhrverbands schwerpunktmäßig Untersuchungen in den Planungseinheiten Möhne und Untere Ruhr statt.

Die Bilder 6.4 und 6.5 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, 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 [6.3].

Die Gewässerzustandskarten basieren auf Untersuchungen, die in den Jahren 2010 bis 2015 durchgeführt wurden. Alle Daten aus Untersuchungen aus dem Jahr 2009 wurden entfernt bzw. durch neuere Ergebnisse ersetzt. Die Karten repräsentieren daher den Gewässerzustand der letzten sechs Jahre und umfassen 652 Probenahmestellen. Im Jahr 2015 wurden

vom Ruhrverband 100 Probenahmestellen hydrobiologisch untersucht. Diese Ergebnisse sowie die Daten von 49 Probenahmestellen des operativen Monitorings durch das LANUV NRW aus den Jahren 2014/15 wurden bei der Aktualisierung der vorliegenden Gewässerzustandskarten berücksichtigt.

Im Folgenden werden die Ergebnisse aus dem Jahr 2015 im Vergleich zu den Ergebnissen aus den zurückliegenden Jahren 2010 bis 2014 in Ausschnittskarten dargestellt und diskutiert.

Planungseinheit Obere Ruhr 2 (Bild 6.6)

Für eine große Mehrheit der Probenahmestellen bestätigen die vom LANUV aus den Wiederholungsmessungen im Jahr 2015 erzielten Ergebnisse die früheren Befunde des sehr guten bzw. guten saprobiellen Zustands. An sieben von 38 Probenahmestellen konnte eine Verbesserung vom guten zum sehr guten saprobiellen Zustand festgestellt werden. In dieser Planungseinheit zeigen zwei Befunde aus dem Jahr 2012 in zwei kleinen Nebenbächen der Wenne, in der Arpe und der Weiste, einen mäßigen saprobiellen Zustand. In diesem Gebiet erfolgt eine differenzierte Immissionsanalyse (IEP) der Misch- und Trennsystemeinleitungen der Kläranlagen Schmallenberg-Wormbach und Schmallenberg-Bracht, die zu einer Klärung der Ursache der saprobiellen Belastung führen soll.

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

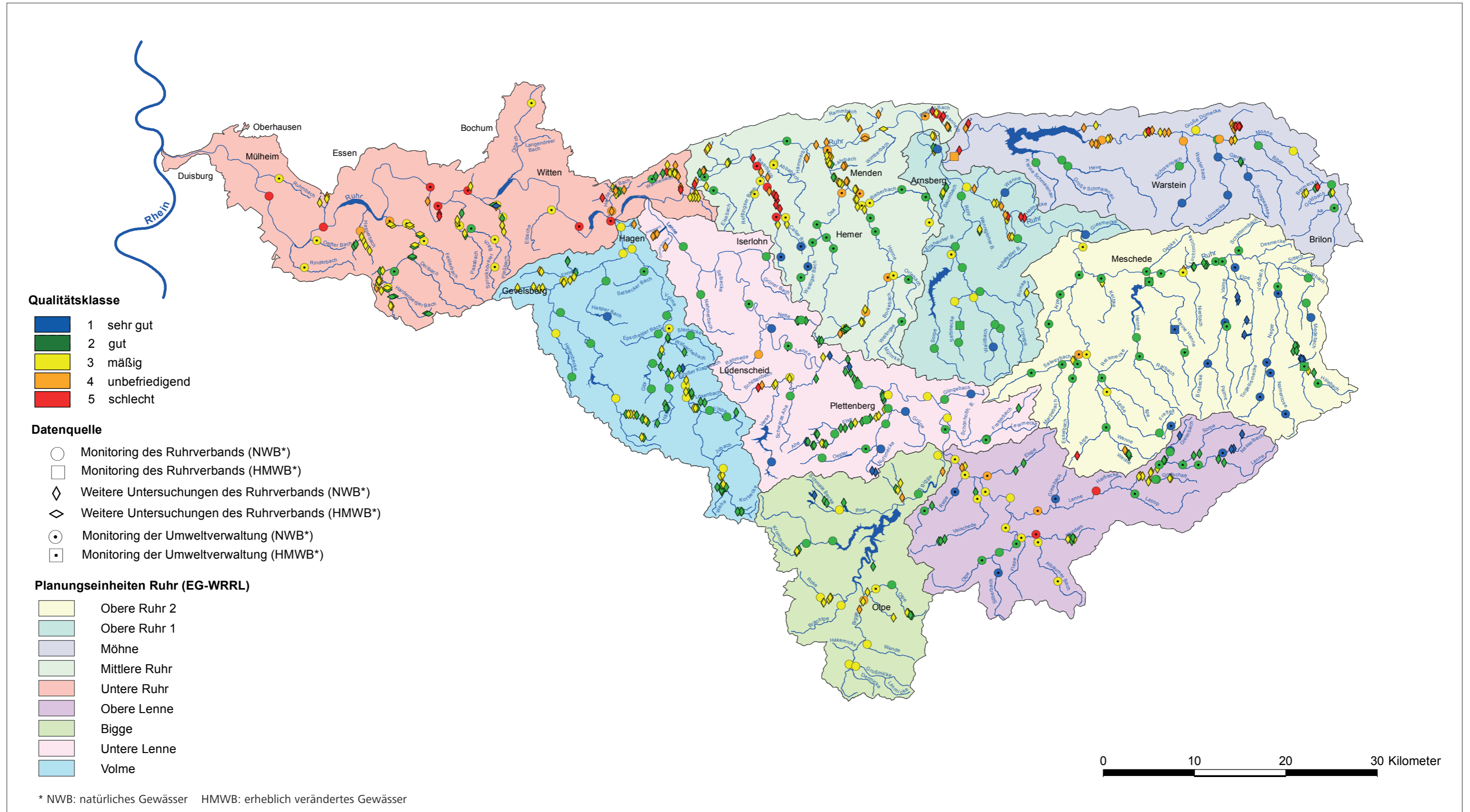


Bild 6.5: Ökologischer Gewässerzustand im Ruhrinzugsgebiet – Makrozoobenthos (Modul Allgemeine Degradation), 2010 bis 2015. Ergebnisse „Monitoring der Umweltverwaltung“: Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz © Land NRW, Recklinghausen, <http://www.lanuv.nrw.de>
 Quelle: Geobasisdaten der Kommunen und des Landes NRW © Geobasis NRW 2014
 Fig. 6.5: Ecological status in the Ruhr catchment area – macrozoobenthos (module general degradation), 2010 to 2015. Results „Monitoring der Umweltverwaltung“: Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz © Land NRW, Recklinghausen, <http://www.lanuv.nrw.de>
 Source: Geobasisdaten der Kommunen und des Landes NRW © Geobasis NRW 2014

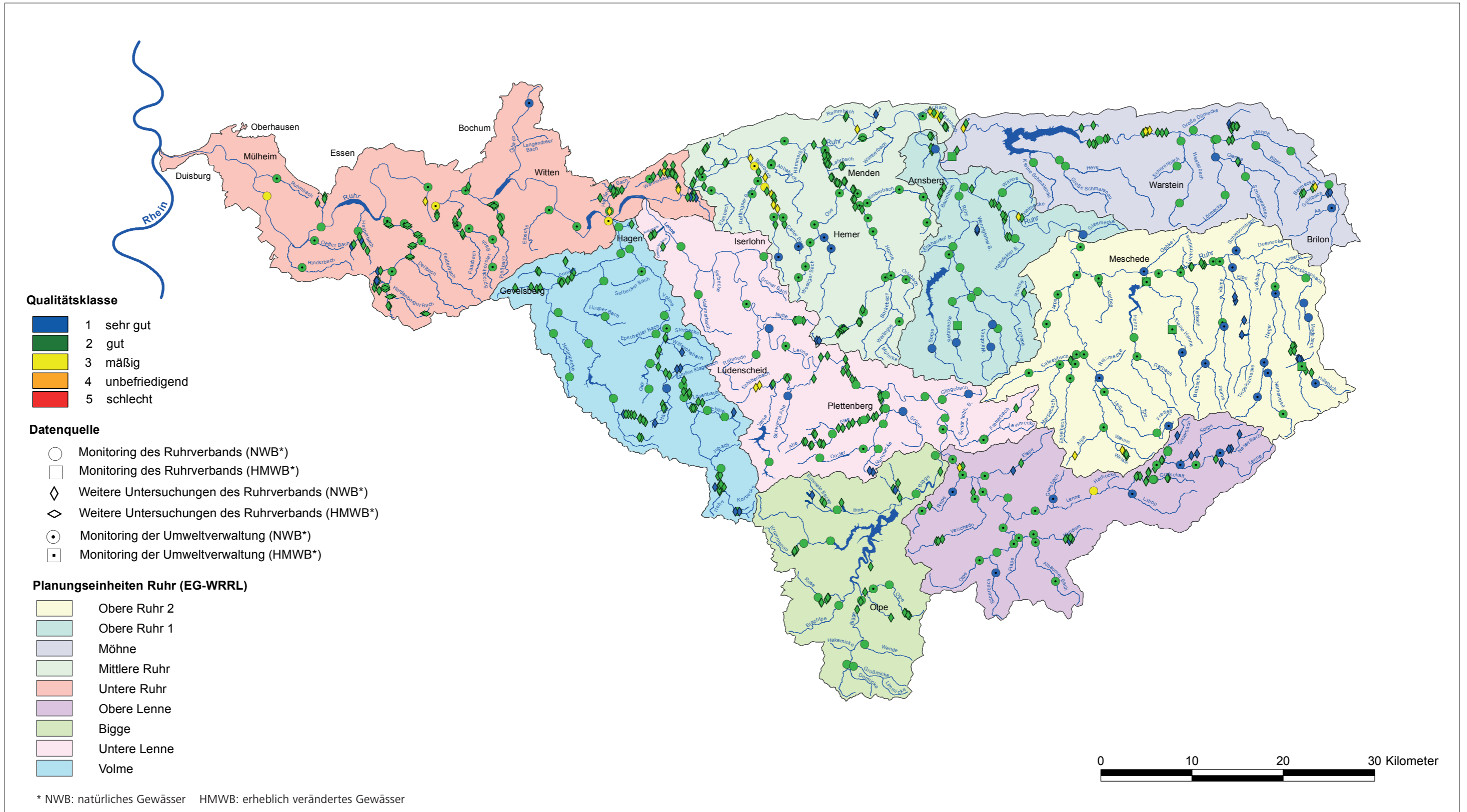


Bild 6.4: Ökologischer Gewässerzustand im Ruhrinzugsgebiet – Makrozoobenthos (Modul Saprobie), 2010 bis 2015. Ergebnisse „Monitoring der Umweltverwaltung“: Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz © Land NRW, Recklinghausen, <http://www.lanuv.nrw.de>
 Quelle: Geobasisdaten der Kommunen und des Landes NRW © Geobasis NRW 2014
 Fig. 6.4: Ecological status in the Ruhr catchment area – macrozoobenthos (module saprobic index), 2010 to 2015. Results „Monitoring der Umweltverwaltung“: Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz © Land NRW, Recklinghausen, <http://www.lanuv.nrw.de>
 Source: Geobasisdaten der Kommunen und des Landes NRW © Geobasis NRW 2014

An einer Probenahmestelle am Salveybach ergibt sich in diesem Jahr eine gute saprobielle Bewertung. Für diesen Bach, der dem Gewässertyp 5 entspricht, liegt die gewässertypspezifische Klassengrenze für einen guten Zustand bei einem Saprobienindex von 2,00. Dieser Wert wurde im Unterlauf des Bachs, bevor er in die Wenne mündet, mit einem Saprobienindex von 1,99 gering unterschritten. Bei der früheren Untersuchung im Jahr 2012 wurde ein Saprobienindex von 2,06 bestimmt. Der Bach befindet sich hier also im Grenzbereich zwischen einem guten und mäßigen Zustand. Hinsichtlich der Allgemeinen Degradation bestätigt sich an dieser Probenahmestelle im Jahr 2015 wiederum der unbefriedigende Zustand mit einem niedrigen Index von 0,33 (im Jahr 2012: 0,32). Die Lebensgemeinschaft des Makrozoobenthos wird von Ubiquisten mit zumeist geringen Ansprüchen an ihren Lebensraum dominiert. In der überwiegenden Zahl kommen strömungsindifferente Arten vor. Der Anteil der zumeist anspruchsvollen Ephemeroptera, Plecoptera und Trichoptera-Arten (EPT-Arten) ist mit 38 % für den hier vorliegenden Gewässertyp deutlich zu gering. Rheophile (strömungsbevorzugende) bzw. rheobionte (ausschließlich in stark fließenden Gewässern lebende) Arten fehlen fast vollständig und weisen auf eine Störung der Strömungsverhältnisse hin. Als Störanzeiger treten in hoher Abundanz *Asellus aquaticus* (Wasserassel), Tubifiziden (Schlammröhrenwürmer), Chironomiden (Zuckmücken) und *Erpobdella octoculata* (Rollegel) auf.

Besonders positiv fallen die Neger und ihr Nebenbach Namenlose auf. Beide Gewässer zeigen eine sehr arten- und individuenreiche Makrozoobenthosfauna, die an fast allen Probenahmestellen bei Saprobienindizes zwischen 1,39 und 1,42 zu einer sehr guten Bewertung führt. Eine Stelle im Oberlauf der Namenlosen südlich von Silbach wird rechnerisch bei einem Saprobienindex von 1,45 zwar mit „gut“ beurteilt, liegt aber genau auf der Klassengrenze zu „sehr gut“. Bezüglich der Allgemeinen Degradation weisen alle Probenahmestellen einen sehr guten Zustand auf. Diverse Leitarten des Gewässertyps 5 konnten hier nachgewiesen werden. Hierzu zählen die sehr anspruchsvollen Steinfliegen *Perla marginata* und *Dinocras cephalotes* ebenso wie die Eintagsfliege *Baetis alpinus*.

Weitere Probenahmestellen mit einer „sehr guten“ Bewertung im Jahr 2015 sowohl für die Saprobie als auch für die Allgemeine Degradation liegen in der Elpe, der Leisse und der Palme.

An der Wenne vor Mündung in die Ruhr ergibt die aktuelle Bewertung der Allgemeinen Degradation bei einem Index von 0,67 einen guten Zustand. In der Vergangenheit wurden hier stark wechselnde, und zwar sowohl gute (im Jahr 2011) als auch unbefriedigende (in den Jahren 2009 und 2012), Zustände ermittelt. Die im Jahr 2009 im Einzugsgebiet der Kläranlage Arnsberg-Wildshausen durchgeführte differenzierte Immissionsanalyse hatte für die hier vorliegenden Einleitungen der Siedlungsentwässerung eine Einhaltung der rechnerischen Zielvorgaben entsprechend dem Merkblatt BWK M3 ergeben [6.4]. Zur Klärung der Ursache für den Zustandswechsel ist daher eine weitergehende Analyse erforderlich.

Nur drei Gewässerabschnitte – in der Henne, in der Kleinen Henne und im Hillebach – sind in dieser Planungseinheit als HMWB ausgewiesen. Die Bewertung hinsichtlich der Allgemeinen Degradation führt an den Probenahmestellen in der Henne und im Hillebach zu einem guten und in der Kleinen Henne in Drasenbeck zu einem sehr guten ökologischen Potenzial.

An fast allen Probenahmestellen (97 %) weist die Planungseinheit Obere Ruhr 2 zusammenfassend einen sehr guten bzw. guten saprobiellen Zustand auf. Auch mit Blick auf die Allgemeine Degradation ist eine Vielzahl der hier untersuchten Gewässer (84 %) in einem guten oder sogar sehr guten Zustand bzw. weist ein gutes ökologisches Potenzial auf.

Planungseinheit Obere Ruhr 1 (Bild 6.7)

In dieser Planungseinheit lag im Jahr 2015 ein Schwerpunkt der Untersuchungen. So wurden vom Ruhrverband Wiederholungsmessungen im Rahmen des operativen Monitorings an 17 der hier dargestellten 38 Probenahmestellen vorgenommen. Die Befunde bestätigen den guten und sehr guten saprobiellen Zustand an 97 % der Probenahmestellen in diesem Einzugsgebiet. In der Giesmecke und im Waldbach kann im Jahr 2015 sogar eine Verbesserung des saprobiellen Zustands von „gut“ nach „sehr gut“ festgestellt werden.

Besonders erwähnenswert ist der Waldbach. Hier wurde im Jahr 2015 im Oberlauf ein Saprobienindex von 1,40 bestimmt, was bei dem hier vorliegenden Gewässertyp 5 einem sehr guten Zustand entspricht. Der naturnahe Zustand des Bachs spiegelt sich bei einem Index von 0,86 auch in der sehr guten Bewertung der Allgemeinen Degradation wider (Bild 6.8). Dies stellt gegenüber 2012 für beide Module eine Verbesserung der Bewertungsklasse dar (im Jahr 2012: SI = 1,48 und für die Allgemeine Degradation Index = 0,76, entsprechend einer Einstufung für beide Module in „gut“). Es fand sich eine Vielzahl gewässertypspezifischer Leitarten. Hierzu zählen die große und wegen ihres mehrjährigen Entwicklungszyklus sehr anspruchsvolle Steinfliege *Dinocras cephalotes* [Bild 6.9] ebenso wie die Eintagsfliege *Baetis alpinus*, die Köcherfliegen *Philopotamus ludificatus* und *Micrasema longulum* und die Kriebelmücke *Simulium argyreatum*. Bemerkenswert ist auch der Fund der seltenen Köcherfliegenlarve *Tinodes rostocki* [Bild 6.10].

Hervorzuheben ist auch die Giesmecke, die im Natura 2000-Gebiet Arnsberger Wald entspringt und durch das Naturschutzgebiet Giesmecketal fließt, bis sie nach einer Lauflänge von rund 6 km nahe Wildshausen in die Ruhr mündet. Der kleine Mittelgebirgsbach ist überwiegend von Bäumen beschattet und zeigt eine besonders positive Entwicklung der Makrozoobenthoszönose. Während die Untersuchungsergeb-

[6.4] Ruhrverband: *Integrale Entwässerungsplanung, Immissionsbetrachtung, Kläranlage Arnsberg-Wildshausen Gesamteinzugsgebiet, unveröffentlicht, 2009*

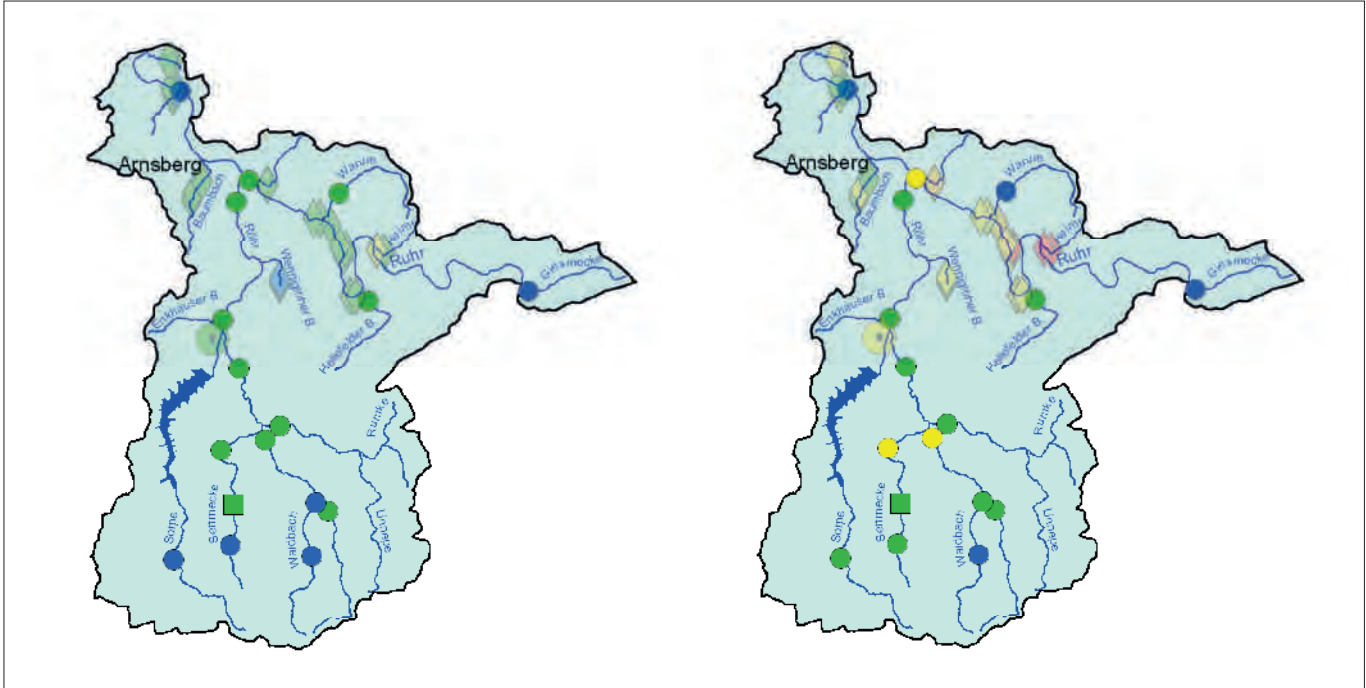


Bild 6.7: Ökologischer Gewässerzustand – Makrozoobenthos, Ausschnittskarten der Planungseinheit Obere Ruhr 1 (PE 1600). Links: Modul Saprobie, rechts: Modul Allgemeine Degradation. Kleine, intensiv gefärbte Symbole = 2015, große, schwach gefärbte Symbole = 2010 bis 2014. Quelle: Geobasisdaten der Kommunen und des Landes NRW © Geobasis NRW 2014
 Fig. 6.7: 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 = 2015, large, lightly coloured symbols = 2010 to 2014. Source: Geobasisdaten der Kommunen und des Landes NRW © Geobasis NRW 2014

nisse im Jahr 2008 hinsichtlich der Allgemeinen Degradation eine nur mäßige Zustandsbewertung ergaben, verbesserte sich die Bewertung über knapp „sehr gut“ im Jahr 2012 (Index von 0,84) auf deutlich „sehr gut“ im Jahr 2015 (Index von 0,92). Auch die Bewertung der Saprobie zeigte im Jahr 2015 bei einem Saprobienindex von 1,35 deutlich einen sehr guten Zustand. Es kamen viele Reinwasserarten mit hohem Anspruch an ausreichende Strömung, hohe Sauerstoffgehalte und niedrige Wassertemperaturen vor. Hierzu zählen die Larven der

Steinfliegen *Perla marginata*, *Leuctra braueri* und *Dinocras cephalotes*, der Köcherfliegen *Philopotamus ludificatus*, *Rhyacophila tristis*, *Oecismus monedula* und der Lidmücke *Liponeura cinerascens*. Der sehr hohe Anteil an EPT-Arten von 65 % indiziert eine große Strukturvielfalt und eine natürliche Habitatzusammensetzung im Gewässer, geprägt durch den hohen Waldanteil im Einzugsgebiet des Baches. Während im Jahr 2009 mit einem Jahresmittelwert von 26 µg/l erhöhte Zinkgehalte (Maximalwert von 70 µg/l) gemessen wurden, ergaben die Befunde im Jahr 2012 einen Jahresmittelwert von 6 µg/l (Maximalwert von 10 µg/l), für das Jahr 2015 lagen keine Analysendaten vor. Die in den Jahren 2008 und 2012 festgestellten leichten Defizite in der Artenzusammensetzung, wie z.B. das Fehlen oder die geringe Abundanz von schwermetall-empfindlichen Gammariden (Flohkrebse), traten im Jahr 2015 nicht mehr auf.



Bild 6.8: Waldbach, ein Nebenbach der Röhre
 Fig. 6.8: The Waldbach, a tributary to the Röhre

Als einer der wenigen Gewässerabschnitte in dieser Planungseinheit ist die Sorpe unterhalb der Sorpetalsperre als HMWB mit der Nutzungsfallgruppe Landentwässerung und Hochwasserschutz (LuH) eingestuft, da das Gewässer wesentlich durch den Betrieb der Sorpetalsperre beeinflusst ist. Zur Verbesserung der Gewässerstruktur fand hier im Spätsommer 2014 eine umfangreiche Renaturierungsmaßnahme durch die Stadt Sundern in Zusammenarbeit mit dem Ruhrverband statt (Bild 6.11). Die Ergebnisse der Makrozoobenthosuntersuchungen aus dem Jahr 2015 stellen daher den Zustand der Erstbesied-



Bild 6.9: Larve der Steinfliege *Dinocras cephalotes*
 Fig. 6.9: Larva of the stonefly *Dinocras cephalotes*



Bild 6.10: Larve der Köcherfliege *Tinodes rostocki*
 Fig. 6.10: Larva of the caddisfly *Tinodes rostocki*

lung wenige Monate nach der Umgestaltung dieses Gewässerabschnitts dar. Aufgrund der geringen Abundanzen (84 Tiere pro Quadratmeter) und wenigen Taxa ist eine gesicherte Bewertung weder für die Saprobie noch für die Allgemeine Degradation möglich. Trotzdem zeigen die schon vorkommenden Tiere, dass die neu gestaltete Sorpe ein gutes Wiederbesiedlungspotenzial aufweist. So konnten anspruchsvolle EPT-Taxa, wie z.B. die Steinfliegen *Amphinemura* und *Nemoura* und selbst die totholzbesiedelnde Köcherfliege *Lepidostoma basale* nachgewiesen werden. Zur Verifizierung des Erfolgs der Umgestaltung ist eine Wiederholungsprüfung im Jahr 2017 geplant. Die hier dargestellten Ergebnisse (Saprobie „gut“ und Allgemeine Degradation „mäßig“) beziehen sich auf die gesicherten Befunde aus dem Jahr 2012, die noch als NWB nach dem ökologischen Zustand bewertet wurden.

Die Settmecke (LAWA-Gewässertyp 5) mit ihren im Oberlauf als Stockumer Bach bezeichneten Gewässerabschnitten ist durch heterogene Bewertungen geprägt. So zeigt der Stockumer Bach im Oberlauf an der Probenahmestelle oberhalb von Dörnholthausen bei einem sehr guten saprobiellen Zustand (Saprobienindex von 1,40) hinsichtlich der Bewertung der Allgemeinen Degradation einen guten ökologischen Zustand (Index von 0,75). Der Stockumer Bach in Stockum ist als HMWB mit der Nutzungsfallgruppe Bebauung und Hochwasserschutz ohne Vorland (BoV) eingestuft. Die Bewertung der Allgemeinen Degradation ergibt nunmehr ein gutes ökologisches Potenzial, während sich an der Probenahmestelle im Unterlauf der Settmecke (als NWB) die frühere mäßige Bewertung des ökologischen Zustands hinsichtlich der Allgemeinen Degradation im Jahr 2015 bestätigt.



Bild 6.11: Frisch renaturierte Sorpe bei Sundern-Hachen, unterhalb der Sorpetalsperre
 Fig. 6.11: Recently renaturated Sorpe river at Sundern-Hachen, downstream of the Sorpe Reservoir

Insgesamt zeigen hinsichtlich der Allgemeinen Degradation rund die Hälfte der Probenahmestellen der Planungseinheit Obere Ruhr 1 einen mäßigen (33 %), einen unbefriedigenden (13 %) und einige auch einen schlechten Zustand (8 %). 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 oder dementsprechendes ökologisches Potenzial ermittelt wurde.

Planungseinheit Möhne (Bild 6.12)

In dieser Planungseinheit lag im Jahr 2015 ein weiterer Schwerpunkt der Untersuchungen. So wurden vom Ruhrverband 28 der hier dargestellten 55 Probenahmestellen im Rahmen des operativen Monitorings und im Rahmen der „Integralen Entwässerungsplanung“ untersucht. Die Befunde bestätigen den überwiegend guten saprobiellen Zustand der Fließgewässer in diesem Einzugsgebiet.

Die Möhne, ein Nebenfluss der Ruhr, stellt sich saprobiell als weitestgehend gutes Gewässer dar. Hinsichtlich der Allgemeinen Degradation ist sie unterschiedlich zu beurteilen. Sowohl im Rahmen des operativen Monitorings als auch bei den kleinräumigen Untersuchungen der „Integralen Entwässerungspla-

nung“ wurden bis auf eine Probenahmestellen bei Wülfte alle Probenahmestellen in der Möhne mit „mäßig“ und schlechter beurteilt. In Wülfte hat sich die Bewertung im Modul Allgemeine Degradation von „mäßig“ nach „gut“ verbessert. Im Unterlauf, in dem das Abflussregime wesentlich durch den Betrieb der Möhnetalsperre geprägt und die Möhne daher als HMWB mit der Nutzungsfallgruppe Landentwässerung und Hochwasserschutz (LuH) ausgewiesen ist, zeigt das Ergebnis aus dem Jahr 2015 auch unter Berücksichtigung der verminderten Ziele nur ein unbefriedigendes Potenzial. Eine Ursache hierfür ist u.a. das vermehrte Vorkommen von Neozoen (*Echinogammarus berilloni*, *Dikerogammarus villosus*, *Potamopyrgus antipodarium*), die verfahrenskonform innerhalb des Bewertungssystems PERLODES pauschal negativ bewertet werden.

Hervorzuheben ist das Gewässersystem der Glenne mit ihren Nebenbächen Lörmecke und Schlagwasser. Diese kleinen Mittelgebirgsbäche fließen über weite Strecken durch Naturschutzgebiete und durch Flora-Fauna-Habitat-Gebiete [6.5]. So finden sich in diesen Bächen weitgehend naturnahe Gewässerstrukturen, die zu einer artenreichen, typspezifischen Makrozoobenthoszönose führen.

Die Glenne weist an der Probenahmestelle vor Mündung in die Möhne einen Saprobienindex von 1,57 (im Jahr 2012: SI = 1,60) auf. Dies entspricht für den hier vorliegenden

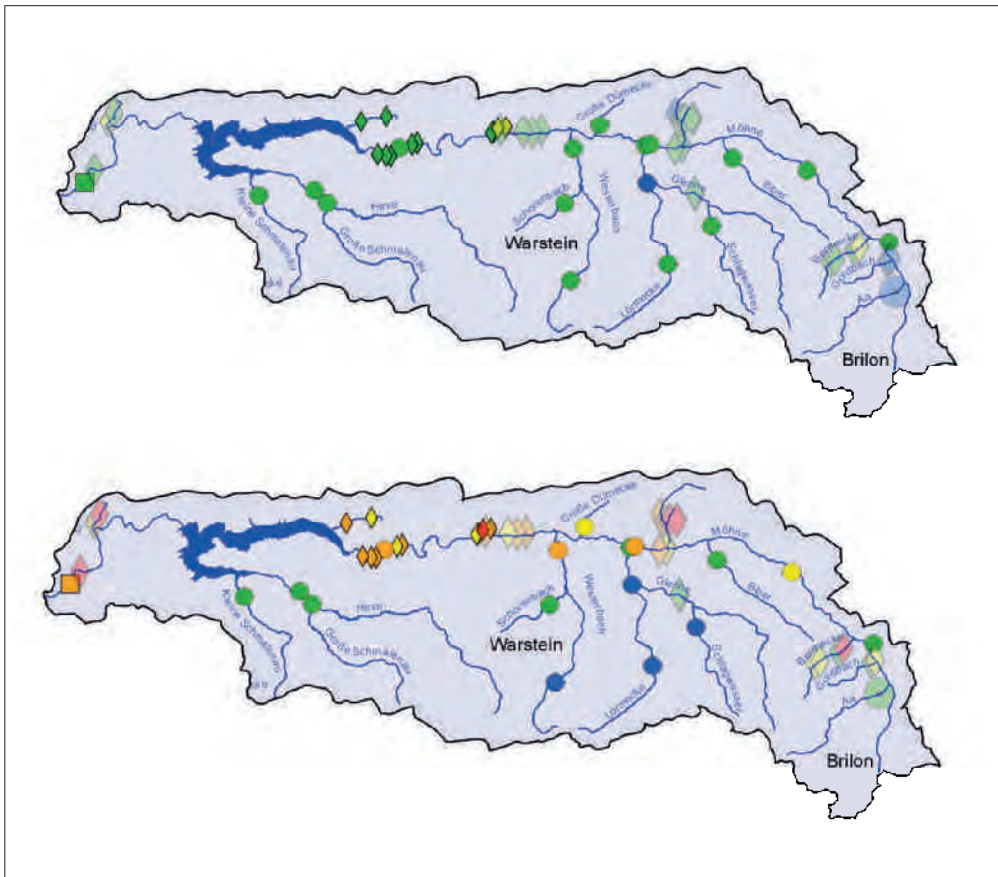


Bild 6.12: Ökologischer Gewässerzustand – Makrozoobenthos, Ausschnittskarten der Planungseinheit Möhne (PE 1800). Oben: Modul Saprobie, unten: Modul Allgemeine Degradation. Kleine, intensiv gefärbte Symbole = 2015, große, schwach gefärbte Symbole = 2010 bis 2014. Quelle: Geobasisdaten der Kommunen und des Landes NRW ©Geobasis NRW 2014

Fig. 6.12: Ecological status – macrozoobenthos, section maps of the planning unit Möhne (PE 1800). Above: module saprobic index; below: module general degradation. Small, deeply coloured symbols = 2015, large, lightly coloured symbols = 2010 to 2014. Source: Geobasisdaten der Kommunen und des Landes NRW © Geobasis NRW 2014



Bild 6.13: Schlagwasser, ein Nebenbach der Glenne
Fig. 6.13: The Schlagwasser, a tributary to the Glenne

„grobmaterialreichen, silikatischen Mittelgebirgsbach“ (LAWA-Typ 5) weiterhin einer Bewertung der Saprobie mit „gut“. Die Makrozoobenthosfauna ist sehr artenreich mit zahlreichen anspruchsvollen Reinwasserarten, wie z.B. der Eintagsfliege *Epeorus assimilis*, der Köcherfliege *Agapetus ochripes* und Steinfliegen der Gattungen *Protonemura*, *Amphinemura* und *Leuctra*. Die Qualitätskomponente Allgemeine Degradation ergibt an dieser Stelle bei einem Index von 0,76 eine deutlich gute Bewertung.

Bemerkenswert ist die Lörmecke, deren Bachverlauf vollständig im Naturschutzgebiet Lörmecketalsystem liegt und entsprechend naturnahe Gewässerstrukturen aufweist. Dies spiegelt sich in der Lebensgemeinschaft des Makrozoobenthos wider. So wurde an der Probenahmestelle vor Mündung in die Glenne ein Saprobienindex von 1,45 ermittelt, was entsprechend dem hier neu festgelegten Gewässertyp 7 („grobmaterialreicher, karbonatischer Mittelgebirgsbach“) einem sehr guten Zustand entspricht. Auch die Bewertung der Allgemeinen Degradation ergibt bei einem Index von 0,92 deutlich einen sehr guten Zustand. Der hohe Anteil an EPT-Taxa von 61 % weist hierbei auf hohe Strukturvielfalt und natürliche Habitatbedingungen im Gewässer hin. Es fanden sich zahlreiche gewässertypspezifische Arten, wie z.B. die Steinfliegenlarven *Perla marginata*, *Brachyptera risi* und *Protonemura sp.*, die Eintagsfliegenlarven *Epeorus assimilis*, *Ephemerella mucronata* und *Habroleptoides confusa* sowie die Köcherfliegenlarven *Odonotocerus albicorne* und *Sericostoma sp.*.

Hervorzuheben ist auch die Schlagwasser, die als kleiner Mittelgebirgsbach im Naturschutzgebiet Querbruch im Antfelder Wald entspringt und während der Hälfte ihres Verlaufs durch dieses Naturschutzgebiet fließt. Obwohl die Probenahmestelle im Unterlauf außerhalb des Naturschutzgebiets in der Nähe der Ortschaft Kallenhardt vor der Mündung in die Glenne liegt, zeigt diese Stelle durch die Strahlwirkung [6.6] des naturnahen Oberlaufs die charakteristische Makrozoobenthoszöno-

se eines naturnahen Waldbachs. So wurde hier u.a. *Ecclisopteryx madida*, eine durch ihre extreme Seltenheit in NRW potenziell vom Aussterben bedrohte Köcherfliege, im Einzugsgebiet der Glenne zum zweiten Mal nachgewiesen. Im Jahr 2014 erfolgte der Fund in der Glenne selbst, unterhalb des Zuflusses der Schlagwasser, womit die Schlagwasser als potenzielle Herkunftsquelle angenommen werden kann. Bei einem Saprobienindex von 1,50 wurde allerdings „nur“ ein guter saprobieller Zustand ermittelt. Dies ist vermutlich auf die Nutzung des Bachs als Viehtränke zurückzuführen, worauf die Trittschritte am und im Gewässer hindeuten (Bild 6.13). Hinsichtlich der Allgemeinen Degradation wurde bei einem Index von 0,84 dagegen eine sehr gute Bewertung ermittelt.

Während die Wester (auch Westerbach genannt) im Oberlauf oberhalb von Warstein entsprechend dem LAWA-Typ 5 bei einem Index von 0,87 wiederum eine Bewertung der Allgemeinen Degradation von „sehr gut“ aufweist, erreicht sie im Unterlauf in Belecke nur einen Index von 0,32, was für den hier vorliegenden „grobmaterialreichen, karbonatischen Mittelgebirgsbach“ (LAWA-Typ 7) eine Bewertung mit „unbefriedigend“ bedeutet. Im Jahr 2012 erfolgte die Bewertung der Allgemeinen Degradation in diesem Wasserkörper noch mit „gut“ (Index von 0,63). Diese Bewertung beruht jedoch auf einer anderen Untersuchungsstelle, die damals im Mühlengraben lag, in den der überwiegende Teil des abfließenden Wassers aus der Wester zum Betrieb einer historischen Mühle abgeleitet wird. Zur Klärung der Ursache dieser um zwei Qualitätsklassen schlechteren Bewertung der Allgemeinen Degradation sind weitere investigative Untersuchungen empfehlenswert.

Insgesamt zeigen hinsichtlich der Allgemeinen Degradation die größeren Nebengewässer der Möhne überwiegend einen guten oder sehr guten Zustand. Die Möhne selbst wird – auch bei der kleinräumigen Betrachtung im Rahmen der Integralen Entwässerungsplanung – zumeist mit „mäßig“ und schlechter bewertet.

Planungseinheit Mittlere Ruhr (Bild 6.14)

In dieser Planungseinheit fanden im Jahr 2015 im Rahmen der „Integralen Entwässerungsplanung“ des Ruhrverbands an fünf Probenahmestellen Untersuchungen statt. Die beiden Probenahmestellen in der Hönne im Umfeld der Kläranlage Neuenrade wiesen einen guten saprobiellen Zustand auf. Die Hönne ist hier als HMWB mit der Nutzungsfallgruppe Bebauung und Hochwasserschutz mit Vorland (BmV) ausgewiesen. Eine entsprechende Bewertung der Allgemeinen Degradation führt zu

[6.5] Richtlinie 92/43/EWG des Rates vom 21. Mai 1992 zur Erhaltung der natürlichen Lebensräume sowie der wildlebenden Tiere und Pflanzen (Fauna-Flora-Habitat-Richtlinie), zuletzt geändert am 10.06.2013

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

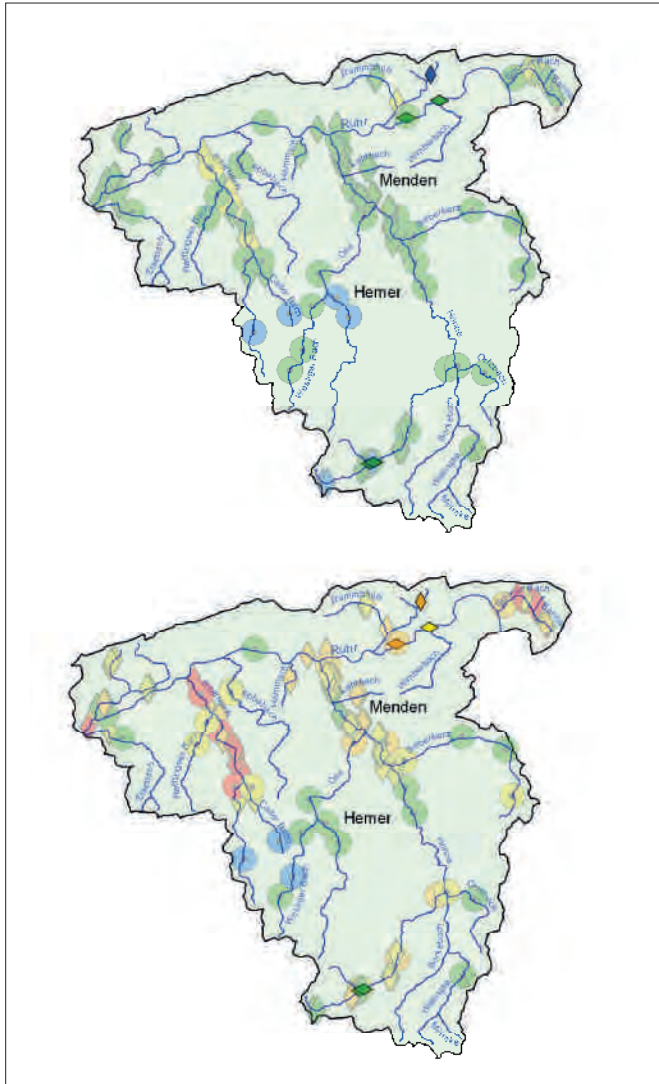


Bild 6.14: Ökologischer Gewässerzustand – Makrozoobenthos, Ausschnittskarten der Planungseinheit Mittlere Ruhr (PE 1500). Oben: Modul Saprobie, unten: Modul Allgemeine Degradation. Kleine, intensiv gefärbte Symbole = 2015, große, schwach gefärbte Symbole = 2010 bis 2014. Quelle: Geobasisdaten der Kommunen und des Landes NRW © Geobasis NRW 2014

Fig. 6.14: 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 = 2015, large, lightly coloured symbols = 2010 to 2014. Source: Geobasisdaten der Kommunen und des Landes NRW © Geobasis NRW 2014

einem guten Potenzial. In der Ruhr bei Wickede unterhalb des renaturierten Abschnitts sowie im Wiehagener Wasser, einem kleinen Nebengewässer der Ruhr im Bereich der Kläranlage Wickede, führen die ermittelten Saprobienindizes sicher zu einer Einstufung in „gut“ bzw. „sehr gut“. Die Ruhr ist hier als HMWB mit der Nutzungsfallgruppe Wasserkraft (Wkr) ausgewiesen, was für die beiden Probenahmestellen bei der Bewertung der Allgemeinen Degradation zu einem mäßigen bzw. unbefriedigenden Potenzial führt.

Von den insgesamt 113 Probenahmestellen befinden sich zusammenfassend 90 % 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.

Planungseinheit Untere Ruhr (Bild 6.15)

Von den 108 Probenahmestellen sind 50 Stellen dieser Planungseinheit im Jahr 2015 im Rahmen der „Integralen Entwässerungsplanung“ vom Ruhrverband und eine neue Stelle in der Ruhr oberhalb des Pegels Hattingen im Rahmen des operativen Monitorings vom LANUV untersucht worden. Die meisten der Nebengewässer in diesem Abschnitt der Ruhr zeigen einen guten saprobiellen Zustand. Für einige kleine Zuflüsse des Hardenberger Bachs ergab sich auch eine sehr gute Bewertung. Die wenigen mit „mäßig“ beurteilten Probenahmestellen betreffen u.a. die Ruhr selbst sowie den Wannebach und einige seiner kleinen Zuflüsse. Diese Planungseinheit weist an 93 % der Probenahmestellen einen sehr guten oder guten saprobiellen Zustand auf.

Die überwiegende Mehrzahl der Nebengewässer (76 %) 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 Großteil der Nebengewässer und die Ruhr selbst sind in dieser Planungseinheit daher als HMWB ausgewiesen. So wurden am Deilbach, Hardenberger Bach und Pleßbach die Bewertungen entsprechend den zugewiesenen Nutzungsfallgruppen Bebauung und Hochwasserschutz mit oder ohne Vorland (BmV bzw. BoV) durchgeführt. Für den überwiegenden Teil (58 %) dieser Probenahmestellen in HMWB führt dies für die Allgemeine Degradation zu einem guten oder besseren ökologischen Potenzial.

In den folgenden vier Planungseinheiten fanden im Jahr 2015 keine Untersuchungen statt.

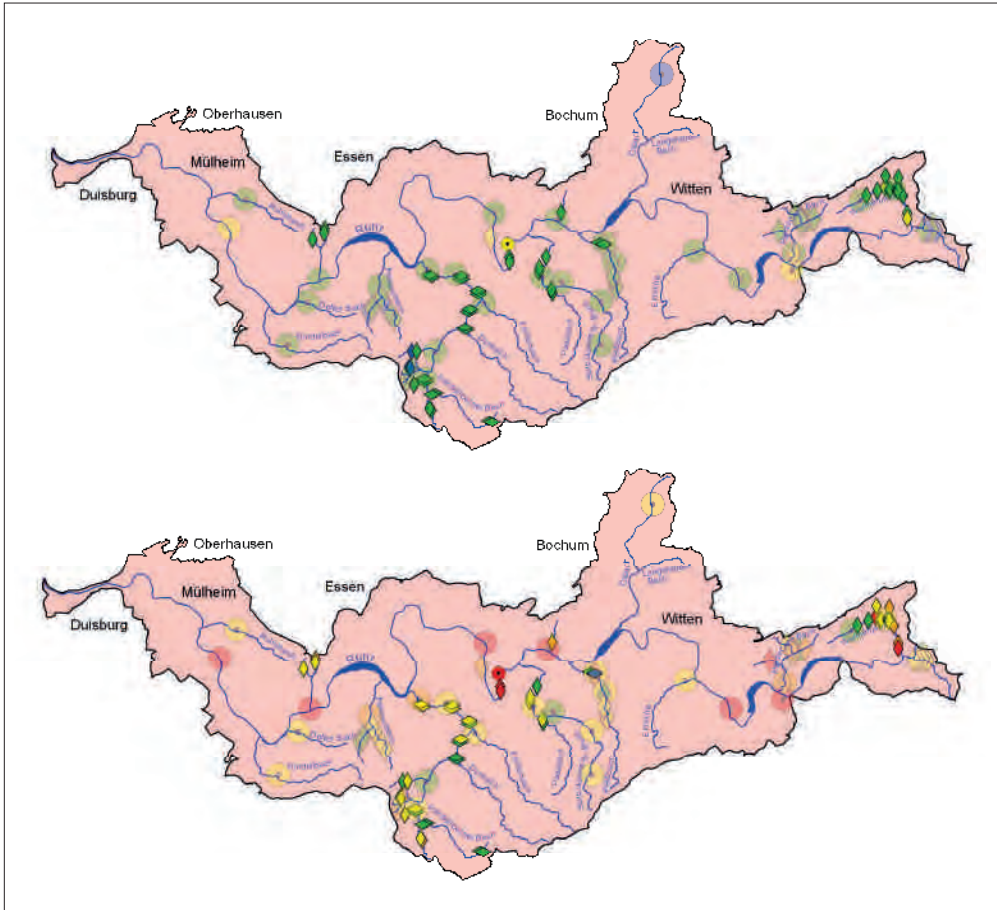


Bild 6.15: Ökologischer Gewässerzustand – Makrozoobenthos, Ausschnittskarten der Planungseinheit Untere Ruhr (PE 1000). Oben: Modul Saprobie, unten: Modul Allgemeine Degradation. Kleine, intensiv gefärbte Symbole = 2015, große, schwach gefärbte Symbole = 2010 bis 2014. Quelle: Geobasisdaten der Kommunen und des Landes NRW © Geobasis NRW 2014

Fig. 6.15: 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 = 2015, large, lightly coloured symbols = 2010 to 2014. Source: Geobasisdaten der Kommunen und des Landes NRW © Geobasis NRW 2014

Planungseinheit Obere Lenne (Bild 6.16)

Anhand von früheren Ergebnissen aus den Jahren 2010 bis 2014 weisen die Gewässer der Planungseinheit Obere Lenne an 97 % der Probenahmestellen einen sehr guten oder guten saprobiellen Zustand auf, während 42 % der Probenahmestellen hinsichtlich der Allgemeinen Degradation einem mäßigen oder schlechteren Zustand entsprechen. Allerdings berücksichtigt diese Bewertung noch nicht eine differenzierte Bewertung hinsichtlich des ökologischen Potenzials.

Planungseinheit Untere Lenne (Bild 6.17)

Von den 74 untersuchten Probenahmestellen weisen entsprechend den früheren Ergebnissen (aus den Jahren 2010, 2011, 2012 und 2014) 97 % einen sehr guten bzw. guten saprobiellen Zustand auf. Hinsichtlich der Allgemeinen Degradation erreichen 27 % noch keinen guten Zustand.

Planungseinheit Volme (Bild 6.18)

Insgesamt zeigen alle im Zeitraum 2010 bis 2014 untersuchten 88 Probenahmestellen dieser Planungseinheit einen sehr guten oder guten saprobiellen Zustand. Allerdings erreichen erst 58 % der Probenahmestellen bezüglich der Allgemeinen Degradation einen guten oder sehr guten Zustand.

Planungseinheit Bigge (Bild 6.19)

In der Planungseinheit Bigge weisen die in den Jahren 2010, 2013 und 2014 untersuchten 38 Probenahmestellen alle einen guten oder sehr guten saprobiellen Zustand auf. Hinsichtlich der Allgemeinen Degradation kann an weniger als der Hälfte (38 %) der Probenahmestellen ein guter oder sehr guter Zustand festgestellt werden.

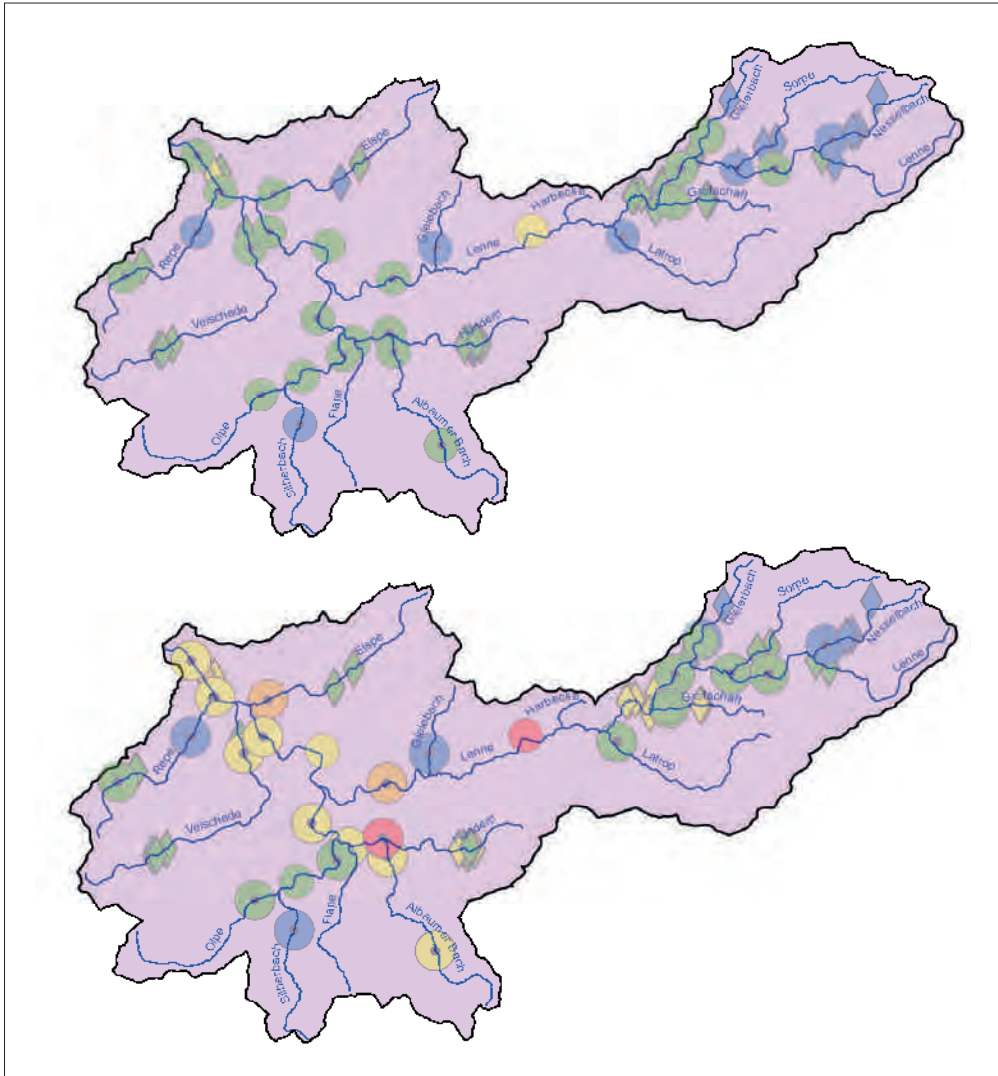


Bild 6.16: Ökologischer Gewässerzustand – Makrozoobenthos, Ausschnittskarten der Planungseinheit Obere Lenne (PE 1400). Oben: Modul Saprobie, unten: Modul Allgemeine Degradation. Kleine, intensiv gefärbte Symbole = 2015, große, schwach gefärbte Symbole = 2010 bis 2014. Quelle: Geobasisdaten der Kommunen und des Landes NRW © Geobasis NRW 2014

Fig. 6.16: 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 = 2015, large, lightly coloured symbols = 2010 to 2014. Source: Geobasisdaten der Kommunen und des Landes NRW © Geobasis NRW 2014

Zusammenfassung zum Makrozoobenthos

Eine Gesamtübersicht über die messstellenbezogene Verteilung der Ergebnisse der biologischen Gewässeruntersuchungen in den jeweiligen Planungseinheiten und dem gesamten Ruhreinzugsgebiet gibt Tabelle 6.1 wieder.

Die Ruhr zeigt saprobiell fast durchgängig einen guten Zustand. Drei Stellen im Unterlauf der Ruhr an der Ruhrbrücke in Herdecke, oberhalb des Pegels in Hattingen und an der Mendener Brücke überschreiten knapp die gewässertypische Klassengrenze für den guten saprobiellen Zustand.

Die Bewertung im Modul Allgemeine Degradation zeigt ein heterogenes Bild. Im Oberlauf stellt sich die Ruhr zumeist mit einer guten Bewertung dar. Im Stadtgebiet von Bestwig spiegeln sich erste Erfolge der Renaturierungsmaßnahmen in der Ruhr in einer Verbesserung bezüglich der Allgemeinen Degra-

dation vom mäßigen zum guten Zustand wider. Im weiteren Fließverlauf der Ruhr treten allerdings zunehmend strukturelle Defizite auf. Insgesamt erreichen von den 44 betrachteten Probenahmestellen an der Ruhr aus den Jahren 2010 bis 2015 lediglich 39 % den guten oder sehr guten Zustand bzw. ein gutes ökologisches Potenzial.

Im Rahmen der gewässerökologischen Untersuchungen an der Ruhr und ihren Nebengewässern im Jahr 2015 können 133 von 139 Stellen im Hinblick auf den saprobiellen Zustand mit „gut“ oder „sehr gut“ bewertet werden. Mit „mäßig“ bewertet sind zwei Messstellen in kleinen, namenlosen Nebenbächen der Möhne, drei Messstellen im Einzugsgebiet des Wannebachs sowie eine in der Ruhr oberhalb des Pegels Hattingen. Von den insgesamt im Zeitraum von 2010 bis 2015 untersuchten 652 hydrobiologischen Probenahmestellen in der Ruhr und ihren Nebengewässern zeigen rund 95 % einen guten oder sehr guten saprobiellen Zustand.

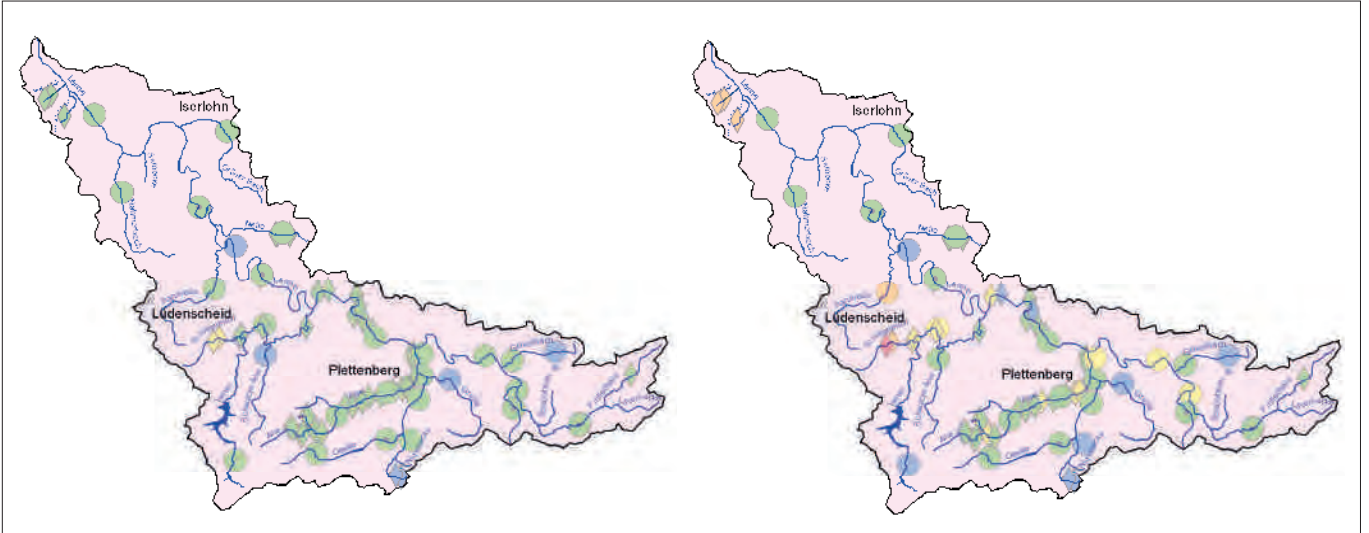


Bild 6.17: Ökologischer Gewässerzustand – Makrozoobenthos, Ausschnittskarten der Planungseinheit Untere Lenne (PE 1300). Links: Modul Saprobie, rechts: Modul Allgemeine Degradation. Kleine, intensiv gefärbte Symbole = 2015, große, schwach gefärbte Symbole = 2010 bis 2014. Quelle: Geobasisdaten der Kommunen und des Landes NRW © Geobasis NRW 2014

Fig. 6.17: 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 = 2015, large, lightly coloured symbols = 2010 to 2014. Source: Geobasisdaten der Kommunen und des Landes NRW © Geobasis NRW 2014

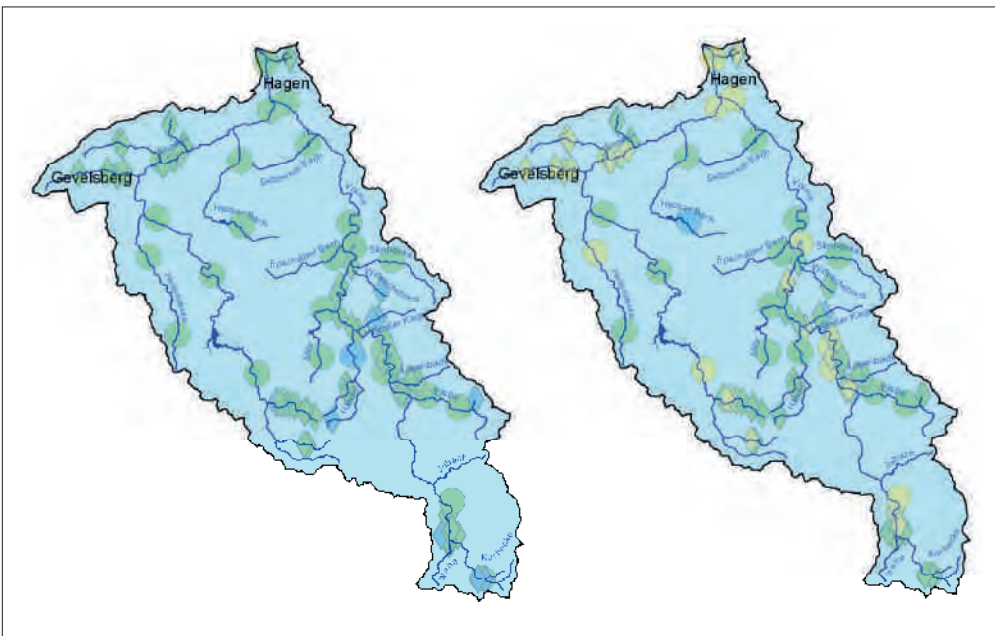


Bild 6.18: Ökologischer Gewässerzustand – Makrozoobenthos, Ausschnittskarten der Planungseinheit Volme (PE 1100). Links: Modul Saprobie, rechts: Modul Allgemeine Degradation. Kleine, intensiv gefärbte Symbole = 2015, große, schwach gefärbte Symbole = 2010 bis 2014) Quelle: Geobasisdaten der Kommunen und des Landes NRW © Geobasis NRW 2014

Fig. 6.18: Ecological status – macrozoobenthos, section maps of the planning unit Volme (PE 1100). Left: module saprobic index; right: module general degradation. Small, deeply coloured symbols = 2015, large, lightly coloured symbols = 2010 to 2014. Source: Geobasisdaten der Kommunen und des Landes NRW © Geobasis NRW 2014

Mit Blick auf die Allgemeine Degradation weisen 308, das sind 47 % der im Zeitraum 2010 bis 2015 untersuchten Probenahmestellen im Einzugsgebiet der Ruhr, einen guten bzw. sehr guten Zustand bzw. ein gutes ökologisches Potenzial auf. Im Vergleich zum Zeitraum 2009 bis 2014 stellt dies eine Verbesserung der Bilanz um einen Prozentpunkt dar. Diese Verbesserung ist u.a. auf die Bewertung von 19 Probenahmestellen als HMWB zurückzuführen sowie möglicherweise auf die im Jahr 2015 für die Entwicklung des Makrozoobenthos günstigen

klimatischen Bedingungen mit einem sehr milden Winter. 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 nun vorliegende Einstufung in HMWB-Fallgruppen berücksichtigt werden.

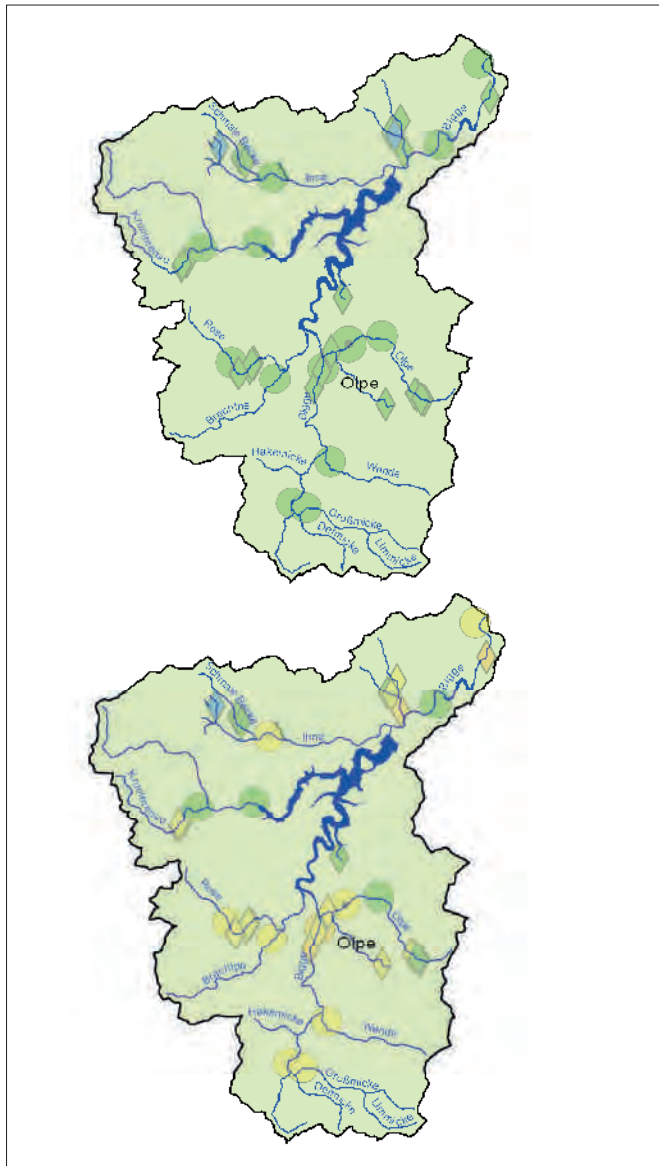


Bild 6.19: Ökologischer Gewässerzustand – Makrozoobenthos, Ausschnittskarten der Planungseinheit Bigge (PE 1200). Oben: Modul Saprobie, unten: Modul Allgemeine Degradation. Kleine, intensiv gefärbte Symbole = 2015, große, schwach gefärbte Symbole = 2010 bis 2014. Quelle: Geobasisdaten der Kommunen und des Landes NRW © Geobasis NRW 2014

Fig. 6.19: Ecological status – macrozoobenthos, section maps of the planning unit Bigge (PE 1200). Above: module saprobic index; below: module general degradation. Small, deeply coloured symbols = 2015, large, lightly coloured symbols = 2010 to 2014. Source: Geobasisdaten der Kommunen und des Landes NRW © Geobasis NRW 2014

Trophie der Ruhr

Neben den physikalischen und chemischen Verhältnissen spielen die planktische Primär- und Sekundärproduktion sowie die Entwicklung von Makrophyten, aber auch das vermehrte Auftreten von algivoren Muscheln für die trophische Situation der unteren Ruhr mit ihren Flusstauseen eine bedeutende Rolle.

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 2015 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.

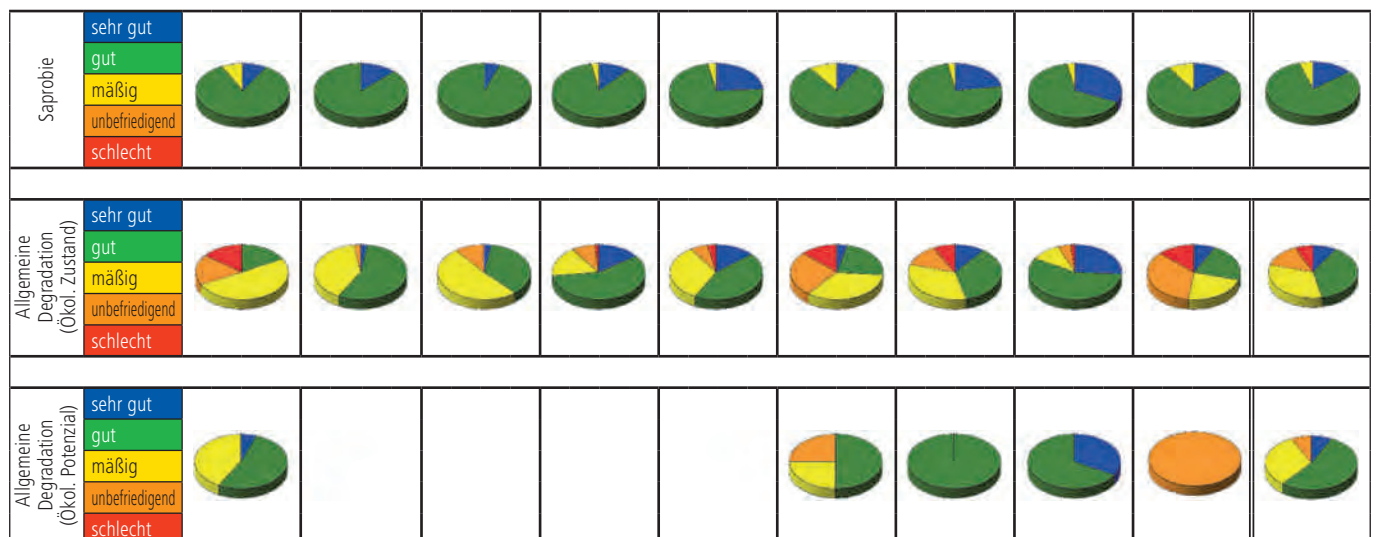
Das Jahr 2015 stellte sich als ein Jahr mit insbesondere sommerlich überdurchschnittlich hoher Strahlungsintensität dar (Bild 6.20). Während im Februar und März die Strahlungswerte nur geringfügig über den langjährigen Monatsmittelwerten lagen, wurden von April bis August durchgehend hohe Strahlungswerte erreicht, die bis zu 25 % über den langjährigen Monatsdurchschnittswerten lagen. Als besonders strahlungsintensiver Frühjahrsmonat erwies sich der April mit $1,54 \text{ kJ}/(\text{cm}^2 \cdot \text{d})$. Diese hohe Globalstrahlung führte zu einer – wenn auch geringen – Algenentwicklung in der Ruhr. Der August erreichte einen Monatsmittelwert von $1,57 \text{ kJ}/(\text{cm}^2 \cdot \text{d})$ und übertraf damit deutlich das langjährige Monatsmittel von $1,35 \text{ kJ}/(\text{cm}^2 \cdot \text{d})$. Juli und August erwiesen sich zudem als überdurchschnittlich heiße Sommermonate. Das Jahr 2015 war laut Deutschem Wetterdienst (DWD) wie das Jahr 2014 wiederum ein sehr warmes Jahr mit einer überdurchschnittlichen Sonnenscheindauer und stellte gemeinsam mit den Jahren 2000 und 2007 das zweitwärmste Jahr seit dem Beginn regelmäßiger Temperaturmessungen im Jahr 1881 in Deutschland dar [6.7].

Trotz der eigentlich günstigen abiotischen Bedingungen – geringer Abfluss, überdurchschnittliche Strahlungsintensität und warme Temperaturen – führten diese nicht zu einer hohen Algenentwicklung. Wie im Jahr 2014 lagen die Chlorophyll-a-Gehalte wiederum deutlich unterhalb der bisher bekannten langjährigen Monatsmittelwerte (Bild 6.21). So erreichte der Monatsmittelwert des Chlorophyll-a-Gehalts in der Ruhr bei Essen-Rellinghausen im März lediglich $9 \mu\text{g/l}$ und im April mit $12 \mu\text{g/l}$ den höchsten Wert des Jahres 2015. Damit lag er ähnlich niedrig wie im Vorjahr, als der höchste Wert im März auftrat und $8 \mu\text{g/l}$ betrug. Schon im Mai erreichte der Chlorophyll-Wert nur noch einen Monatsmittelwert von knapp $2 \mu\text{g/l}$ und in den folgenden Monaten kaum noch $1 \mu\text{g/l}$. Eine nennenswerte Algenentwicklung fand somit ab Mai nicht mehr statt. Dies zeigt deutlich den Einfluss weiterer – insbesondere biotischer Faktoren – auf die Algenentwicklung. Zum einen spielt hier das verstärkte Auftreten von Makrophyten in den oberen Stauseen mit ihrem konkurrierenden Nährstoff- und Lichtbe-

[6.7] DWD: Pressemitteilung vom 30.12.2015 Deutschlandwetter im Jahr 2015; www.dwd.de/presse, Zugriff: 02.02.2016

Tabelle 6.1: Gesamtübersicht über die messstellenbezogene Verteilung der Ergebnisse der hydrobiologischen Untersuchungen zum ökologischen Gewässerzustand in den jeweiligen Planungseinheiten im Ruhreinzugsgebiet – Makrozoobenthos, 2010 bis 2015. Ergebnisse: „Monitoring der Umweltverwaltung“: Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz © Land NRW, Recklinghausen, <http://www.lanuv.nrw.de>
 Table 6.1: 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, 2010 to 2015. Results „Monitoring der Umweltverwaltung“: Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz © Land NRW, Recklinghausen, <http://www.lanuv.nrw.de>

| | | 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) | | | | Ruhreinzugsgebiet | | | | | |
|--|----------------|--|----|----|-----|--|----|----|----|--|----|----|----|--|----|----|----|--|----|----|----|--|----|----|-----|--|----|----|----|--|----|----|----|--------------|-----|----|----|-------------------|---|----|---|--|--|
| | | Monitoring des Ruhrverbands Weitere Untersuchungen RV Monitoring der Umweltverwaltung Summe | | | | Monitoring des Ruhrverbands Weitere Untersuchungen RV Monitoring der Umweltverwaltung Summe | | | | Monitoring des Ruhrverbands Weitere Untersuchungen RV Monitoring der Umweltverwaltung Summe | | | | Monitoring des Ruhrverbands Weitere Untersuchungen RV Monitoring der Umweltverwaltung Summe | | | | Monitoring des Ruhrverbands Weitere Untersuchungen RV Monitoring der Umweltverwaltung Summe | | | | Monitoring des Ruhrverbands Weitere Untersuchungen RV Monitoring der Umweltverwaltung Summe | | | | Monitoring des Ruhrverbands Weitere Untersuchungen RV Monitoring der Umweltverwaltung Summe | | | | Monitoring des Ruhrverbands Weitere Untersuchungen RV Monitoring der Umweltverwaltung Summe | | | | Summe | | | | | | | | | |
| NWBB | | ○ | ◇ | ◐ | ◑ | ○ | ◇ | ◐ | ◑ | ○ | ◇ | ◐ | ◑ | ○ | ◇ | ◐ | ◑ | ○ | ◇ | ◐ | ◑ | ○ | ◇ | ◐ | ◑ | ○ | ◇ | ◐ | ◑ | ○ | ◇ | ◐ | ◑ | ○ | ◇ | ◐ | ◑ | ○ | ◇ | ◐ | ◑ | | |
| Saprobie | sehr gut | | 8 | 1 | 9 | | 1 | 10 | 11 | | 2 | 2 | 4 | | 4 | 4 | 8 | | 10 | 6 | 16 | | 4 | 5 | 9 | | 6 | 3 | 9 | | 2 | 7 | 13 | | 22 | 1 | 5 | 1 | 7 | 93 | | | |
| | gut | 3 | 66 | 22 | 91 | 22 | 53 | 2 | 77 | 12 | 24 | 1 | 37 | 19 | 40 | 5 | 64 | 5 | 25 | 18 | 48 | 2 | 62 | 29 | 93 | 11 | 18 | 1 | 30 | 3 | 17 | 25 | 45 | 16 | 27 | | 43 | 528 | | | | | |
| | mäßig | 1 | 5 | 2 | 8 | | | | | | | | | 2 | | 2 | 4 | 1 | 1 | | 2 | 2 | 8 | 1 | 11 | | 1 | | 1 | 2 | | | 2 | 5 | | | 5 | 31 | | | | | |
| | unbefriedigend | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | schlecht | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Summe | | | | | 108 | | | | 88 | | | | 39 | | | | 74 | | | | 66 | | | | 113 | | | | 40 | | | | 69 | | | | 55 | 652 | | | | | |
| Allgemeine Degradation (Ökol. Zustand) | sehr gut | | | | | 1 | 1 | | 2 | 1 | | 1 | 5 | 6 | | 11 | | 4 | 5 | 9 | | 4 | 4 | 4 | | 4 | 1 | 7 | 9 | 17 | 4 | | | 4 | 52 | | | | | | | | |
| | gut | | 11 | 4 | 15 | 13 | 35 | 1 | 49 | 4 | 10 | 14 | 13 | 25 | 5 | 43 | 3 | 18 | 8 | 29 | 11 | 14 | 25 | 9 | 5 | 14 | 4 | 13 | 21 | 38 | 7 | 4 | 1 | 12 | 239 | | | | | | | | |
| | mäßig | 1 | 30 | 14 | 45 | 9 | 25 | 1 | 35 | 7 | 12 | 1 | 20 | 4 | 9 | 13 | 2 | 12 | 8 | 22 | 1 | 27 | 9 | 37 | 3 | 9 | 1 | 13 | 3 | 4 | 7 | 2 | 10 | 12 | 204 | | | | | | | | |
| | unbefriedigend | 1 | 13 | 2 | 16 | | 2 | | 2 | 1 | 3 | | 4 | 1 | 5 | 6 | | 2 | 2 | 4 | 1 | 22 | 6 | 29 | | 5 | 5 | | 2 | 1 | 3 | 3 | 16 | 19 | 88 | | | | | | | | |
| | schlecht | 2 | 6 | 5 | 13 | | | | | | | | | 1 | | 1 | 1 | 1 | 1 | 2 | 2 | 10 | 2 | 14 | | 3 | 3 | | 1 | 1 | 7 | 7 | 41 | | | | | | | | | | |
| Summe | | | | | 89 | | | | 88 | | | | 39 | | | | 74 | | | | 66 | | | | 109 | | | | 39 | | | | 66 | | | | 54 | 624 | | | | | |
| HMWB | | □ | ◇ | ◐ | ◑ | □ | ◇ | ◐ | ◑ | □ | ◇ | ◐ | ◑ | □ | ◇ | ◐ | ◑ | □ | ◇ | ◐ | ◑ | □ | ◇ | ◐ | ◑ | □ | ◇ | ◐ | ◑ | □ | ◇ | ◐ | ◑ | □ | ◇ | ◐ | ◑ | □ | ◇ | ◐ | ◑ | | |
| Allgemeine Degradation (Ökol. Potenzial) | sehr gut | | 1 | | 1 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 1 | 1 | | | | 2 | 2 | | | | | |
| | gut | | 10 | | 10 | | | | | | | | | | | | | | | | | 2 | 2 | 1 | | 1 | | | 2 | 2 | | | | | 15 | 15 | | | | | | | |
| | mäßig | | 8 | | 8 | | | | | | | | | | | | | | | | | 1 | 1 | | | | | | | | | | | | 9 | 9 | | | | | | | |
| | unbefriedigend | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 1 | 1 | | | | | | | | 1 | | | | 2 | 2 | | | | | | | |
| | schlecht | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 0 | 0 | | | | | | | |
| Summe | | | | | 19 | | | | 0 | | | | 0 | | | | 0 | | | | 0 | | | | 4 | | | | 1 | | | | 3 | | | | 1 | 28 | | | | | |



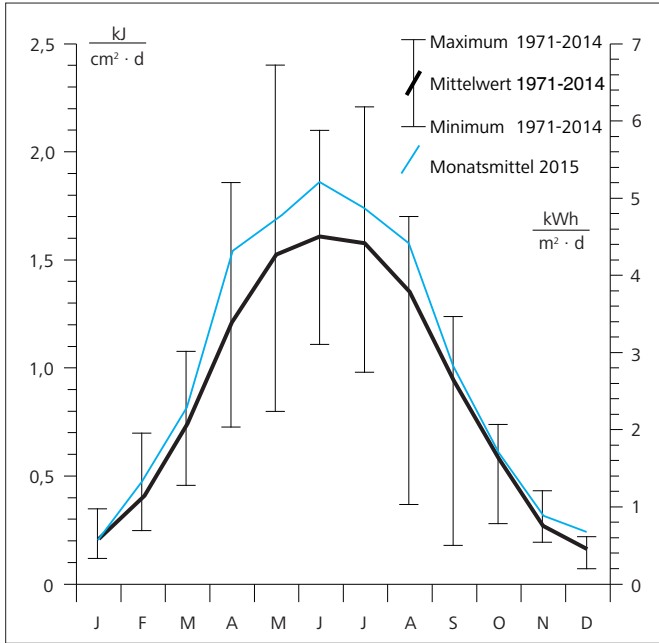


Bild 6.20: Monatsmittelwerte der Globalstrahlung bei Essen im Jahr 2015 und Spannweite der Mittelwerte 1971 bis 2014
 Fig. 6.20: Monthly means of global radiation at Essen 2015 and spectrum of mean values from 1971 to 2014

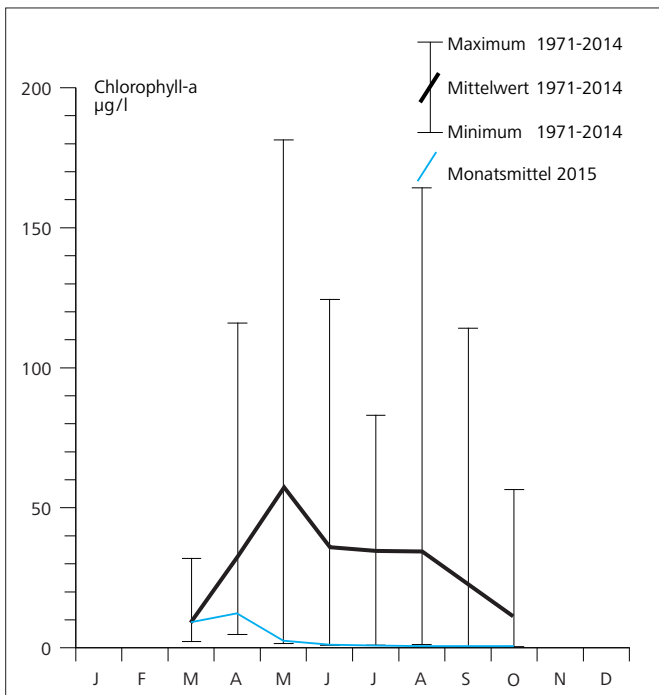


Bild 6.21: Monatsmittelwerte des Chlorophyll-a-Gehalts in der Ruhr bei Essen-Rellinghausen im Jahr 2015 und Spannweite der Mittelwerte der Jahre 1971 bis 2014
 Fig. 6.21: Monthly means of the chlorophyll a concentration in the Ruhr at Essen-Rellinghausen 2015 and spectrum of mean values from 1971 to 2014

darf eine Rolle [6.8], zum anderen steigt seit Jahren aber auch zunehmend der Einfluss von algivoren Muscheln auf planktische Algen.

Die sehr schwache Algenentwicklung in der Ruhr bei Essen-Rellinghausen findet sich auch in der Darstellung der jahreszeitlichen Sukzession der Planktonalgen wieder (Bild 6.22). Die Abbildung beruht auf der mikroskopischen Zählung der Algenarten. Hierzu wurden aus den dreimal wöchentlich entnommenen Proben Monatsmischproben hergestellt und ausgezählt. Die Querstriche symbolisieren die Größenordnung der Zellzahl der entsprechenden Algenart oder -gruppe. Die vertikal blauinierten 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 6.24).

Eine erwähnenswerte Algenentwicklung, wenn auch absolut betrachtet eine sehr geringe, trat im Jahr 2015 in der Ruhr bei Essen-Rellinghausen nur im April auf. Das Monatsmittel der Gesamtzellzahl betrug hier rund 2.900 Zellen/ml. Die Zellzahlen lagen damit vergleichbar niedrig wie im vergangenen Jahr und betragen nur noch rund ein Zehntel der schon planktonarmen Jahre 2008 bis 2013 (einzige Ausnahme 2011: mit 63.000 Zellen/ml im Mai). Sie waren weit entfernt von in den 1990er Jahren gemessenen Größenordnungen, in denen Mittelwerte von 100.000 Zellen/ml über mehrere Monate im Jahr überschritten wurden.

Allerdings wurde im Jahr 2015 anders als im Jahr 2014 in den Monaten Januar bis März kein nennenswertes Algenwachstum beobachtet. Weder die im vergangenen Jahr im Januar aufgetretenen Blaualgen (Cyanobacteria) noch die kälteliebenden Kieselalgen (Bacillariophyceae) spielten eine große Rolle. So erreichten die Planktonzellzahlen von Januar bis März keine 1.000 Zellen/ml und die Monatsmittelwerte der Biovolumina nur maximal 0,4 mm³/l. Im April bestimmten maßgeblich Kieselalgen (centrale und pennale Diatomeen) die Planktonzönose. Sie machten knapp 55 % der Phytoplanktonzellen aus. Die Goldalgen (Chrysophyceae, Haptophyceae), in der Regel verstärkt in trophisch gering belasteten Gewässern vorkommend, waren in diesem Jahr deutlich seltener vertreten als im Vorjahr. Ihr Anteil an der Gesamtzellzahl betrug im April 1 % (im März 2014: 9 %). Mit einem sehr hohen Anteil von 40 % an der Gesamtzellzahl kamen die sehr kleinen und deshalb nicht näher bestimmbareren µ-Algen (Picoplankton) vor. Zur Produktivität des Gewässers trägt diese Algengruppe aufgrund ihrer geringen Zellgröße (< 2 µm) allerdings wenig bei. Wesentlich bestimmt wurde die Produktivität dagegen wie im Jahr 2014 von *Melosira varians*, einer großzelligen, fadenförmig wachsenden, radiären Kieselalge, die wiederum ganzjährig in der Ruhr auftrat und mit nur 67 Zellen/ml knapp 44 % des Gesamtbiovolumens im April ausmachte.

Im Vergleich zu den früheren planktonreichen 1990er Jahren zeigte das Artenspektrum im Jahr 2015 neben den sehr gerin-

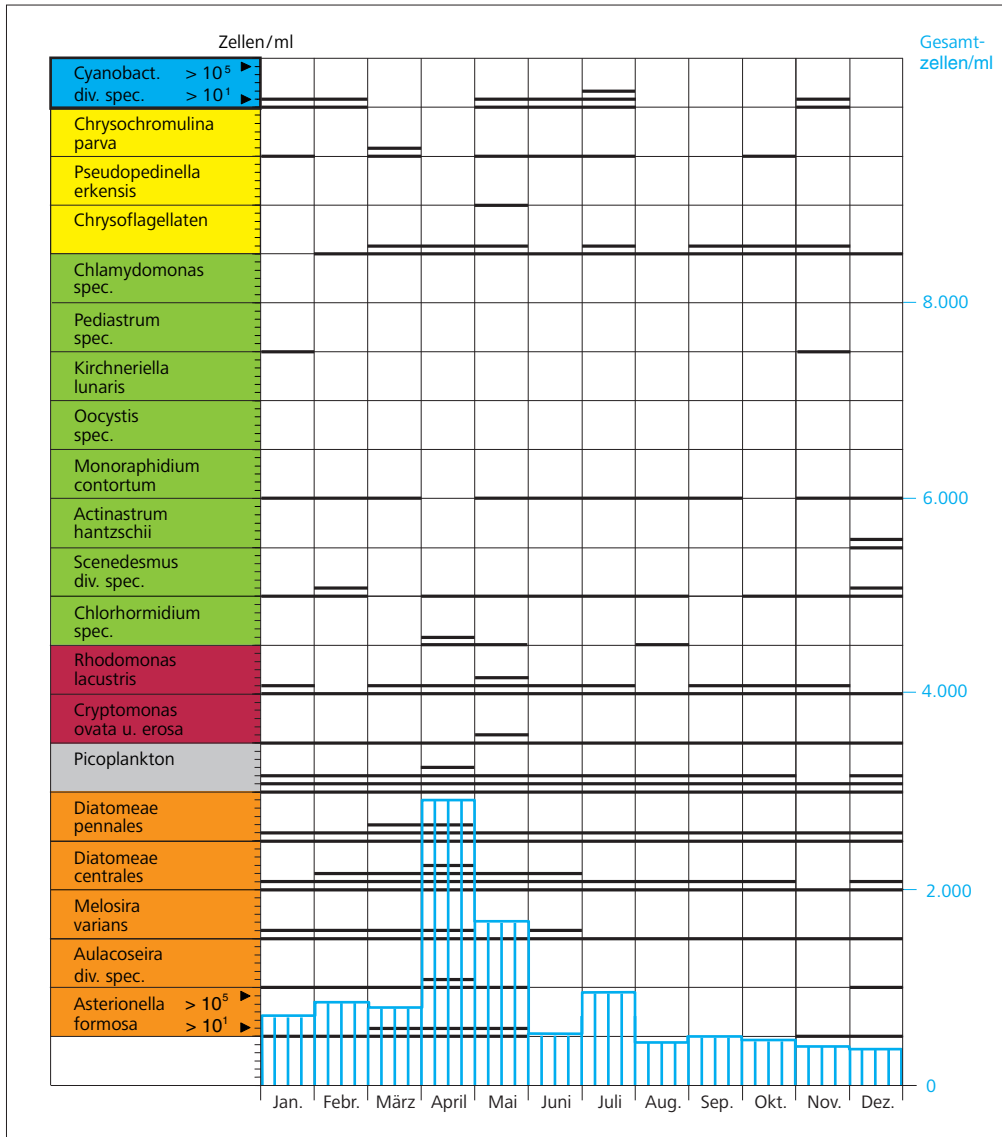


Bild 6.22: Jahreszeitliche Sukzession der Planktonalgen in der Ruhr bei Essen-Rellinghausen im Jahr 2015

Fig. 6.22: Seasonal succession of phytoplankton in the Ruhr at Essen-Rellinghausen 2015

gen Zellzahlen auch eine deutlich andere Zusammensetzung der Planktongemeinschaft. So traten die Grünalgen des Sommerplanktons fast nicht mehr auf. Dagegen kamen zahlreiche pennale Diatomeen (Kieselalgen) wie *Surirella*, *Navicula* und *Diatoma vulgare* vor, die als charakteristische Algen für den hier vorliegenden Fließgewässertyp 9.2 gelten. Als weitere Indikatorarten wurden Flagellaten (Chrytophyceae), wie verschiedene *Cryptomonas*-Arten, beobachtet. Insgesamt bestand eine große Ähnlichkeit zwischen dem Artenspektrum der Jahre 2014 und 2015.

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 Saisonmittel der Chlorophyll-a-Konzentration - mit einer Ausnahme

im Jahr 2011 – seit zwölf Jahren deutlich unter diesem Wert, wobei für das Jahr 2015 mit knapp 3 µg/l der zweitniedrigste Wert seit Beginn der Aufzeichnungen ermittelt wurde (Bild 6.23). Führt man trotzdem eine Bewertung des Phytoplanktons mit Hilfe des deutschlandweit gültigen Bewertungsverfahrens PhytoFluss [6.9] – das vor allem für die Bewertung ausgewählter planktonführender Fließgewässer nach EG-WRRL Anwendung findet – durch, ergibt sich für die Ruhr bei Essen-Relling-

[6.8] 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.

[6.9] 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>

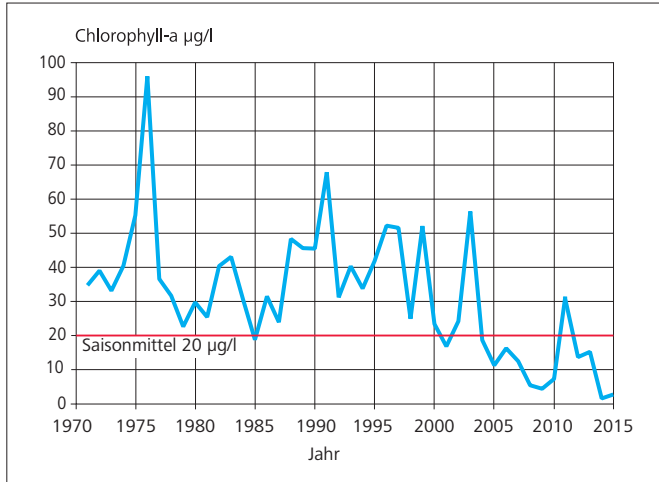


Bild 6.23: Jahresmittelwerte des Chlorophyll-a-Gehalts in der Ruhr bei Essen Rellinghausen in der Vegetationsperiode April bis Oktober der Jahre 1971 bis 2015

Fig. 6.23: Annual means of the chlorophyll-a concentration in the Ruhr at Essen-Rellinghausen during vegetation period (April to October), 1971 to 2015

hausen als „Großer Fluss des Mittelgebirges, Typ 9.2“ ein Index von 1,83 und damit wie im Jahr 2014 (Index von 1,84) eine Bewertung „gut“. Im Vergleich hierzu betrug im Jahr 1999, einem planktonreichen Jahr mit einem Saisonmittel der Chlorophyll-Konzentration von 52 µg/l, der Index 3,17, was einer Bewertung von „mäßig“ entspricht.

Der Trend zu einer deutlich geringeren Primärproduktion verdeutlicht die Darstellung der Jahresmittelwerte der Biovolumina der vergangenen 20 Jahre (Bild 6.24). Mit einem Jahresmittelwert des Biovolumens von 0,24 mm³/l wurde im Jahr 2015 eine nochmals geringere planktische Primärproduktion als im Jahr 2014 und damit die geringste 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 den Ausbau der Kläranlagen und die damit verbundene Phosphorelimination das Algenwachstum deutlich reduziert wurde, verhindern die seit dem Jahr 2000 massiv auftretenden Makrophytenentwicklungen in den oberen Ruhrstauseen ein stärkeres Wachstum von Planktonalgen. Damit stehen die oberen Stauseen nicht mehr für eine Animpfung der unteren Ruhrstauseen zur Verfügung. Als weitere Ursache für die Reduzierung des Phytoplanktons ist das seit dem Jahr 2008 zu beobachtende vermehrte Vorkommen der algenfiltrierenden Korbchenmuschel *Corbicula* denkbar. So wurden bereits im Jahr 2008 an mehreren Stellen in der unteren Ruhr (Mendener Brücke, Brücke Dahlhausen und unterhalb des Sees Kemnade) *Corbicula*-Dichten von 10 bis 70 lebenden Tieren pro Quadratmeter nachgewiesen. Aktuelle Untersuchungen auf der Fließstrecke von Witten bis Mendener Brücke bestätigten für das Jahr 2015 dieses vermehrte Vorkommen mit Funden von durchschnittlich 270 lebenden *Corbicula* pro Quadratmeter. Detaillierte Untersuchungen zum Einfluss von *Corbicula* auf die Trophie-Entwicklung der unteren Ruhr erfolgen derzeit.

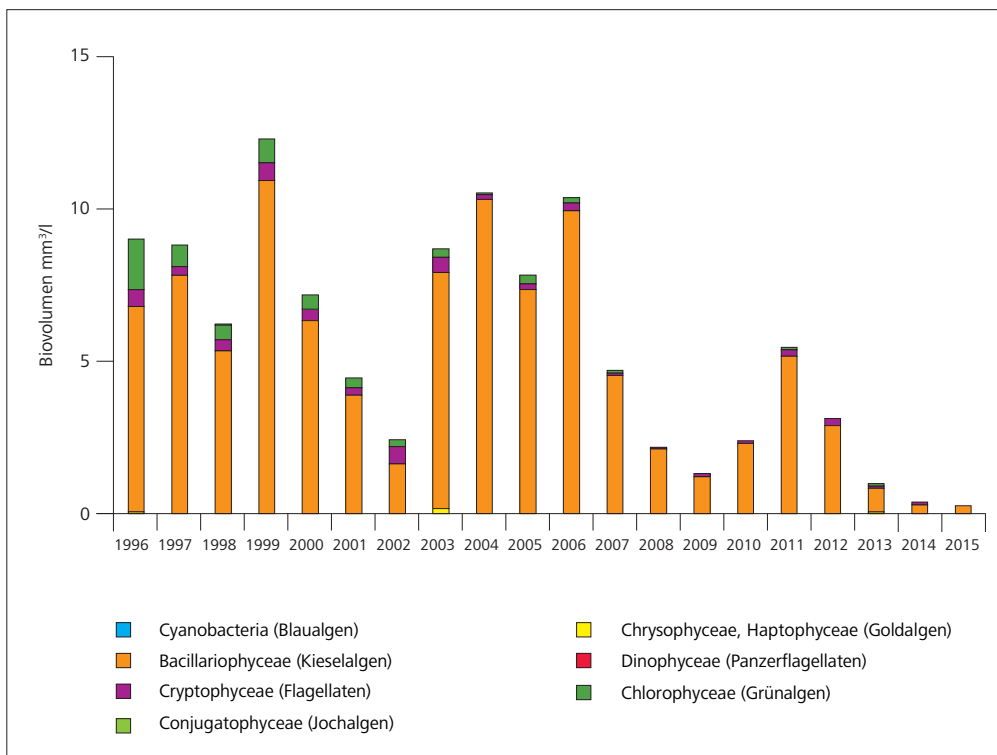


Bild 6.24: Phytoplankton in der Ruhr bei Essen-Rellinghausen (Jahresmittelwerte des Biovolumens der Jahre 1996 bis 2015)

Fig. 6.24: Phytoplankton in the Ruhr at Essen-Rellinghausen (annual means of biovolume 1996 to 2015)

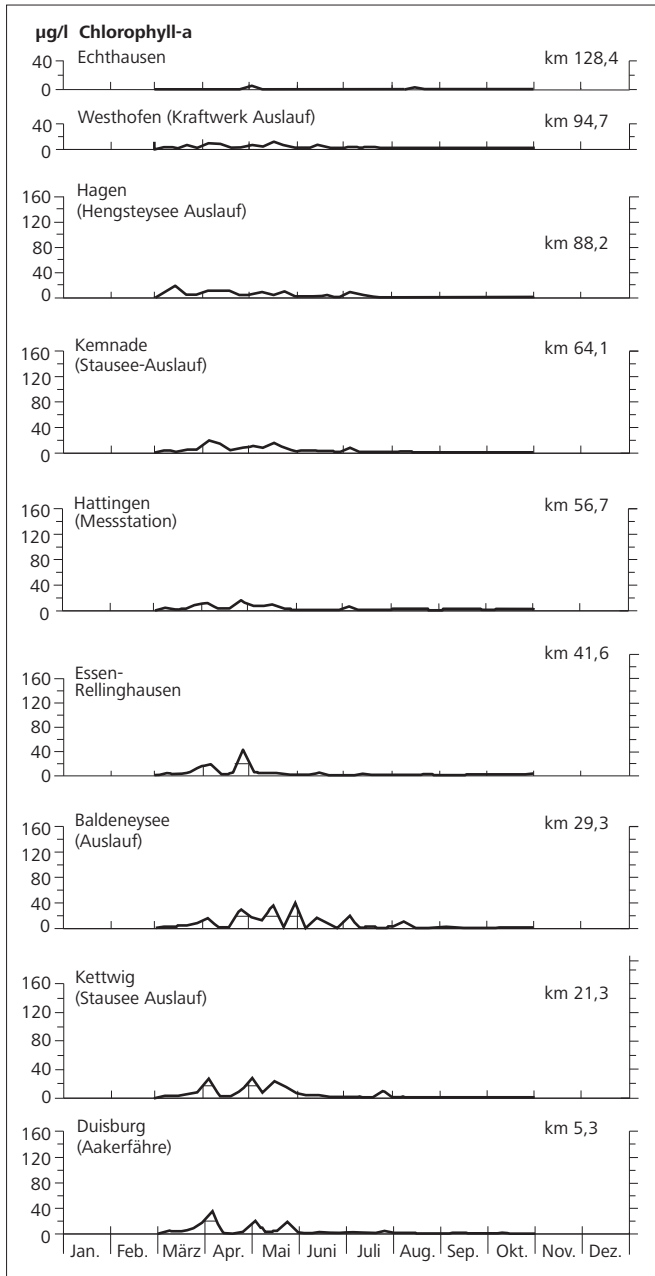


Bild 6.25: Algenentwicklung (als Chlorophyll-a-Gehalt) an verschiedenen Stellen der Ruhr im Verlauf des Jahres 2015

Fig. 6.25: Development of phytoplankton (as chlorophyll-a concentration) determined in various cross-sections of the Ruhr in 2015

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

cke von März bis Oktober 2015 ist am Beispiel der an neun Probenahmestellen gemessenen Chlorophyll-a-Gehalte in Bild 6.25 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 über die Fließstrecke bis Essen-Rellinghausen durchgehend ein sehr niedriges Niveau. Selbst am Auslauf der Stauhaltungen Hengstey und Kemnade wurden nie Werte von größer als 20 µg/l Chlorophyll-a erreicht. Erst ab Essen-Rellinghausen, im Baldeneysee und weiter flussabwärts trat im April und Mai eine geringe Primärproduktion auf. Trotz deutlich höherer Verweilzeit als in den oberen Stauseen wurde aber auch im Baldeneysee in der letzten Maiwoche nur ein Tageshöchstwert von 39 µg/l Chlorophyll-a gemessen (im Jahr 2014: 57 µg/l). In den unterhalb liegenden Wasserkörpern erfolgte in der Regel keine weitere Zunahme, bis auf eine Ausnahme in der ersten Aprilwoche an der Messstelle in Duisburg, als ein Wert von 35 µg/l Chlorophyll-a gemessen wurde. Im Mai wurden im Kettwiger Stausee und an der Messstelle in Duisburg (Aakerfähre) Werte um 20 µg/l Chlorophyll-a ermittelt. Im weiteren Jahresverlauf traten nur noch im Baldeneysee geringe Chlorophyll-Anstiege bis 20 µg/l Chlorophyll-a auf, die sich jedoch in der unterhalb gelegenen Fließstrecke nicht wiederfanden.

In der Ruhr, einem mehrfach gestauten Gewässer, hängen die biologischen Prozesse wie 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 6.26 am Beispiel des Baldeneysees, der unterhalb der oben beschriebenen Messstelle Essen-Rellinghausen liegt. Für die Wasserführung und den Chlorophyll-a-Gehalt, der aus der kontinuierlich gemessenen In-vivo-Fluoreszenz errechnet wurde, werden die Wochenmittel und für den Sauerstoffgehalt die Wochenmittelwerte der Tagesminima und -maxima des Sättigungsindex herangezogen. Die Globalstrahlung wird als Wochensumme dargestellt.

Nach Abklingen einer Abflusserhöhung Anfang April mit einem Wochenmittel von knapp 190 m³/s und mit gleichzeitigem Anstieg der Globalstrahlung fand im Baldeneysee ein erstes merkliches Algenwachstum mit Chlorophyll-a-Konzentrationen von knapp 50 µg/l statt. Dies setzte sich in den folgenden Sommermonaten fort mit einer deutlichen Korrelation zur Globalstrahlung. Der Maximalwert der Wochenmittelwerte, der Anfang Juli mit 56 µg/l Chlorophyll-a bestimmt wurde, lag deutlich unter den Werten der 1990er Jahre, als maximale Wochenmittelwerte von 150 bis 200 µg/l erreicht wurden. Bis auf dieses geringe Sommermaximum wurden Wochenmittelwerte von 50 µg/l nie überschritten. Allerdings zeigte sich damit im Jahr 2015 im Baldeneysee eine doppelt so hohe Algenentwicklung wie im Jahr 2014, als Chlorophyll-a-Konzentrationen von 20 µg/l im Wochenmittel knapp erreicht wurden.

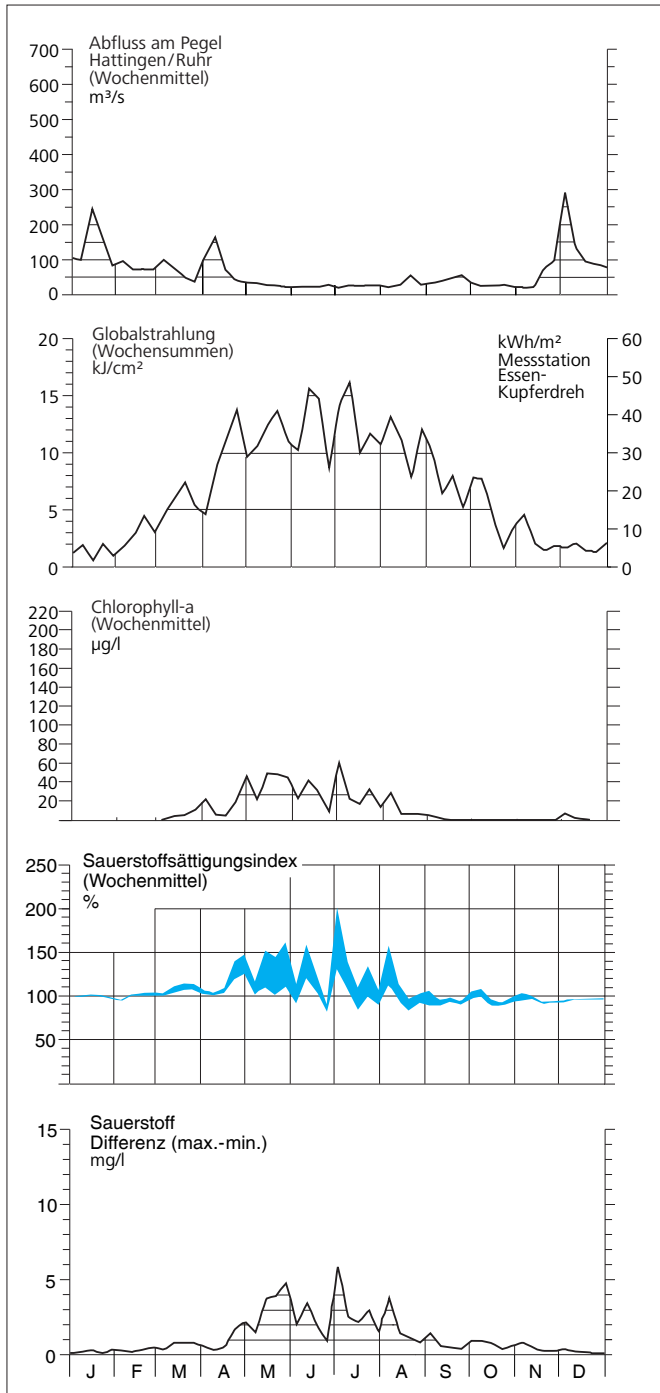


Bild 6.26: Einfluss der Wasserführung und der Globalstrahlung auf die Algenentwicklung im Baldeneysee und deren Auswirkung auf den Sauerstoffgehalt im Jahr 2015

Fig. 6.26: Influence of river flow and total radiation on phytoplankton growth in Lake Baldeney and the resulting impact on the oxygen balance in 2015

Das im Sommer zu beobachtende Algenwachstum führte am Tag durch sauerstoffproduzierende Photosyntheseprozesse und in der Nacht durch sauerstoffzehrende Dissimilationsvorgänge (Atmung) zu tageszeitabhängigen Schwankungen des

Sauerstoffgehaltes, die sich jedoch weitestgehend im Bereich zwischen 100 und 150 % Sauerstoffsättigung bewegten und damit relativ ausgeglichene Sauerstoffverhältnisse erkennen ließen. Im Jahr 2015 lagen wie im vergangenen Jahr die Sauerstoffsättigungsindizes bis Mitte April und ab Mitte August im Bereich der 100%-Sättigung. Lediglich in dem Zeitraum dazwischen traten mehrere kleine Spitzen mit maximalen Sättigungsindizes von knapp über 150 % sowie Anfang Juli ein Spitzenwert knapp über 200 %-Sättigung auf. Ein Absinken der Sauerstoffsättigungsindizes durch den Abbau der pflanzlichen und tierischen Biomasse auf Werte unter 75 % - wie in früheren Jahren beobachtet - wurde allerdings nie verzeichnet. Für die Fischfauna bedrohliche Werte unter 4 mg/l O₂ 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 Ende Juni/Anfang Juli mit 9,4 mg/l O₂ (29. Juni 2015) auf. An einzelnen Tagen wurden Sauerstoffminima von 6,5 mg/l gemessen. Damit wurde die Qualitätskomponente für die allgemeinen physikalisch-chemischen Parameter des Fließgewässertyps 9.2 von 7 mg/l zwar unterschritten [6.3], negative Auswirkungen auf die Fische und das Makrozoobenthos wurden aber nicht festgestellt

Zooplankton

In der Vergangenheit (bis zum Jahr 2004) hatten das Vorkommen und die Fraßaktivität („Grazing“) des Zooplanktons neben abiotischen Faktoren wie Abfluss und Globalstrahlung 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 2015 keine nennenswerte *Brachionus/Synchaetiden*-Population entwickeln. Die Individuenzahl



Bild 6.27: *Ceriodaphnia reticulata*, eine wärmeliebende Wasserfloh-Art, im Baldeneysee

Fig. 6.27: *Ceriodaphnia reticulata*, a thermophilic daphnia species in Lake Baldeney

erreichte im Monatsdurchschnitt nur knapp 80 Individuen pro Liter. Sie lag zwar geringfügig höher als im Jahr 2014 mit 20 Individuen pro Liter, aber deutlich unter der Größenordnung der vergangenen zehn Jahre, als Dichten von 1.000 Individuen pro Liter bzw. im Jahr 1999 sogar 2.000 Individuen pro Liter auftraten. Bemerkenswert war das Auftreten von *Ceriodaphnia reticulata* (Bild 6.27) im Spätsommer und Herbst. Diese Wasserfloh-Art lebt bevorzugt in wärmeren Gewässern [6.10]. Sie trat in der Vergangenheit mehrfach sporadisch im Baldeneysee auf, konnte aber in den vergangenen vier Jahren nicht beobachtet werden.

Im Jahr 2015 zeigte die Sekundärproduktion mit einem Biovolumen des Zooplanktons von 0,22 mm³/l (im Jahr 2014: 0,23 mm³/l) ein sehr niedriges Niveau (Bild 6.28). 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 2002 (mit Ausnahme des Jahres 2011) auf rund 0,5 mm³/l abgenommen. Im Jahr 2015 erreichte sie, wie auch im Jahr 2014, knapp die Hälfte dieses Wertes. Auswirkungen dieses deutlichen Rückgangs des als Fischnahrung dienenden Zooplanktons auf die Fischbestände im Baldeneysee sind aber nicht erkennbar. Aktuelle Befischungsergebnisse aus dem Jahr 2015 zeigten im Vergleich zum Jahr 2009 sogar eine Vergrößerung des Fischbestandes. So ist z.B. die Dichte von Kaulbarsch, Zander und Schleie deutlich gestiegen. Zudem konnten fünf weitere Fischarten (Wels, Rapfen, Mühlkoppe, Gründling und Dreistachliger Stichling) für den Baldeneysee nachgewiesen wer-

den. Lediglich für den Hechtbestand wurden geringere Abundanzen ermittelt, was aber vermutlich auf die nur eingeschränkte Möglichkeit der Netzbefischung in dem ungewöhnlich stark verkrauteten Baldeneysee zurückzuführen ist.

Makrophyten

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 [6.11]. 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 wechseln sich Jahre mit hohen Makrophytendichten

- [6.10] Flößner, D.: *Die Haplozoa und Cladocera Mitteleuropas*. Backhuys Publishers, Leiden 2000, 428 S. ISBN 90-5782-057-9
 [6.11] Ruhrverband: *Makrophyten in den Ruhrstauseen - Vergangenheit und Gegenwart*. In: *Ruhrgütebericht 2004*, S. 80 – 85.

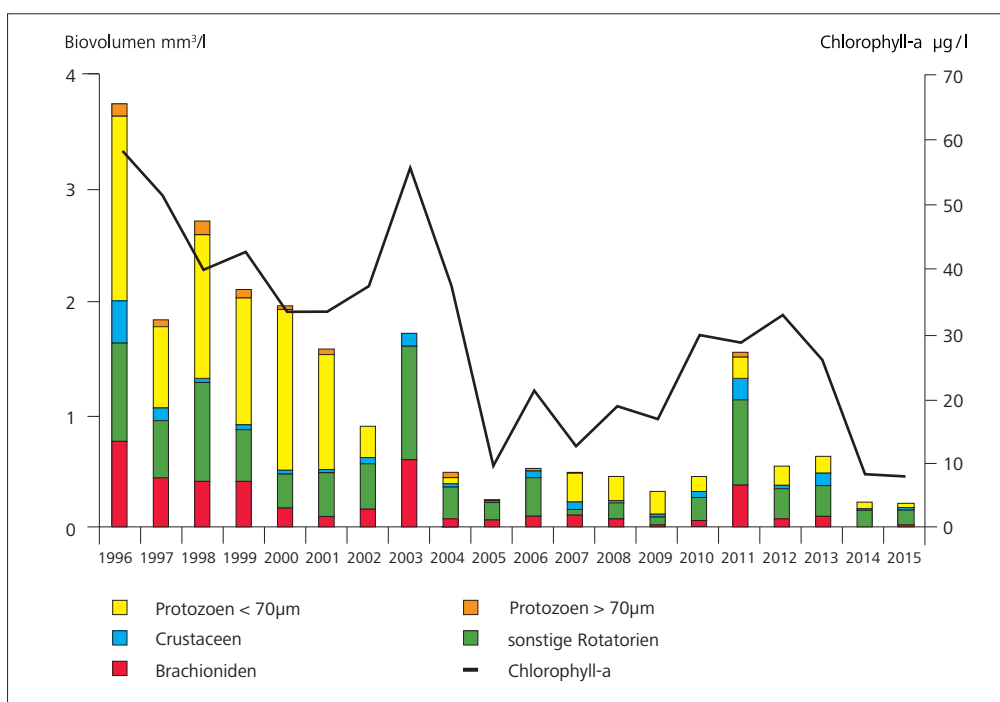


Bild 6.28: Zooplankton und Chlorophyll-a im Baldeneysee (Saisonmittel März bis Oktober)

Fig. 6.28: Zooplankton and chlorophyll a in Lake Baldeney (seasonal means March to October)

mit Jahren, in denen die Makrophytenaufkommen von untergeordneter Bedeutung sind, ab [6.12, 6.13]. 2010 war das letzte Jahr mit nur geringem Wasserpflanzenaufkommen [6.14]. Seit dem Jahr 2011 [6.15, 6.16, 6.17, 6.18] bis einschließlich 2015 wurde der sommerliche Vegetationsaspekt der oberen drei Ruhrstauseen Hengstey, Harkort und Kemnade durchgehend durch Massenaufkommen von Makrophyten 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 ökologisch positive Entwicklung. Neben *Elodea nuttallii* besiedeln nun weitere heimische Wasserpflanzenarten in zunehmenden Abundanzen die Ruhrstauseen und treten damit in Raumkonkurrenz zu den dominierenden *Elodea*-Beständen. Augenfällig wurde dieser Prozess 2015 im Baldeneysee, in dem sich im Sommer erstmals fleckenhaft Makrophytenareale entwickelten, die zumeist von mehreren verschiedenen Wasserpflanzenarten als Mischbestand gebildet wurden.

Kemnader See

Bild 6.29 zeigt als Luftbild am Beispiel des Kemnader Sees die maximale Ausdehnung der Makrophytenbestände im Jahr 2015 basierend auf Luftbildern einer Überfliegung am 30. September 2015. Die erkennbaren Makrophytenbestände wurden im Luftbild eingefärbt, digitalisiert und über ein geographisches Informationssystem ausgewertet. Die aus der digitalen Karte ermittelten Makrophytenflächen zeigt Bild 6.30 in ihrer zeitlichen Entwicklung vom Jahr 2001 bis 2015. Es wird deutlich, dass das Jahr 2015 das fünfte Jahr in Folge mit ausgedehnten Makrophytenbeständen war, wobei sich diese räumlich etwas geringer ausdehnten als im Vorjahr. Jedoch waren auch 2015 immer noch rund 42 % der Fläche des Kemnader Sees dicht mit Makrophyten, die die Wasseroberfläche

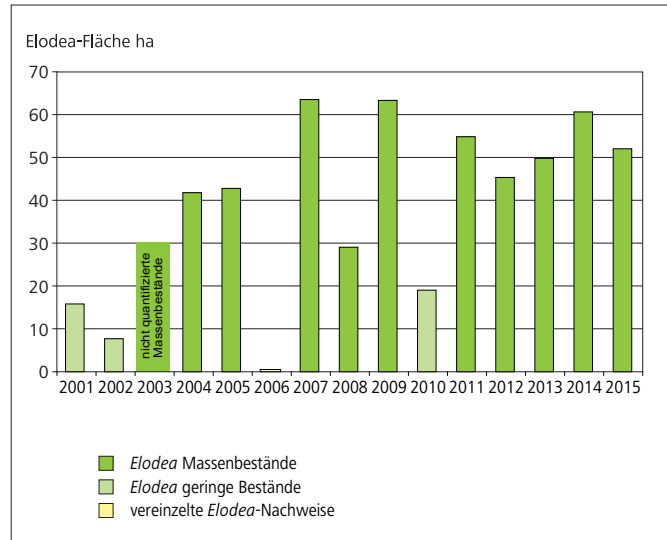


Bild 6.30: Bestandsflächen von *Elodea nuttallii* im Kemnader See in den Jahren 2001 bis 2015 (Daten auf Basis von Satelliten- und Luftbilddauswertungen sowie Vor-Ort-Kartierung, 2008, 2012, 2014 und 2015 Bestände durch Mahd reduziert)

Fig. 6.30: Vegetation cover of *Elodea nuttallii* in Lake Kemnade from 2001 to 2015 (data based on satellite and aerial view pictures as well as field mapping, occurrence reduced in 2008, 2012, 2014, and 2015 through mowing)

erreichten oder kurz darunter standen, bewachen. 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 [6.19]. Nur handelt es sich hierbei dann um niederwüchsige, vereinzelt stehende Pflanzen in größeren Wassertiefen, die die Wassersportnutzung nicht beeinträchtigen. Zudem ist auch ihr Anteil an der Biomasse abtreibender Pflanzen im Herbst vernachlässigbar gering.



Bild 6.29: Luftbilddaufnahme des Kemnader Sees am 30. September 2015 mit Ausdehnung der Makrophytenbestände
Fig. 6.29: Aerial view of Lake Kemnade on 9 September 2015 with macrophyte cover

Die klimatischen Bedingungen wirkten sich auch im Jahr 2015, wie in den Jahren zuvor, insgesamt fördernd auf das Makrophytenwachstum aus. Im April herrschten allerdings für wenige Tage erhöhte Abflussbedingungen, die mit einem maximalen Abfluss von 279 m³/s (Bild 6.31) die Größenordnung der mittleren Hochwässer (MHQ) der letzten 48 Jahre erreichte (MHQ₍₁₉₆₈₋₂₀₁₅₎ März: 277 m³/s; MHQ₍₁₉₆₈₋₂₀₁₅₎ April: 154 m³/s). Der Abfluss war jedoch nicht hoch genug und dauerte nicht lang genug an, um durch großflächige Sedimentumlagerung mit erhöhter Trübung und Erosion die Entwicklung von Makrophytenbeständen deutlich zu verlangsamen oder sogar zu verhindern. Der Winter 2014/2015 war zudem relativ mild mit nur wenigen Frosttagen. Trotz der erhöhten Abflüsse im April erreichten daher die Makrophytenbestände im Jahr 2015 die Wasseroberfläche Ende Juni, d.h. einen Monat später als im Jahr 2014, jedoch früher als in den meisten Jahren zuvor. Das bedeutet, dass das Hochwasserereignis im April 2015 zwar zu einer gewissen Verzögerung des Makrophytenwachstums geführt hatte, dieses aber nicht signifikant in seinem Ausmaß verringern konnte. Hierdurch war in diesem Jahr das Zeitfenster, in dem die Wassersportnutzung durch die Verkrautung eingeschränkt war, wiederum relativ lang. Nur 2014 war auf Grund des fehlenden Frühjahrshochwassers und der wärmeren Wassertemperaturen ein noch schnelleres Wachstum der Makrophytenbestände möglich, so dass diese 2014 sogar schon Ende Mai die Oberfläche erreichten.

Im Jahr 2015 war vor allem die letzte Märzdekade durch relativ viele Regentage gekennzeichnet (Bild 6.32), die den erhöhten Abfluss Anfang April verursachten. Daher war auch die

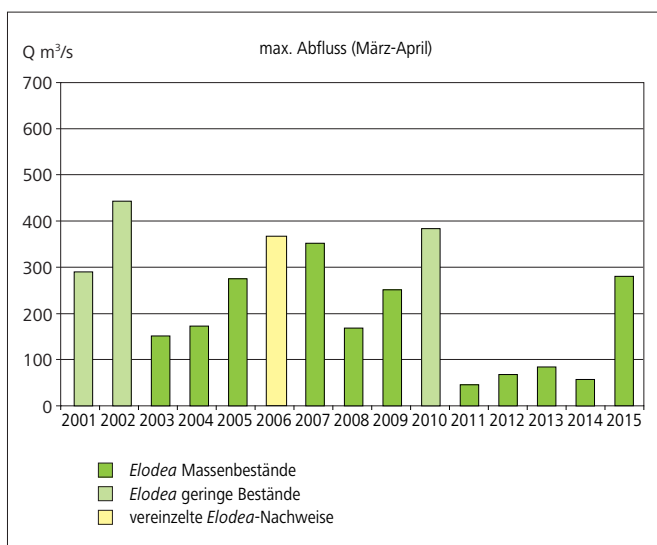


Bild 6.31: Maximaler Abfluss (Tagesmittelwerte) im Zeitraum März bis April am Pegel Hattingen (= unterhalb Kemnader See) in den Jahren 2001 bis 2015 mit Zuordnung zu der entsprechenden Elodea-Bestandssituation
 Fig. 6.31: Maximum discharge (daily means) in March and April at Hattingen gauging station (downstream of Lake Kemnade) from 2001 to 2015 in relation to Elodea abundance

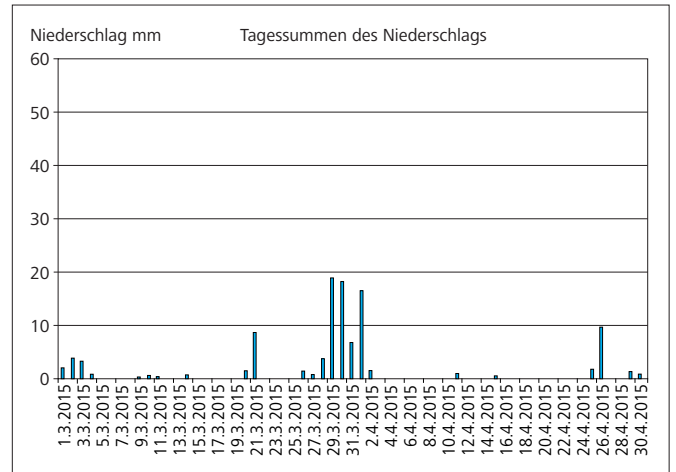


Bild 6.32: Niederschlagstagessummen der Monate März und April 2015 an der Messstation Wetter
 Fig. 6.32: Daily amount of precipitation during March and April 2015 at the Wetter measuring point

Trübung des Ruhrwassers in diesen beiden Monaten im Mittel mit 5,16 FNU höher als in den vier Vorjahren (Bild 6.33). Dass es sich bei dieser Trübung vor allem um oberflächige Abwassermengen und resuspendierte Feinsedimente der Gewässersohle und nicht um erhöhte Phytoplanktondichten handelte, belegt Bild 6.34. Es verdeutlicht, dass der Abfluss und nicht die Chlorophyllkonzentration den Verlauf der Ganglinie der Trübung verursachte. Zudem war in den beiden Frühjahrsmonaten 2015 die mittlere Chlorophyll-a Konzentration mit 7 µg/l wieder auffällig gering (2014: 11 µg/l) (Bild 6.35), während die mittlere Trübung im Jahr 2015 in diesem Zeitraum etwa doppelt so hoch war wie im Vorjahr. Diese Phase erhöhter Trübung war jedoch relativ kurz, so dass der Lichteinfall in den Trockenwetterzeiten ausreichte, um das Wasserpflanzenwachstum zu ermöglichen. Diese Art der niederschlagsbe-

[6.12] 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.
 [6.13] 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.
 [6.14] Ruhrverband: Elodea-Vorkommen in den Ruhrstauseen. In: Ruhrgütebericht 2010, S. 93 - 98
 [6.15] Ruhrverband: Elodea-Vorkommen in den Ruhrstauseen. In: Ruhrgütebericht 2011, S. 54 - 68.
 [6.16] Ruhrverband: Die Ruhr und ihre Nebengewässer – Trophische Situation der Ruhr. Ruhrgütebericht 2012, S. 58 - 70.
 [6.17] Ruhrverband: Die Ruhr und ihre Nebengewässer – Trophische Situation der Ruhr. Ruhrgütebericht 2013, S. 60 - 75.
 [6.18] Ruhrverband: Die Ruhr und ihre Nebengewässer – Trophische Situation der Ruhr. Ruhrgütebericht 2014, S. 63 - 72.
 [6.19] Ruhrverband: Hydroakustische Erfassung von Wasserpflanzenbeständen im Kemnader See. Ruhrgütebericht 2013, S. 113 - 119.

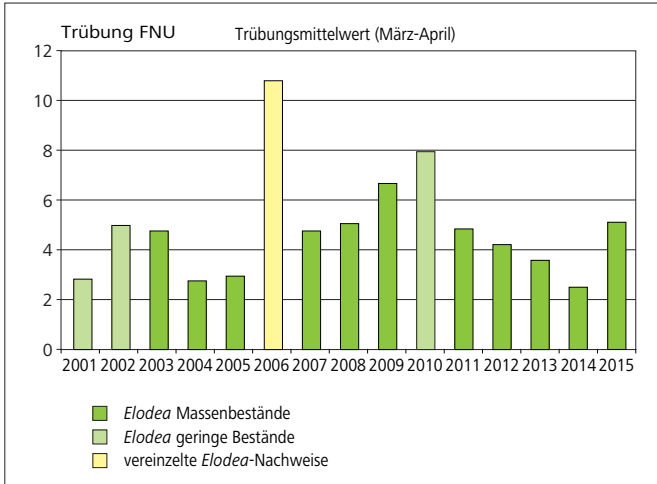


Bild 6.33: Trübungsmittelwerte des Zeitraums März bis April an der Messstation Hattingen (= unterhalb Kemnader See) in den Jahren 2001 bis 2015 mit Zuordnung zu der entsprechenden Elodea-Bestandssituation

Fig. 6.33: Mean turbidity in March and April at Hattingen gauging station (downstream of Lake Kemnade) from 2001 to 2015 in relation to Elodea abundance

dingten Trübung unterscheidet sich somit deutlich von der Wirkung einer länger andauernden Phytoplanktontrübung, bei der ein kurzzeitiger Wechsel zwischen Durchlichtung und Lichtmangel fehlt. Ungefähr seit dem Jahr 2000 konnten sich aber auf Grund einer fortgeschrittenen Verbesserung der Wasserqualität mit geringen ortho-Phosphat-Phosphorkonzentrationen in der Vegetationsperiode nicht mehr solche hohe mittlere Chlorophyllkonzentrationen (> 50 µg/l Chl.-a, vgl. Bild 6.21) ausbilden, deren Trübungswirkung alleine ausreichend gewesen wäre, das Makrophytenwachstum zu verhindern. Die leicht erhöhte Trübung in den beiden Frühjahrsmonaten des Jahres 2015 konnte somit trotz kurzzeitig erhöhter Abflusswerte das Pflanzenwachstum nicht deutlich verlangsamen, so dass sich auch in diesem Jahr wieder ein Makrophyten-dominierter Zustand ausbildete.

Zudem förderten auch die sonstigen abiotischen Bedingungen im Frühjahr 2015 das Wachstum der Makrophyten und hier vor allem von *Elodea nuttallii*. So waren zwar die Summen der mittleren Tagesgrade 2015 mit 566 °C geringer als im Jahr 2014 mit in Summe 708 °C (Bild 6.36), jedoch wurde ab Mitte März die 8 °C-Marke für die mittlere Tageswassertemperatur fast dauerhaft überschritten – die Schwellentemperatur, bei der das Wachstum von *Elodea* einsetzt [6.13]. Damit begann die Wachstumsphase von *Elodea nuttallii* wie im Jahr 2014 auch im Jahr 2015 bereits sehr früh.

Um das Ausmaß der Makrophytenentwicklung in den jeweiligen Jahren beschreiben und mit möglichst hoher Wahrscheinlichkeit auch bereits zu Beginn der Vegetationsperiode prognostizieren zu können, wendet der Ruhrverband bereits seit dem Jahr 2010 ein Verfahren der bivariaten Kausalanalyse an, das auf den dominierenden bestandsbestimmenden abiotischen Faktoren Strömung, Wassertemperatur und Trübung beruht (vgl. [6.14, 6.15, 6.16, 6.17, 6.18]). Auch für das Jahr 2015 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 Luftbilddauswertung dokumentierten Makrophyten-dominierten Zustand (Bild 6.37, 6.38).

Diese Ergebnisse unterstützen zudem die prognostizierten Schwellenwerte für den Wechsel von Phytoplankton-Dominanz zu Makrophyten-Dominanz: bei einem Quotienten kleiner 0,55 m³/(s·°C) wirken sich die hydraulischen Bedingungen und die Wassertemperaturen in ihrer antagonistischen Wirkung bei der anfänglichen Wachstumsphase günstig für die Bildung dichter ausgedehnter Wasserpflanzenbestände aus, so dass sich ein Makrophyten-dominierter Zustand einstellen kann. Zudem sind bei einem Produkt kleiner 2.000 FNU·m³/s 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 2015 war an Hand der relevanten abiotischen Frühjahrsbedin-

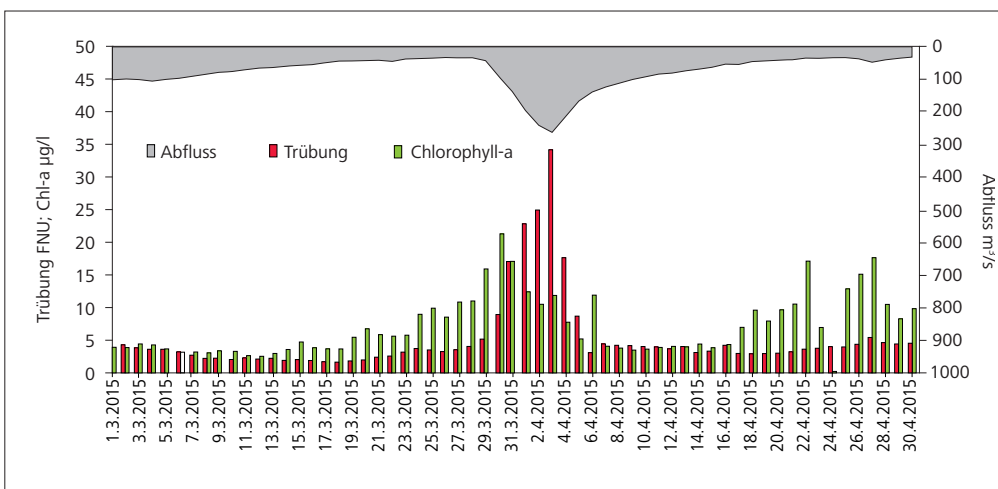


Bild 6.34: Tagesmittelwerte von Abfluss, Trübung und Chlorophyll-a-Konzentration in den Monaten März und April 2015 an der Messstation in Hattingen

Fig. 6.34: Daily means of runoff, turbidity and chlorophyll-a concentration in March and April 2015 at the Hattingen measuring point

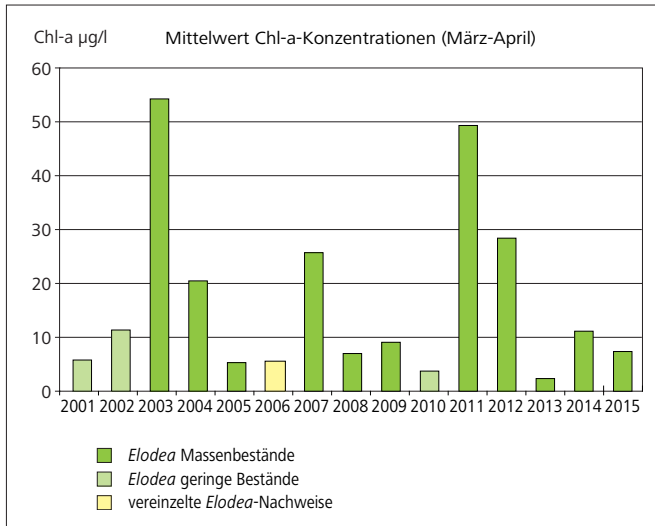


Bild 6.35: Mittlere Chlorophyll-a-Konzentrationen im Zeitraum März bis April an der Messstation Hattingen (= unterhalb Kemnader See) in den Jahren 2001 bis 2015 mit Zuordnung zu der entsprechenden Elodea-Bestandssituation

Fig. 6.35: Mean chlorophyll-a concentration in March and April at Hattingen gauging station (downstream of Lake Kemnade) from 2001 to 2015 in relation to Elodea abundance

gungen mit einem Quotienten von $0,49 \text{ m}^3/(\text{s} \cdot ^\circ\text{C})$ und einem Produkt von $1.439 \text{ FNU} \cdot \text{m}^3/\text{s}$ bereits frühzeitig eine Entwicklung in Richtung einer Makrophyten-Dominanz zu prognostizieren.

Um trotz der sich abzeichnenden Makrophytenentwicklung eine gewisse Wassersportnutzung im Kemnader See aufrecht erhalten zu können, wurde vom 7. Juli bis 20. August das

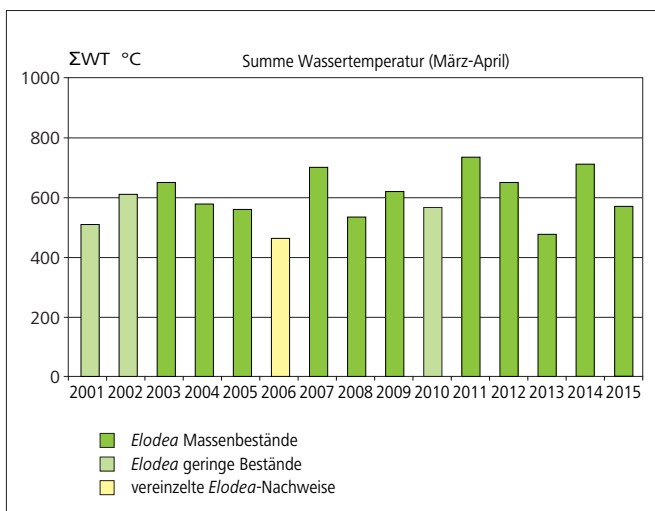


Bild 6.36: Summe der mittleren Tageswassertemperaturen des Zeitraums März bis April an der Messstation Hattingen (= unterhalb Kemnader See) in den Jahren 2001 bis 2015 mit Zuordnung zu der entsprechenden Elodea-Bestandssituation

Fig. 6.36: Sum of daily mean water temperatures during March and April at Hattingen gauging station (downstream of Lake Kemnade) from 2001 to 2015 in relation to Elodea abundance

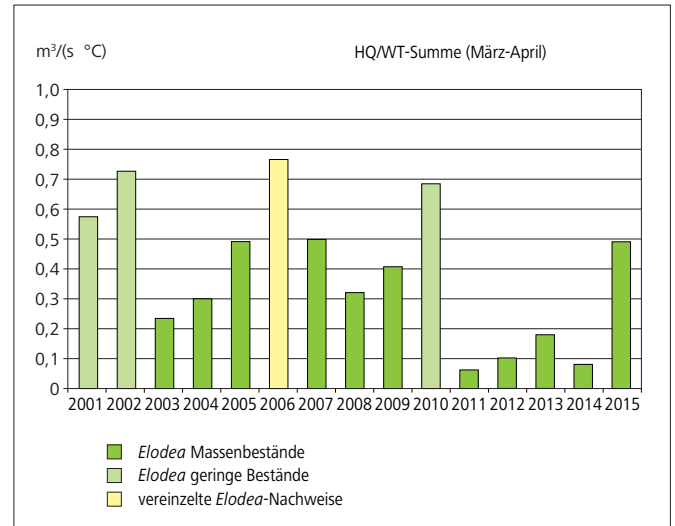


Bild 6.37: Verhältnis des maximalen Tagesabflusses zu der Summe der Tagesmittelwassertemperaturen des Zeitraums März bis April an der Messstation Hattingen (= unterhalb Kemnader See) in den Jahren 2001 bis 2015 mit Zuordnung zu der entsprechenden Elodea-Bestandssituation

Fig. 6.37: 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 2015 in relation to Elodea abundance

Mähboot des Ruhrverbands zur Reduzierung der verkrauteten Flächen v.a. entlang des rechten Uferbereichs mit den dortigen Anlegern und Liegeplätzen eingesetzt. Insgesamt wurden in dieser Zeit 197 t Pflanzenmaterial gemäht, entnommen und entsorgt. Die Kosten für die Entsorgung betragen ca. 18.400 €. Danach wurde das Mähboot zum Baldeneysee verlegt, um dort die sich bis in den Regattabereich ausbreitenden Makrophytenbestände zu reduzieren und die Essener Segelwoche mit nur geringen Einschränkungen zu ermöglichen. Die dortige Arbeit wurde dadurch erschwert, dass es sich zu meist um Mischbestände verschiedener Pflanzenarten handelte, die nicht alle in gleichem Maße durch Mahd reduziert werden. So können die flutenden Bestände des Igelkolbens und des Pfeilkrauts mit ihren bandförmigen langen Blättern nicht vom Mähboot erfasst und abgeschnitten werden. Eine weitere Schwierigkeit ergibt sich durch das Hornkraut, das lokal in kleinen Bereichen des Baldeneysees die dominierende Wasserpflanzenart ist. Diese Art ist nicht im Sediment verwurzelt, sondern treibt untergetaucht in der Wassersäule. Diese Art ist daher mit dem Mähboot ebenfalls nicht erfassbar. Dennoch wurden auch hier ca. 90 t Pflanzenmaterial durch Mahd entnommen, was Entsorgungskosten von rund 8.500 € verursachte.

Hengstey- und Harkortsee

In den beiden oberen Ruhrstauseen Hengstey- und Harkortsee bildeten sich im Jahr 2015 ebenfalls wieder ausgedehnte Pflanzenbestände. Diese wurden zwar immer noch von *Elodea nuttallii* bestimmt, aber eine Kartierung der Makrophytenbestände am 06. Oktober 2015 zeigte auch hier eine sich ab-

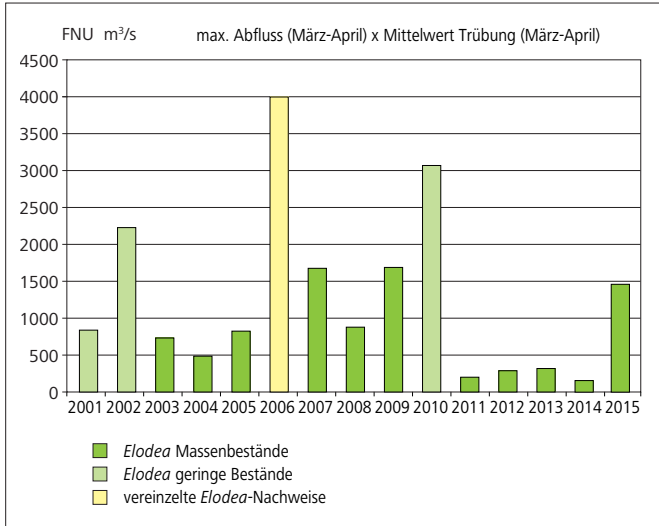


Bild 6.38: Produkt aus maximalem Abfluss und dem Mittelwert der Trübung des Zeitraums März bis April an der Messstation Hattingen (= unterhalb Kemnader See) in den Jahren 2001 bis 2015 mit Zuordnung zu der entsprechenden Elodea-Bestandssituation

Fig. 6.38: Product of the maximum discharge and mean turbidity in March and April at Hattingen gauging station (downstream of Lake Kemnade) from 2001 to 2015 in relation to Elodea abundance

zeichnende Entwicklung von *Elodea*-Dominanzbeständen hin zu artenreicheren Mischbeständen verschiedener Wasserpflanzenarten. In Tabelle 6.3 und 6.4 sind die nachgewiesenen Arten, klassifiziert in der 5-stufigen Häufigkeitsklassierung nach [6.20] (siehe Tabelle 6.5), aufgelistet. Es zeigt sich, dass sich neben *Elodea nuttallii* lokal auch weitere Arten Massenbestände entwickelt haben.

Tabelle 6.3: Artenliste der Wasserpflanzen des Harkortsees mit Häufigkeitsklassen nach [6.20], Bestandserhebung am 6. Oktober 2015

Table 6.3: Species list of aquatic macrophytes in Lake Harkort with abundance classes [6.20], aquatic macrophyte mapping on 6 October 2015

| Art | Häufigkeit |
|--|------------|
| <i>Nitella mucronata</i> (Stachelspitzige Glanzleuchteralge) | 0 oder 5 |
| <i>Elodea nuttallii</i> (Schmalblättrige Wasserpest) | 4 bis 5 |
| <i>Elodea canadensis</i> (Kanadische Wasserpest) | 0 oder 2 |
| <i>Potamogeton berchtoldii</i> (Kleines Laichkraut) | 2 bis 4 |
| <i>Sparganium emersum</i> (Einfacher Igelkolben) | 2 bis 5 |
| <i>Myriophyllum spicatum</i> (Ähriges Tausendblatt) | 2 bis 4 |
| <i>Callitriche obtusangula</i> (Nußfrüchtiger Wasserstern) | 0 oder 1 |
| <i>Sagittaria sagittifolia</i> (Pfeilkraut) | 0 oder 1 |
| <i>Nuphar lutea</i> (Gelbe Teichrose) | 0 oder 2 |
| <i>Lemna turionifera</i> (Rote Wasserlinse) | 3 |
| <i>Lemna minuta</i> (Zierliche Wasserlinse) | 3 |
| <i>Potamogeton alpinus</i> (Alpen-Laichkraut) | 1 |

Tabelle 6.4: Artenliste der Wasserpflanzen des Hengsteysees mit Häufigkeitsklassen nach [6.20], Bestandserhebung am 6. Oktober 2015

Table 6.4: Species list of aquatic macrophytes in Lake Hengstey with abundance classes [6.20], aquatic macrophyte mapping on 6 October 2015

| Art | Häufigkeit |
|--|------------|
| <i>Elodea nuttallii</i> (Schmalblättrige Wasserpest) | 4 bis 5 |
| <i>Potamogeton berchtoldii</i> (Kleines Laichkraut) | 2 bis 4 |
| <i>Sparganium emersum</i> (Einfacher Igelkolben) | 2 bis 5 |
| <i>Sagittaria sagittifolia</i> (Pfeilkraut) | 1 |
| <i>Myriophyllum spicatum</i> (Ähriges Tausendblatt) | 2 bis 4 |
| <i>Callitriche obtusangula</i> (Nußfrüchtiger Wasserstern) | 1 |
| <i>Nuphar lutea</i> (Gelbe Teichrose) | 0 bis 3 |
| <i>Ranunculus fluitans</i> (Flutender Hahnenfuß) | 0 bis 2 |
| <i>Lemna turionifera</i> (Rote Wasserlinse) | 3 |
| <i>Lemna minuta</i> (Zierliche Wasserlinse) | 3 |
| <i>Potamogeton perfoliatus</i> (Durchwachsenes Laichkraut) | 1 |
| <i>Potamogeton nodosus</i> (Knoten-Laichkraut) | 1 |

stände entwickelt haben. Positiv ist dabei z.B. im Harkortsee, dass es lokal einen Bereich mit Massenbeständen der Armleuchteralgenart *Nitella mucronata* gibt (Bild 6.39). Diese Pflanze gilt als Leitart (Artengruppe A: Arten, die an Referenzstellen dominieren und somit als typspezifisch bezeichnet werden können [6.21] für den Makrophyten-Gewässertyp MP – potamal geprägte Fließgewässer der Mittelgebirge, Voralpen und Alpen) und erreicht nur eine Wuchshöhe von 30 cm [6.22]. Ihr Vorkommen bestätigt damit die ökologische Qualität des Harkortsees. Sie ist zudem eine Pflanzenart, die auf Grund ihrer geringen Wuchshöhe die Wassersportnutzung nicht beeinträchtigt. Aus ökologischer Sicht sehr erfreulich und zudem ein weiterer Beleg für die ökologische Qualität der beiden oberen Ruhrstauseen ist der Fund dreier Großlaichkraut-Arten: *Potamogeton alpinus* (Alpen-Laichkraut), *Potamogeton perfoliatus* (Durchwachsenes Laichkraut) und *Potamogeton nodosus* (Knoten-Laichkraut) (Bild 6.40). Diese Arten stehen auf der Roten Liste der gefährdeten Arten in NRW [6.23, 6.24], die beiden letztgenannten galten bis dahin für das Ruhreinzugsgebiet als ausgestorben bzw. verschollen.

Auch im Jahr 2015 konnte in den oberen beiden Ruhrstauseen nicht in größerem Umfang gemäht werden, jedoch wurden zur Unterstützung der Wassersportler kleinräumig an Liegeplätzen und zur Schaffung von Korridoren zu noch freien Wasserflächen lokale Makrophytenbestände etwas dezimiert. Zum Teil unterstützten auch Wassersportvereine eigenständig dieses Bemühen. Trotzdem blieb in beiden Ruhrstauseen die Behinderung der Wassersportnutzung durch die Makrophytenbestände weiterhin erheblich.

Bild 6.41 gibt den Treibgutanteil im Jahr 2015 am Wehr des Hengsteysees im Vergleich zu den Vorjahren wieder. Es ist auf-

Tabelle 6.5: Schätzskala der Häufigkeit nach [6.20]
 Table 6.5: Range of estimates of abundance according to [6.20]

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



Bild 6.39: Stachelspitzige Glanzleuchteralge *Nitella mucronata* im Harkortsee

Fig. 6.39: Compact Stonewort *Nitella mucronata* in Lake Harkort

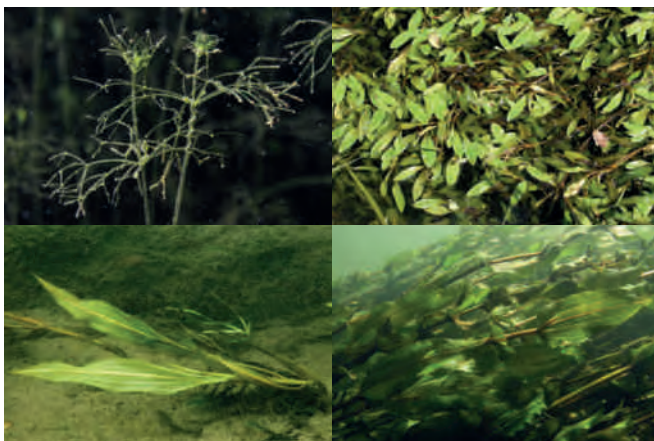


Bild 6.40: Funde seltener Wasserpflanzenarten in Harkort- und Hengsteysee. Oben links: Stachelspitzige Glanzleuchteralge (*Nitella mucronata*), oben rechts: Alpen-Laichkraut (*Potamogeton alpinus*), unten links: Knoten-Laichkraut (*Potamogeton nodosus*), unten rechts: Durchwachsenes Laichkraut (*Potamogeton perfoliatus*). Bilder: K. van de Weyer, lanaplan

Fig. 6.40: Discovery of rare water plant species in Lake Harkort and Lake Hengstey. Upper left: pointed Stonewort (*Nitella mucronata*), upper right: alpine pondweed (*Potamogeton alpinus*), lower left: longleaf pondweed (*Potamogeton nodosus*), lower right: claspingleaf pondweed (*Potamogeton perfoliatus*). Photos: K. van de Weyer, lanaplan

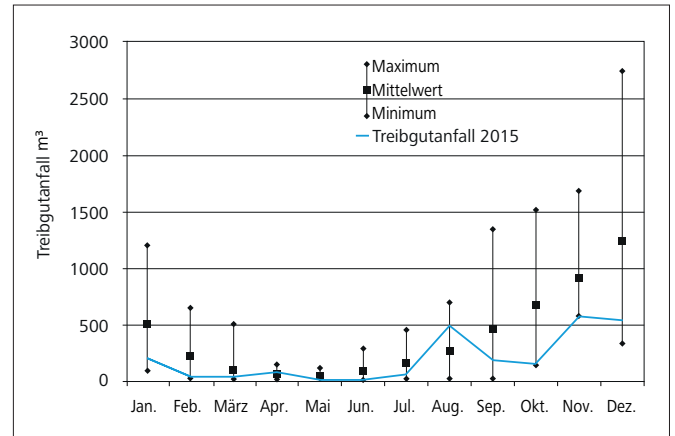


Bild 6.41: Mittelwert des monatlichen Treibgutfalls [m³] mit Minimum- und Maximum-Werten an der Rechenanlage des Wasserkraftwerks am Hengsteysee im Zeitraum 2007 bis 2015, sowie der zeitliche Verlauf der Treibgutmengen für das Jahr 2015

Fig. 6.41: Mean value of the monthly amount of floating debris [m³] with minimum and maximum volumes at the screening system of the hydropower plant at Lake Hengstey from 2007 to 2015, and the development of debris volumes during 2015

fällig, dass bis auf April und August in allen anderen Monaten die Menge der abtreibenden Pflanzenbiomasse unter dem langjährigen Mittel, im Herbst sogar im Bereich der Minimalwerte des Zeitraumes 2007 bis 2015 lag. Dies ist erstaunlich, da mit einem Bedeckungsgrad von rund 33 % ausreichend Pflanzenmaterial im See vorhanden war, das sich potenziell im Herbst als Treibgut an der Wehranlage hätte sammeln können. Dass dies nicht in dem erwarteten Maß geschah, ist möglicherweise ein weiterer Beleg für den Wechsel von einer *Elodea*-Dominanz hin zu Mischbeständen mit Wasserpflanzenarten, die nicht wie *Elodea* im Herbst brüchig werden und schon bei leicht erhöhten Abflüssen abtreiben. Erst die Hochwassersituation im Dezember 2015 war augenscheinlich in der Lage, den überwiegenden Teil der Makrophytenbestände auszuspülen. Da während dieses Hochwassers jedoch die Wehrklappen geöffnet waren, wurde die Pflanzenbiomasse, ohne dass sie quantifiziert werden konnte, ausgetragen.

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

[6.21] Bayerisches Landesamt für Umwelt (Hrsg.): PHYLIB - Verfahrensanleitung für die ökologische Bewertung von Fließgewässern zur Umsetzung der EG-Wasserrahmenrichtlinie: Makrophyten und Phytobenthos. Stand Version 13.08.2012, 191 Seiten.

[6.22] Krause, W.: Charales (Charophyceae). Süßwasserflora von Mitteleuropa, Bd. 18, Gustav Fischer, Jena, 202 Seiten.

[6.23] Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz NRW (Hrsg.): Rote Liste und Artenverzeichnis der Armleuchteralgen - Characeae - in Nordrhein-Westfalen, 3. Fassung, Stand November 2010.

[6.24] Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz NRW (Hrsg.): Rote Liste und Artenverzeichnis der Farn- und Blütenpflanzen - Pteridophyta et Spermatophyta - in Nordrhein-Westfalen, 4. Fassung, Stand Dezember 2010.

Baldeneysee

Während die oberen drei Ruhrstauseen Hengsteysee, Harkortsee und Kernader See 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 im Baldeneysee anders dar. Hier herrschte in den letzten Jahren fast immer ein Phytoplankton-dominiertes Zustand (Bild 6.42). 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. Auffällig war zunächst, dass sich, anders als in den Jahren zuvor, fast überall im Baldeneysee vereinzelt Blätter der Teichrose (*Nuphar lutea*) zeigten. Im Juli war der Flachwasserbereich am linken Ufer oberhalb der Mündung des Hesperbachs deutlich verkrautet. Die Makrophyten, v.a. *Elodea nuttallii*, vergesellschaftet mit dem Einfachen Igelkolben (*Sparganium emersum*), erreichten dort bereits die Wasseroberfläche. Zu dieser Zeit waren die Makrophyten in der Seemitte zwischen Stauseebogen und Hafen Scheppen von oben noch nicht bzw. kaum zu erkennen. Harkuntersuchungen und eine Betauchung zeigten aber, dass sich makrophytenbestandene Inseln mit wenigen Quadratmetern Fläche direkt benachbart zu makrophytenfreien Bereichen gebildet hatten. Auffällig war dabei die Artenzusammensetzung der Makrophyteninseln: Es existierten sowohl Pflanzeninseln, die von nur einer Art dominiert wurden – also *Elodea nuttallii*-Inseln, Igelkolben-Inseln (*Sparganium emersum*) und Hornkraut-Inseln (*Ceratophyllum demersum*) –, aber auch vor allem Pflanzeninseln mit hoher Artendiversität auf engstem Raum. In

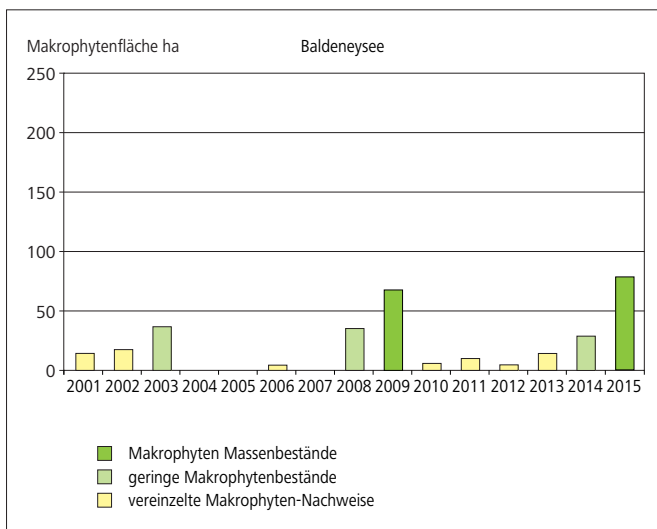


Bild 6.42: Makrophytenflächen im Baldeneysee in den Jahren 2000 bis 2015 (Daten auf Basis von Satelliten- und Luftbildauswertungen sowie Vor-Ort-Kartierung)

Fig. 6.42: Macrophyte cover in Lake Baldeney from 2000 to 2015 (data based on satellite and aerial view pictures as well as field mapping)

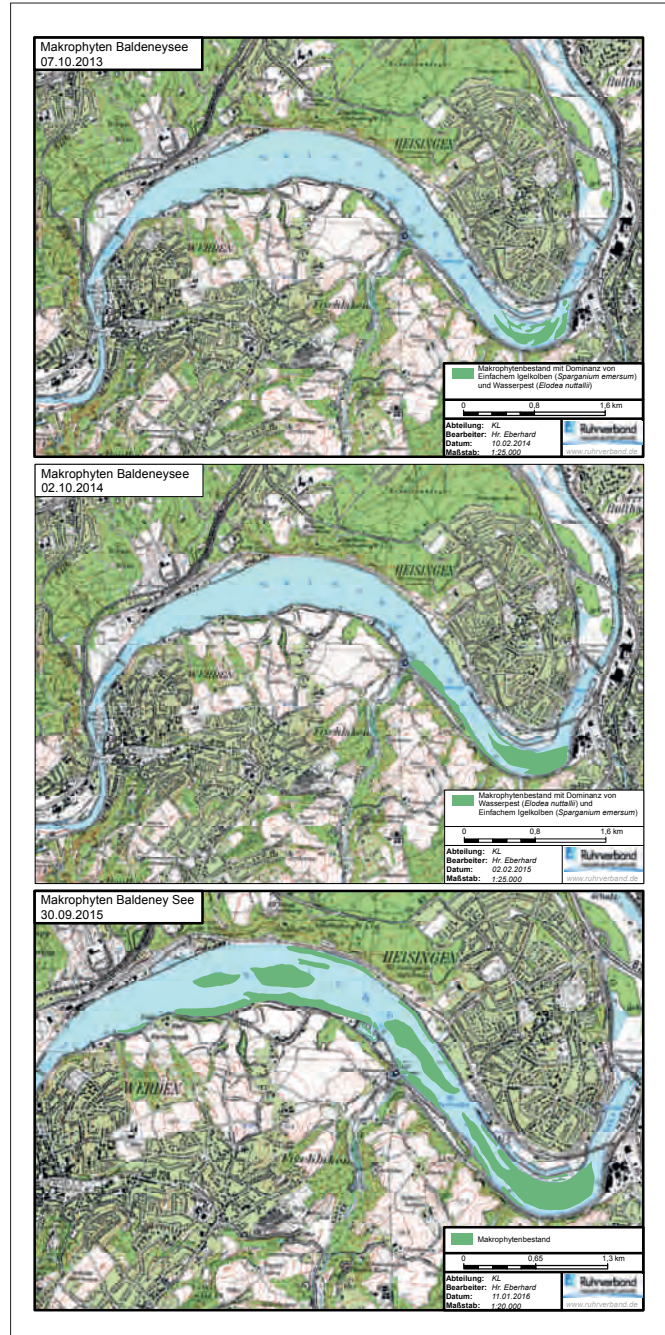


Bild 6.43: Makrophytenflächen im Baldeneysee (Auswertung auf Basis der Überfliegungen am 7. Oktober 2013, 2. Oktober 2014 und 30. September 2015). Gut erkennbar ist die fortschreitende Ausdehnung der Makrophytenflächen seeabwärts bis in den unteren Bereich des Baldeneysees

Fig. 6.43: Macrophyte cover in Lake Baldeney (maps based on aerial view pictures taken on 7 October 2013, 2 October 2014, and 9 September 2015). Macrophytes are progressively extending their cover range downstream

diesen wächst *Elodea nuttallii* gemeinsam mit Pfeilkraut (*Sagittaria sagittifolia*), Hornkraut, Ährigem 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. Mit der Armleuchteralgenart *Nitella mucronata* wurde auch für den Baldeneysee eine gewässertypspezifische Art nachgewiesen. Diese Situation ist hier neu und unterscheidet sich aus gewässerökologischer Sicht sehr positiv von der Situation der Vorjahre. Auch im Baldeneysee ist der Rückgang der Phytoplanktondichte in den letzten beiden Jahren die Ursache für den rasanten Anstieg der Pflanzendiversität. Verursacht wird der ungewöhnliche Rückgang des Phytoplanktons vermutlich durch die Invasion der planktonfiltrierenden Asiatischen Korbchenmuschel *Corbicula*.

Im Jahr 2015 nahm nicht nur die Diversität der Pflanzenarten deutlich zu, sondern auch die Bestände dehnten sich, begünstigt durch die zunehmende Klarheit des Wassers, weiter seeabwärts aus (Bild 6.43). Zudem bildeten die zunächst noch inselhaft vorkommenden Makrophyten zunehmend zusammenhängende Flächen. Damit war der verkrautete Bereich des Baldeneysees im Jahr 2015 mit 78,5 ha sogar noch größer als die Fläche im Jahr 2009 mit 66,9 ha (Tabelle 6.2).

Als es im späten Frühjahr 2015 bereits erste Hinweise auf einen möglicherweise Makrophyten-dominierten Zustand im Baldeneysee gab, wurden Pilotversuche zur mechanischen Reduzierung der Makrophytenbestände gestartet. Ziel dieser Versuche war es – anders als bei der Mahd – die Pflanzen entweder inkl. der Wurzeln vollständig aus dem Sediment herauszureißen oder aber sie mit schwerem Gerät in das Sediment einzuarbeiten. Zum Einsatz kamen Schleppsense, Egge, Doppel-T-Träger und Polterkette.

Für die Versuche wurden Testfelder im Baldeneysee vor dem Hafen Scheppen ausgetonnt und die Makrophytenbestände vor der Versuchsdurchführung von Tauchern durch eine Unter-

Tabelle 6.2: Vergleich der Makrophytenbestandsflächen [ha] in den oberen vier Ruhrstauseen in den Jahren 2010 bis 2015
Table 6.2: Vegetation cover [ha] in the four impounded lakes of the Ruhr in the time period 2010 to 2015

| | Makrophytenfläche [ha] | | | |
|------|------------------------|------------|--------------|-------------|
| | Hengsteysee | Harkortsee | Kemnader See | Baldeneysee |
| 2009 | 136 | 137 | 63 | 67 |
| 2010 | 22 | n.b. | 19 | 5 |
| 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 |

Tabelle 6.6: Monitoring-Ergebnisse der Maßnahmen in Baldeneysee auf Höhe des Hafens Scheppen. Bedeckung der dominierenden Makrophytenarten in Häufigkeitsklassen nach [6.20]
Table 6.6: Monitoring results of the measures taken in Lake Baldeney near the Scheppen harbour. Water surface coverage of the dominating macrophyte species by abundance classes according to [6.20]

| Schleppsense | 08.07.2015 vor Maßnahme | 08.07.2015 nach Maßnahme | 14.08.2015 Nachkontrolle |
|--|-------------------------|--------------------------|--------------------------|
| Vegetationsbedeckung | 45 % | 40 % | 65 % |
| Schmalblättrige Wasserpest (<i>Elodea nuttallii</i>) | H 3 | H 3 | H 4 |
| Wasserstern (<i>Callitriche cf. obtusangula</i>) | H 3 | H 3 | H 3 |
| Einfacher Igelkolben (<i>Sparganium emersum</i>) | H 3 | H 3 | H 3 |

| Polterkette | 08.07.2015 vor Maßnahme | 08.07.2015 nach Maßnahme | 14.08.2015 Nachkontrolle |
|--|-------------------------|--------------------------|--------------------------|
| Vegetationsbedeckung | 35 % | 10 % | 80 % |
| Schmalblättrige Wasserpest (<i>Elodea nuttallii</i>) | H 3 | H 1 | H 4 |
| Wasserstern (<i>Callitriche cf. obtusangula</i>) | H 3 | H 2 | H 3 |
| Einfacher Igelkolben (<i>Sparganium emersum</i>) | H 2 | H 2 | H 2 |

wasserkartierung erfasst. Direkt nach den Versuchen erfolgte eine erneute Betauchung, um akute Effekte der Maßnahmen zu erfassen. Eine weitere Betauchung ca. einen Monat nach der Maßnahme sollte die Dauerhaftigkeit der Wirkung prüfen.

Nach Abstimmung mit der Genehmigungsbehörde wurden die Versuche am 8. Juli 2015 durchgeführt. In Tabelle 6.6 sind die Monitoringergebnisse für den Einsatz von Schleppsense und Polterkette (Bild 6.44) vergleichend gegenübergestellt. Der Doppel-T-Träger konnte nicht in dem geplanten Umfang eingesetzt werden, da er auf Grund seines Gewichts zu tief in das Sediment eindrang und dann nicht mehr vorwärts gezogen werden konnte. Die Ergebnisse mit dem Einsatz der Egge entsprechen den Befunden mit der Schleppsense. Beide Geräte wurden über die Sedimentoberfläche gezogen, wodurch die Pflanzen flach niedergedrückt wurden, sich aber danach wieder unbeschädigt aufrichteten. Daher zeigten sich im direkten Vergleich vor und nach der Maßnahme keine Unterschiede in dem Bedeckungsgrad und der Wuchshöhe. Einen Monat nach der Maßnahme hatte die Verkräutung in den Testarealen von Schleppsense und Egge weiter zugenommen. In der Testfläche, die mit der Polterkette behandelt worden war, zeigte sich zwar eine gewisse direkte Wirkung mit einer Reduzierung der Bestände um 25 Prozentpunkte. Dieser Effekt war aber nur von kurzer Dauer. Bereits einen Monat nach der Maßnahme erreichte diese Fläche eine höhere Makrophytenbedeckung als



Bild 6.44: Versuche zur mechanischen Reduktion von Elodea-Beständen im Baldeneysee am 8. Juli 2015. Links: Schleppsense, rechts: Polterkette
 Fig. 6.44: Trials for the mechanical reduction of Elodea in Lake Baldeney on 8 July 2015. Left: trailing knife unit, right: dredging chain



Bild 6.45: Gewässergrund des Baldeneysees nach Einsatz der Polterkette. Auch in vegetationsfreien Abschnitten finden sich Pflanzenfragmente. Bild: K. van de Weyer, lanaplan
 Fig. 6.45: Bottom of Lake Baldeney after using the dredging chain. Plant fragments can be found even in the sections free of vegetation. Photo: K. van de Weyer, lanaplan



Bild 6.46: Bisspuren an Elodea nuttallii im Baldeneysee
 Fig. 6.46: Grazing marks on Elodea nuttallii in Lake Baldeney

z.B. die mit der Schleppsense behandelte Fläche. Die beim Einsatz der Polterkette entstehenden kleinen Pflanzenfragmente (Bild 6.45) haben hier wahrscheinlich für eine dichte Neubesiedlung der durch die Behandlung entstandenen kleinen freien Bereiche gesorgt. Damit sind die vier getesteten mechanischen Verfahren nicht geeignet, die Makrophytenentwicklung zu unterbinden. Sie stellen somit keine Alternative zur Mahd dar, die ihrerseits nur kurzfristig die Bestände in der Wuchslänge reduzieren kann, ohne dass sie jedoch die Bestände selber schädigt.

Als weitere Maßnahme zur Reduzierung der *Elodea*-Bestände wurden auch im Jahr 2015 wieder Rotfedern im Baldeneysee eingesetzt. Wie Kontrollbefischungen im Oktober 2015 ergaben, konnten sich trotz wiederholtem Besatz in den letzten Jahren immer noch keine individuenreichen Bestände etablieren, die in der Lage wären, die Entwicklung von Massenbeständen zu kontrollieren. Bei der Betauchung der Testareale vor dem Einsatz der mechanischen Maßnahmen zeigten sich jedoch vereinzelt Bisspuren an den *Elodea*-Pflanzen (Bild 6.46). Diese waren aber zu dem Zeitpunkt bereits in ihrem Wachstum so weit fortgeschritten, dass sich der Verbiss nicht bestandsregulierend auswirken konnte.

Kettwiger Stausee

Im Kettwiger Stausee zeigten sich im Jahr 2015 – anders als in den Jahren zuvor – erstmals ausgedehnte zusammenhängende Makrophytenbestände von insgesamt 7,2 ha Fläche, die sich vor allem entlang der Ufer bildeten (Bild 6.47). In den Jahren zuvor war *Elodea* meist nur vereinzelt und als schmaler Saum entlang der Ufer zu finden gewesen. Im Jahr 2015 hatte sich die Fläche am linken Ufer vor dem Campingplatz gegenüber der Kettwiger Rudergesellschaft e.V. besonders stark ausgedehnt. Für die dort liegenden Sportboote war das Verlassen der Liegeplätze deutlich erschwert (Bild 6.48). Auffällig ist, dass es sich bei den Makrophyten im Kettwiger Stausee anders als in den oberhalb gelegenen Stauseen fast ausschließlich um



Bild 6.47: Luftbild des Kettwiger Stausees, eingefärbt: Ausdehnung der Makrophytenbestände
 Fig. 6.47: Aerial view of the Kettwig impounding lake, coloured: spread of macrophytes

Elodea nuttallii handelte. Dazwischen fanden sich vor allem in den flachen Bereichen Schwimmblätter der Gelbblütigen Teichrose (*Nuphar lutea*). Eine vergleichbar hohe Artenvielfalt an Wasserpflanzen, wie sie im Jahr 2015 im Baldeneysee nachgewiesen wurde, fehlte im Kettwiger Stausee. Die Entwicklung der Makrophyten im Kettwiger Stausee im Jahr 2015 macht es daher notwendig, das Makrophyten-Monitoring des Ruhrverbands zur Quantifizierung vor allem der *Elodea*-Bestände zukünftig auch auf den Kettwiger Stausee mit auszudehnen.



Bild 6.48: Makrophytenbestände im Kettwiger Stausee
 Fig. 6.48: Macrophytes in the Kettwig impounding lake

Zusammenfassung zur Trophie

Auch das Jahr 2015 zeichnete sich durch sehr geringe Algenkonzentrationen in der unteren Ruhr aus. Ohne Phytoplankton kann sich algivores (algenfressendes) Zooplankton ebenfalls nicht entwickeln. Somit weist die planktische Produktivität der unteren Ruhr trotz einzelner Jahre mit höherer Produktivität insgesamt eine stark abnehmende Tendenz auf. Als Ursache werden das in den oberen Ruhrstauseen verstärkte Auftreten von Makrophyten mit ihrem konkurrierenden Nährstoff- und Lichtbedarf bzw. der zunehmende Einfluss von algenfressenden *Corbicula*-Muscheln diskutiert. 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 keine negativen Auswirkungen auf die Fischfauna festgestellt werden. Aktuelle Bestandserhebungen aus dem Jahr 2015 zeigten im Baldeneysee im Vergleich zum Jahr 2009 eine Zunahme der Fischbestände.

Die geringe Phytoplanktondichte im Bereich der Ruhrstauseen hatte zur Folge, dass, wie in den Jahren zuvor, ausreichend Licht bis zum Grund der Ruhrstauseen dringen konnte. Da zudem Hochwasserereignisse im Frühjahr ausblieben, bildete sich wiederum ein Makrophyten-dominiertes Zustand aus. Dabei war im Jahr 2015 die Dominanz der Wasserpest *Elodea nuttallii* nicht mehr so ausgeprägt wie in den Jahren zuvor, und es konnten weitere Wasserpflanzen, die z.T. selten und geschützt sind, erstmals nachgewiesen werden. Die Zunahme der Pflanzendiversität war besonders im Baldeneysee deutlich. Dort dehnten sich die Bestände bis in die Bereiche der Regattastrecken aus, so dass es notwendig wurde, durch Mahd die Beeinträchtigung des Wassersports zu verringern. Während die oberen vier Ruhrstauseen im Jahr 2015 als Makrophyten-dominiert einzustufen sind, blieb der Kettwiger Stausee weiter Phytoplankton-dominiert, ohne dass auch hier Chlorophyllgehalte über 28 µg/l auftraten. Aber auch hier nahm der *Elodea*-Bewuchs im Uferbereich deutlich an Fläche zu.

7 Talsperrenuntersuchungen – Biggetalsperre

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 aus 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 hin 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, führten zu einer Reduzierung des Nährstoffeintrags in die Oberflächengewässer und damit auch in die Talsperren. Unterstützt wurden und werden diese Maßnahmen durch den 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 die Kleinkrebse *Daphnia* und *Bosmina*, und deren erhöhter Fraßdruck auf das Phytoplankton unterstützen in den letzten 15 Jahren die Entwicklung zu selteneren, negativen Eutrophierungserscheinungen (z.B. Algenmassenentwicklungen).

Die limnologischen Untersuchungen der Ruhrverbandstalsperren einschließlich der verschiedenen Zuflusskomponenten und des Auslaufs blicken auf eine nunmehr 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 Vegetationsperi-

ode siebenmal an der Oberfläche bzw. in mehreren Tiefen an ausgewählten Stellen physikalisch-chemisch und biologisch untersucht. Der jahreszeitlichen Veränderung der limnischen Gegebenheiten im Staukörper, die sowohl im Längs- als auch im Tiefenprofil in physikalischen (Temperaturschichtung) und biologischen (Planktonentwicklung) Einflüssen begründet liegen, wird durch die Wahl der Probenahmestellen und die Festlegung der jeweiligen Probenahmetiefen vor Ort per 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 einer adäquaten fischereilichen Bewirtschaftung, dem frühzeitigen Handeln bei Gefährdungen des Ökosystems oder der Gewässernutzungen sowie der Überwachung und Bewertung entsprechend den Vorgaben der OGewV [7.1].

Die Bewertung stehender Gewässer, wie hier der Talsperren, erfolgt in erster Linie durch die Bestimmung des Trophiegrads. Diese wird entsprechend dem LAWA-Abschlussbericht 2013 [7.2] mit den Anpassungen zur „Vorläufigen Richtlinie für die Trophieklassifikation von Talsperren“ [7.3] 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 7.1 ist die dreißigjährige Entwicklung der Trophie der Ruhrverbandstalsperren dargestellt.

In den letzten zehn Jahren haben die trophischen Verhältnisse der Henne-, Möhne- und Biggetalsperre ein stabiles Niveau im mittleren mesotrophen Bereich erreicht. Die erkennbare Schwankungsbreite in diesem Zeitraum ist auf die unterschiedlichen hydrologischen und klimatischen Bedingungen in den einzelnen Jahren zurückzuführen. Die Sorpetalsperre hat in ihrer limnischen Geschichte sogar fast eine ganze Trophiestufe übersprungen. Während Mitte der 1980er Jahre noch von einem eutrophen Gewässer gesprochen werden konnte, sind nunmehr seit drei Jahren trophische Verhältnisse im oberen oligotrophen Bereich vorhanden. Hier hat sich vor allem die vor etwa 15 Jahren erfolgte Außerbetriebnahme der in das Vorbecken entwässernden Kläranlage Sundern-Amecke positiv auf die Nährstoffverhältnisse in der Talsperre ausgewirkt. Die 1997 vom Ruhrverband übernommene Ennepetalsperre hat sich hinsichtlich der Trophie nur wenig verändert und befindet sich im unteren Bereich der Mesotrophie. Die nicht von Stauspiegelschwankungen betroffene Listertalsperre, die wie ein Vorbecken betrieben wird, bewegt sich wie die Sorpetalsperre im Grenzbereich zwischen Meso- und Oligotrophie. Die Verse- und Fürwiggetalsperre, deren Einzugsgebiete durch Wälder dominiert sind, weisen im gesamten Betrachtungszeitraum oligotrophe Verhältnisse auf.

In der versauerten, ehemals ultraoligotrophen Fürwiggetalsperre hat sich im Anschluss an eine 2006/2007 durchgeführte Sanierungsmaßnahme, für die die Talsperre entleert wurde, nach dem Wiedereinstau die Trophie erhöht. Dafür sind haupt-

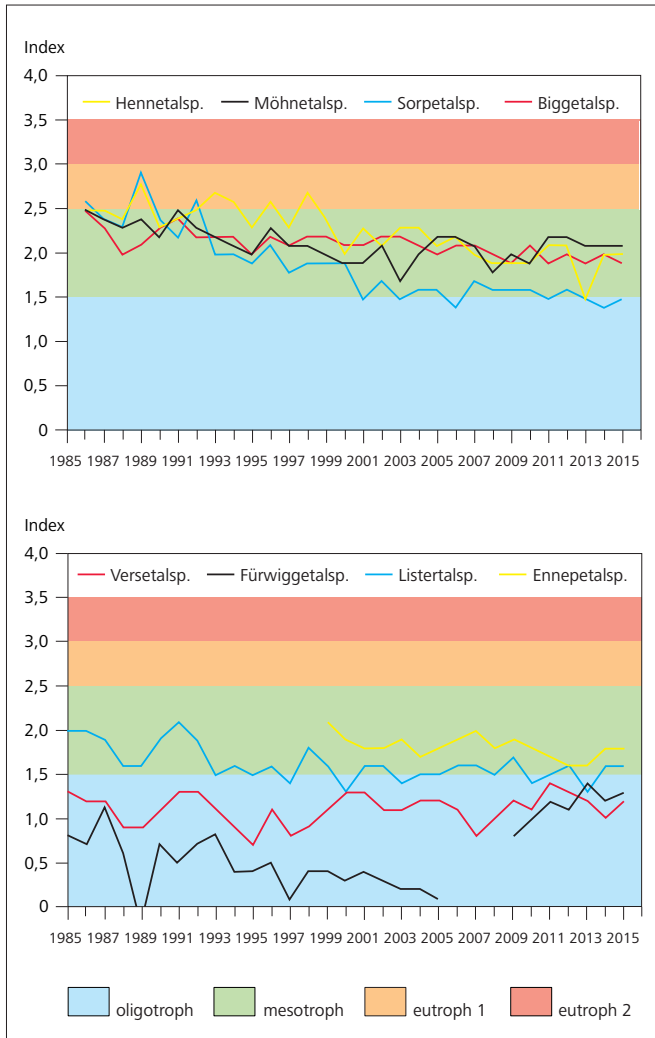


Bild 7.1: Entwicklung der Trophie in den letzten 30 Jahren in den Ruhrverbandstalsperren entsprechend der überarbeiteten Richtlinie für die Trophieklassifikation von Talsperren (LAWA 2013)
 Fig. 7.1: Development of the trophic status in the Ruhrverband's reservoirs during the last 30 years according to the revised directive for the trophic classification of reservoirs (LAWA 2013)

sächlich autochthone Vorgänge wie die Mineralisierung der während des Abbaus gebildeten terrestrischen Biomasse (Bild 7.2) verantwortlich, die Nährstoffgehalt und Primärproduktion haben ansteigen lassen. Auch das Phytoplankton durchläuft seit Jahren eine Sukzession. So waren nach dem Wiedereinstau zunächst nur 20 Taxa vorhanden, deren Zahl sich dann bis 2014 bis auf 87 erhöht hat. 2015 waren dagegen nur noch 47 Taxa nachweisbar. Vor allem fehlten nun Grün- und Kieselalgen. 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. Es ist allerdings auch festzuhalten, dass die Fürwiggetalsperre nach wie vor eine oligotrophe Talsperre darstellt.



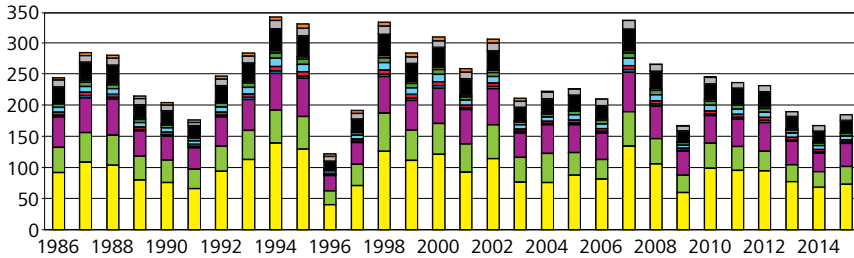
Bild 7.2: Leere Fürwiggetalsperre mit Pflanzenbewuchs im Jahr 2006
 Fig. 7.2: The empty Fürwigge Reservoir with vegetation, 2006

Auch die Ruhrverbandstalsperren reagieren auf klimatische Veränderungen, sei es mit Schwankungen in der Trophie oder mit besonderen limnischen Verhältnissen. So haben sich in den letzten Jahren durch die früher beginnende und später endende Vegetationsperiode die Bedingungen für eine planktische Primärproduktion verbessert. Diese erreichte in einigen Jahren schon vor der Sommerstagnation das Frühjahrsmaximum, das über die gesamte Wassersäule zu hohen Chlorophyll-a-Gehalten führte. Durch den folgenden mikrobiellen Biomasseabbau noch in der Phase der Vollzirkulation gelangten die freigesetzten Phosphorverbindungen, die üblicherweise im Hypolimnion verbleiben, wieder in die oberflächennahe trophogene Zone. Die Folge war, dass an mehreren Talsperren die epilimnischen Phosphor-Gehalte etwas höher als üblich waren. Ein eindeutiger Trend bei der Primärproduktion ist allerdings noch nicht zu erkennen.

Es fällt jedoch auf, dass in den Talsperren Henne, Möhne und Bigge die grundnahe Zehrung des Sauerstoffs erst später einsetzt, die metalimnische Sauerstoffzehrung allerdings an Bedeutung gewinnt. Das kann dazu führen, dass bei der Bildung einer sauerstofffreien Schicht Fische aus dem sauerstoffarmen Tiefenwasser nicht mehr in das sauerstoffreiche Epilimnion aufsteigen. Mit einer fortschreitenden hypolimnischen Sauerstoffzehrung können kritische Verhältnisse vor allem für die kalteadaptierten Maränen die Folge sein. Diese Prozesse gilt es im Spätsommer und Herbst zu beobachten. Im Jahr 2015

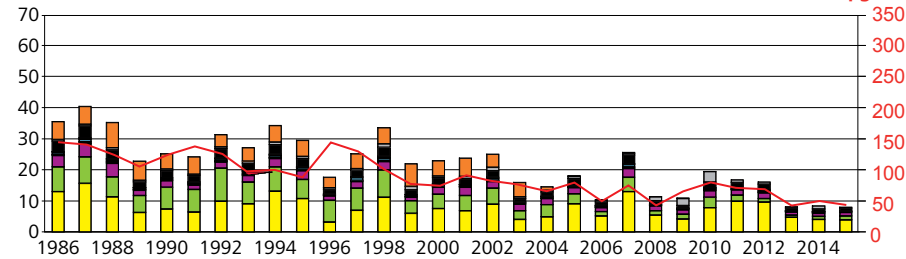
- [7.1] Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit (Hrsg.): Verordnung zum Schutz der Oberflächengewässer (OGewV) Berlin, Juni 2016
- [7.2] Länderarbeitsgemeinschaft Wasser (LAWA) – ProjektNr. O 4.10 Abschlussbericht: Ökologische Bewertung von natürlichen, künstlichen und erheblich veränderten Seen mit der Biokomponente Phytoplankton nach den Anforderungen der EU-Wasserrahmenrichtlinie, Stand Mai 2013
- [7.3] Länderarbeitsgemeinschaft Wasser (LAWA) 2001 (Hrsg.): Gewässerbewertung – stehende Gewässer. Vorläufige Richtlinie für die Trophieklassifikation von Talsperren, Schwerin: Kulturbuch Verlag Berlin GmbH 2001. ISBN 3889612377

Zulauf Mio. m³ / a



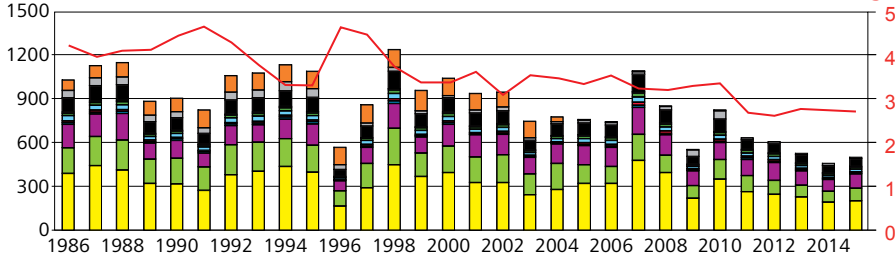
TP t / a

TP µg/l



TN t / a

TN mg/l



CSB t / a

CSB mg/l

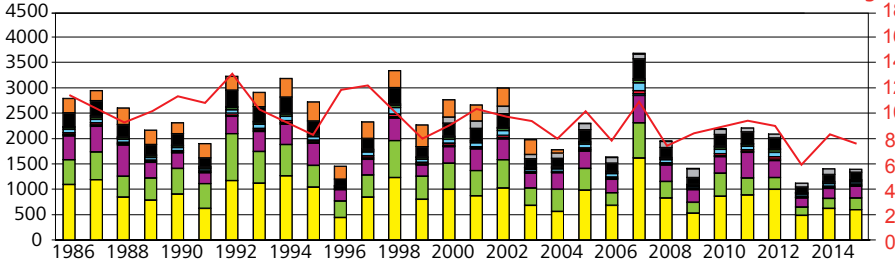


Bild 7.3: Zulaufmengen und wassermengengewichtete Jahresmittel aller untersuchten Zuflusskonzentrationen an der Biggetalsperre in den letzten 30 Jahren

Fig. 7.3: Input loads and flow-weighted annual means of analysed inflow concentrations at the Bigge Reservoir during the last 30 years

konnte für die drei genannten Talsperren im August/September Entwarnung gegeben werden.

Insgesamt stellt sich die Nährstoffsituation in den Ruhrverbandstalsperren als gut bzw. sehr gut dar, wie auch die langjährige Entwicklung der Trophie zeigt. Der erfolgreiche Weg einer Verminderung der Nährstoffeinträge, der ökologisch orientierten Bewirtschaftung und des Erhalts eines funktionierenden Nahrungsnetzes schaffen die Grundlagen für attraktive Gewässer auch im Bereich der Naherholung. Abhängig von der wasserwirtschaftlichen Nutzung (Trinkwassergewinnung, Abflussregulierung) sind auf den Talsperren Segeln, Surfen, Baden und Angeln möglich, was neben dem attraktiven Umfeld jedes Jahr viele Erholungssuchende anzieht, die die Ruhrverbandstalsperren im Sauerland besuchen.

Biggetalsperre

Die Biggetalsperre bildet zusammen mit der als Vorbecken betriebenen Listertalsperre ein Talsperrensystem und ist mit 171,7 Mio. m³ Stauraum die größte und wasserwirtschaftlich bedeutendste Talsperre im Ruhreinzugsgebiet. Sie wurde 1965 in Betrieb genommen und stellt 37 Prozent des Gesamtstauraums der Ruhrverbandstalsperren. Neben der Sicherung einer Mindestwasserführung in der unteren Ruhr sind der Hochwasserschutz und die Energieerzeugung weitere Aufgaben der Biggetalsperre. Die Listertalsperre dient darüber hinaus der Trinkwasserversorgung von Attendorn und Olpe. Neben der Listertalsperre, deren Einzugsgebiet ca. ein Viertel des Gesamteinzugsgebiets ausmacht, umfasst das Talsperrensystem noch weitere vier Vorbecken. Die Biggetalsperre bietet mit ihrer großen Wasserfläche, den zahlreichen Buchten und der beträchtlichen Uferlänge Erholungssuchenden viele Freizeitmöglichkeiten. Dazu gehören vor allem Baden, Segeln, Surfen, Paddeln, Angeln und Ausflüge auf Fahrgastschiffen. Private Motorboote mit Verbrennungsmotoren sind auf der Talsperre einschließlich der Vorbecken nicht zugelassen. Das Einzugsgebiet der Biggetalsperre (einschließlich Listertalsperre) ist zur Hälfte bewaldet. Über 40 % werden landwirtschaftlich, vor allem als Wiesen und Weiden, genutzt. Die bebaute Fläche beträgt rund 8 %.

Im dritten Jahr in Folge blieb der Jahresgesamtzulauf zur Bigge-/Listertalsperre mit knapp 185 Mio. m³ unter 200 Mio. m³ (Bild 7.3). Bezogen auf das langjährige Mittel von 248 Mio. m³, das in den letzten 13 Jahren nur zweimal überschritten wurde, beträgt die Differenz 2015 rund 25 %. Dies schlägt sich auch auf den Nährstoffeintrag in das Talsperrensystem nieder, wie u.a. auf die Zufuhr von Phosphorverbindungen. Nicht nur durch die seltener gewordenen Starkregenereignisse wurden in den letzten drei abflussarmen Jahren geringere Mengen an Phosphor aus landwirtschaftlich genutzten Flächen in die Fließgewässer und die Talsperren eingetragen. Auch die abwassertechnischen Maßnahmen wie die Aufgabe von Kläranlagen Anfang der 2000er Jahre, der Bau einer Ringkanalisation und die Inbetriebnahme der Kläranlage Biggetal im Jahr 2000 führten zum Wegfall der Einleitung von jährlich mindestens

8 Mio. m³ gereinigten Abwassers und zu einer Verminderung der Nährstoffbelastung der Gewässer im Einzugsgebiet. So wurde der Eintrag von Phosphorverbindungen in die Biggetalsperre um etwa 20 % und von Stickstoffkomponenten um ca. 10 % vermindert. Insgesamt hat sich im Vergleich zu den 1990er Jahren die Phosphorbelastung in den Zuläufen nahezu halbiert. Ähnliche Verhältnisse sind auch beim Stickstoffeintrag festzustellen, jedoch beträgt die Reduzierung hier nur etwa 25 %.



Bild 7.4: Luftaufnahme der Biggetalsperre
Fig. 7.4: Aerial view picture of the Bigge Reservoir

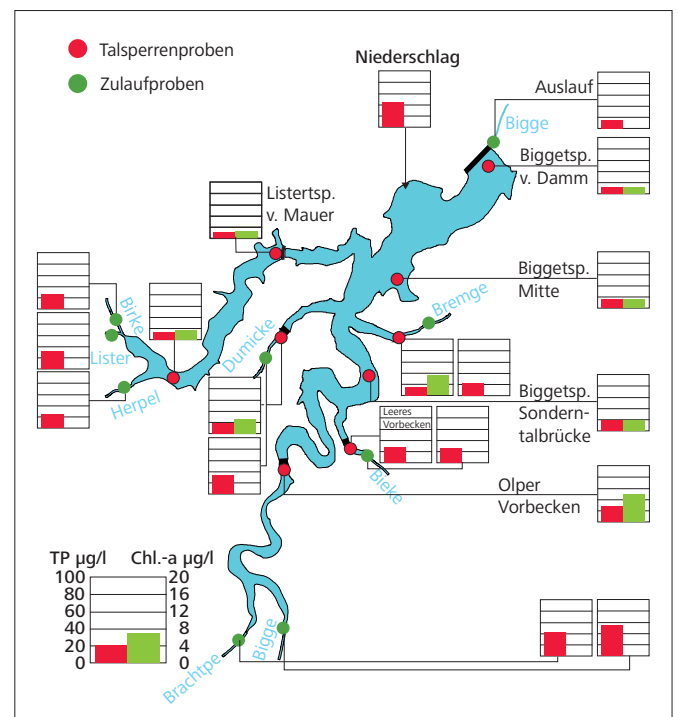


Bild 7.5: Probenahmestellen an der Biggetalsperre und Phosphor- und Chlorophyll-a-Konzentrationen im Talsperrensystem 2015
Fig. 7.5: Sampling points at the Bigge Reservoir and phosphorus and chlorophyll-a concentrations in the reservoir system in 2015

Auf der „Fließstrecke“ von den Zuläufen bis zum Auslauf der Biggetalsperre (Bild 7.4) nahmen im Jahr 2015 die Nährstoffkonzentrationen durch den Nährstoffentzug aus der Wasserphase durch Sedimentation und Abbau abgestorbener planktischer Biomasse ab (Bild 7.5). Dies führte im Talsperrenverlauf zum Rückgang der Phosphor-, aber auch der Chlorophyll-a-Konzentrationen, so dass in die Bigge unterhalb der Talsperre nur noch durchschnittlich 15 µg/l TP und 2,11 mg/l TN gelangten. Bei den resultierenden Retentionsleistungen von 67 % für Phosphor und 22 % für Stickstoff wird deutlich, welche Effizienz die Reinigungsleistung des Talsperrensystems in Bezug auf die Nährstoffe hat. In diesem Zusammenhang gilt es allerdings zu berücksichtigen, dass im Auslauf aus dem Tiefenwasser während der Sommerstagnation höhere Nährstoffgehalte als im Epilimnion vorhanden sind, so dass die durchschnittliche Gesamt-Konzentration im Staubecken der Talsperre nicht ohne weiteres mit der des Auslaufs vergleichbar ist.

Im Sommer 2015 hat die größte Sanierungsmaßnahme, die die Biggetalsperre in ihrer mittlerweile 50-jährigen Geschichte erlebt hat, stattgefunden. Die Asphalt dichtungen des Biggedamms sowie des ähnlich aufgebauten Absperrbauwerks am Vorbecken Kessenhammer hatten 50 Jahre nach der Fertigstellung der Biggetalsperre ihre Elastizität verloren und waren durch Risse geschädigt. Struktur und Standfestigkeit der Dämme waren allerdings zu keiner Zeit gefährdet. Dennoch wurde die Erneuerung der Asphalt dichtung erforderlich, um eine wesentlich teurere spätere Sanierung zu vermeiden.

Seit Jahresbeginn war die Biggetalsperre um rund 15 Meter abgesenkt worden (Bilder 7.6, 7.7) und hatte am 1. Juli den für die Sanierung notwendigen Füllstand von 292,5 Metern über NN erreicht. Zu diesem Zeitpunkt konnte mit der anspruchsvollen Aufgabe, von der ca. 30 Grad steilen Fläche die oberste Asphalt schicht abzutragen, kleinere Schäden an der unteren Dichtungslage auszubessern und eine neue Asphalt-



Bild 7.7: Probenahme an der Biggetalsperre bei abgestauter Talsperre
Fig. 7.7: Sampling at the Bigge Reservoir at reduced water level

dichtung mit abschließender Mastixschicht zum Schutz gegen vorzeitige Alterung aufzutragen, begonnen werden.

Aufgrund des stabilen Sommerwetters und einer optimierten Bauablaufplanung war der Wiederaufstau bereits eine Woche früher als geplant am 26. August möglich. Im Anschluss an die eigentliche Asphalt sanierung wurden die Wege, Frei- und Ruheflächen auf der Krone des Biggedamms neu gestaltet sowie Geländer, Infopunkte und Vermessungseinrichtungen wiederhergestellt. Während das leere Vorbecken Kessenhammer bereits Ende Oktober wieder vollständig eingestaut war, wurde der jahreszeitübliche Stauspiegel an der Biggetalsperre im Dezember 2015 nach andauernden Niederschlägen erreicht.

Im Folgenden werden u.a. die Auswirkungen des niedrigen Füllstands der Biggetalsperre in den Sommermonaten auf die limnischen Verhältnisse im Talsperrenkörper berücksichtigt. Bei den an den Untersuchungstagen ermittelten Tiefenprofilen an der Messstelle „Biggetalsperre vor Damm“ wird deutlich, dass das Stau niveau im Sommer 2015 mit 30 m Tiefe vom üblichen Wert zu dieser Jahreszeit, nämlich etwa 40 m, deutlich abweicht (Bild 7.8). Vor allem während der Sommerstagnation, bei der ein „warmer“ Wasserkörper auf einer „kalten“ Wasserschicht schwimmt, waren durch den niedrigen Füllstand der Talsperre Einflüsse auf die limnischen Verhältnisse zu erwarten, weil sich die Volumenverhältnisse zwischen dem Epilimnion, in dem vor allem die Primärproduktion stattfindet, und dem Hypolimnion, wo der sauerstoffzehrende Abbau von Biomasse erfolgt, ungünstig darstellten.



Bild 7.6: Bauarbeiten am Damm der Biggetalsperre
Fig. 7.6: Construction at the Bigge Reservoir's dam

Der Sommer 2015 zeichnete sich durch lange trockene und warme Perioden aus. Das führte zu einer Erwärmung des Epilimnions auf mehr als 22 °C. Durch das verhältnismäßig kleine Volumen erwärmte sich das üblicherweise um 6 °C kalte Hypolimnion schon bis Juli auf über 8 °C. Ab August war kein typisches Hypolimnion mehr vorhanden. Vielmehr ging von einer Tiefe von 10 m bis zum Gewässergrund (30 m Tiefe) die Wassertemperatur gleichmäßig von 21 bis auf 7 °C zurück.

Dieser Vorgang setzte sich in den Herbstmonaten fort, bis schon im Oktober der Zustand der Vollzirkulation nahezu erreicht wurde. Dies war etwa vier bis sechs Wochen früher als bei einem für diese Jahreszeit üblichen höheren Füllstand der Biggetalsperre der Fall.

Die genannten Randbedingungen waren zumindest im Sommer so, dass 2015 mit einer nennenswerten Algenentwicklung

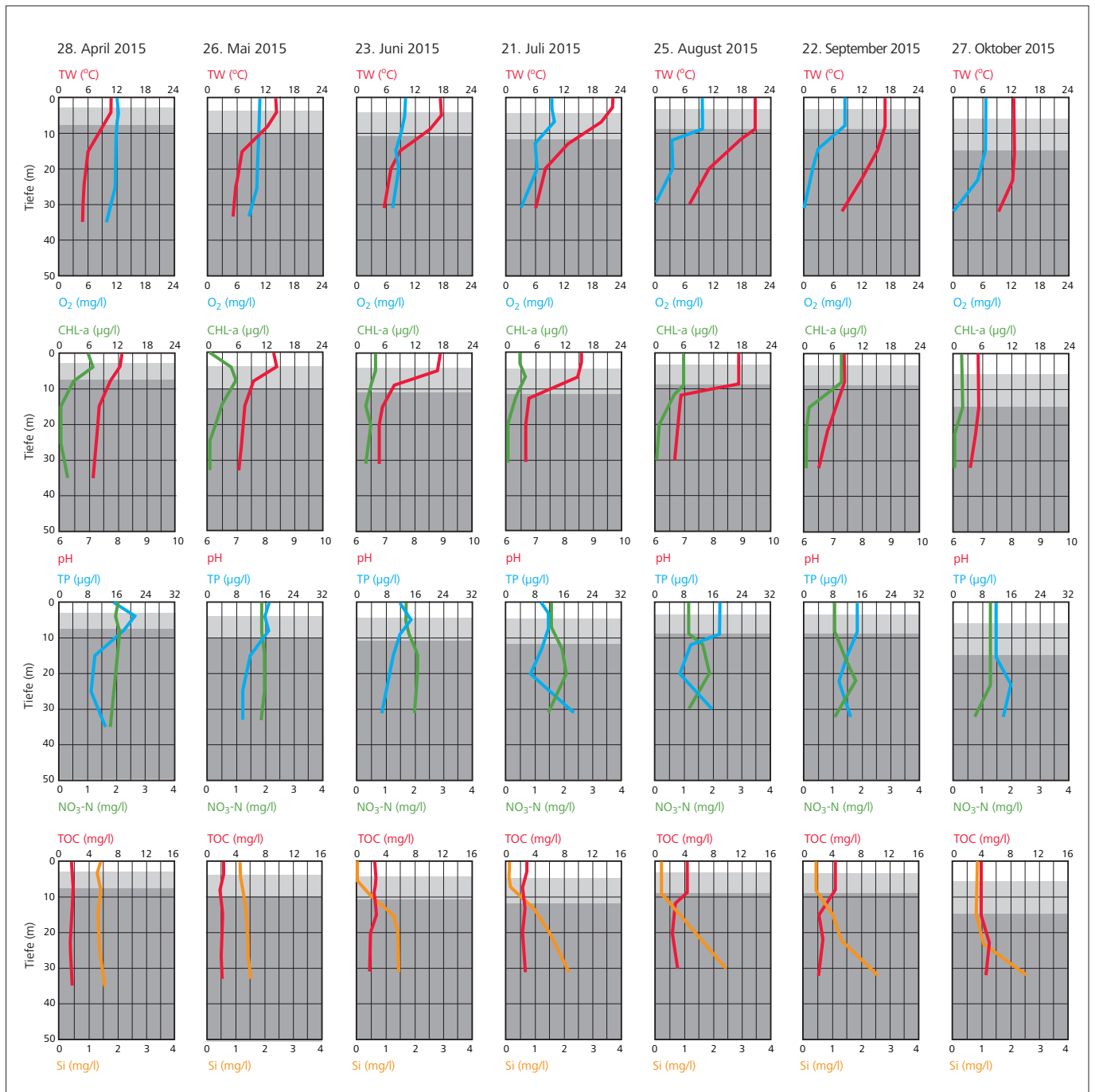


Bild 7.8: Tiefenprofile limnologischer Kenngrößen an der Probenahmestelle „Biggetalsperre vor Damm“ im Jahr 2015
 Fig. 7.8: Depth profiles of limnological parameters at the sampling point "Bigge Reservoir before the dam" in 2015

zu rechnen war. Im Vorjahr wurden bei ähnlichen epilimnischen Bedingungen im Juli Chlorophyll-Konzentrationen vor Damm bis zu 99 µg/l gemessen. Die „Animpfung“ des Hauptbeckens mit planktischen Algen erfolgte 2014 über das Olper Vorbecken, in dem bis zu 44 µg/l Chlorophyll-a vorhanden waren. An den übrigen Vorbecken war keine außergewöhnliche Algenentwicklung festgestellt worden. Letzteres war 2015 an allen Vorbecken der Fall, wie sich in dem niedrigen Chlorophyll-a-Maximum von „nur“ 8 µg/l zeigte. Die erste nennens-

werte Entwicklung begann 2015 mit einem Frühjahrsmaximum von 6 µg/l Chlorophyll-a im April, das sich bis in den Mai fortsetzte. Nach zwei Monaten mit einer geringen Primärproduktion stieg diese im August nochmals an, um im September mit 8 µg/l das diesjährige Maximum zu erreichen. Auswirkungen auf die jahreszeitliche Entwicklung von Nährstoffen und Chlorophyll-a waren trotz des geringeren Stauinhalts während der Baumaßnahme nicht festzustellen.

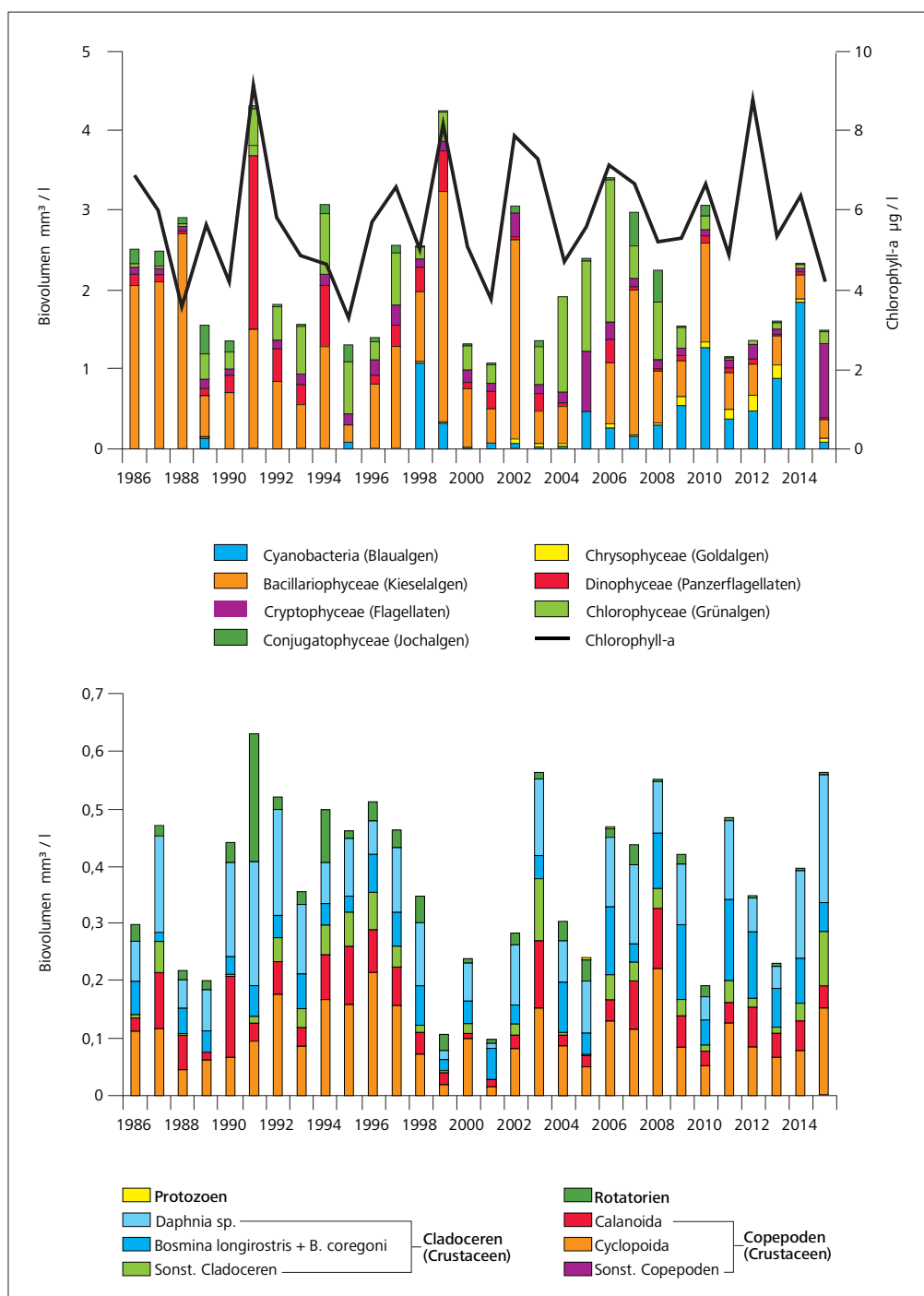


Bild 7.9: Phyto- und Zooplankton an der Probenahmestelle „Biggetalsperre vor Damm“ in den letzten 30 Jahren (Jahresmittel)
 Fig. 7.9: Phytoplankton and zooplankton at the sampling point "Bigge Reservoir before the dam" during the last 30 years (annual means)

Das seit mehreren Jahren von Blaualgen (Cyanobakterien) dominierte Phytoplankton der Biggetalsperre wies 2015 kaum Vertreter dieser Gruppe auf (Bild 7.9). Lediglich zwischen August und September, als aufgrund fortschreitender thermischer Durchmischung Phosphorverbindungen aus dem Hypolimnion ins Metalimnion gelangten, war eine stärkere Entwicklung von Blaualgen der Gattung *Woronichinia* (frühere Bezeichnung; *Gomphosphaeria*) festzustellen. Diese sehr kleine Blaualge kommt üblicherweise in stehenden mesotrophen Gewässern vor und bildet vor allem im Sommer größere Bestände. Die wie eine Hohlkugel aufgebauten, runden Kolonien schweben im Wasser (Trivialname: „Schwebkugel“) und haben einen Durchmesser von 50 bis zu 200 µm. Auffällig war die Massentwicklung des ebenfalls in mesotrophen Gewässern anzutreffenden Flagellats *Cryptomonas marssonii* im August, der in diesem Monat 90 % der Gesamtbio­masse des Phytoplanktons ausmachte. Diese als Schwachlichtspezialist bekannte Alge kommt vor allem in größeren Tiefen, zum Teil also auch metalimnisch, vor.

Bis auf diese beiden genannten Auffälligkeiten war 2015 insgesamt eine vergleichsweise niedrige Primärproduktion vorhanden. Weiterhin kommen im Plankton der Biggetalsperre kaum Grünalgen und wenig Kieselalgen, vor allem im Vergleich zu den 1980er und 1990er Jahren, vor. Die mittleren Biovolumina des Zooplanktons spiegeln nicht immer die Präsenz von planktischen Algen wider. Hier spielen nicht nur das Vorhandensein der entsprechenden Nahrungsgrundlage sondern auch die kurzen Entwicklungszyklen der Zooplankter sowie der Fraß durch planktivore Fische und damit der Zeitpunkt der Probenahme eine Rolle. Zusammenfassend ist zu sagen, dass das Zooplankton mit einem hohen Anteil an großen Filtrierern, wie z.B. den Daphnien, an meso- bis oligotrophe Verhältnisse angepasst ist.

Die im Sommer einsetzende und im Spätsommer/Herbst fortschreitende hypolimnische Sauerstoffzehrung kann auch zu kritischen Verhältnissen für die Fische im Tiefenwasser führen. Vor allem eine metalimnische Zehrung, die häufig bei vermehrter Anwesenheit von leicht lysierbaren Blaualgen auftritt, kann diese Verhältnisse hervorrufen. Hinzu kam 2015 das niedrige Volumen des Hypolimnions, wodurch der Sauerstoff bei dem Abbau der gebildeten Biomasse schneller als in einem größeren Volumen verbraucht wurde. Ab Anfang August wurden aus diesem Grund in kürzeren Zeitabständen Profilmessungen durchgeführt. Ende August deutete sich ein metalimnisches Defizit an, das sich jedoch mit der fortschreitenden Durchmischung schon Mitte September wieder auflöste.

Betrachtet man lediglich die Phytoplanktonzusammensetzung der letzten fünf Jahre, wären an der Biggetalsperre aufgrund relativ hoher Blaualgen-Vorkommen meso- bis eutrophe Verhältnisse angezeigt. Bei der Trophie­klassifikation nach LAWA (2013) ergibt sich jedoch ein anderes Bild (Bild 7.10). Während sich der Index für den sommerlichen Chlorophyll-a-Gehalt meist im oberen mesotrophen Bereich bewegt, überschreitet kein anderer Index einen Wert von 2,0. Der (schwächste) In-

dex, der für die Sichttiefe, lag in den beiden letzten Jahren mit 1,6 bzw. 1,7 sogar im Grenzbereich zur Oligotrophie. Der Index für die Gesamttrophie­einstufung die Biggetalsperre schwankt in den letzten vier Jahren zwischen 1,9 und 2,0, so dass eine sichere Einstufung als ein mesotrophes Gewässer erfolgen kann. Der aufgrund der Dammsanierung abgesenkte Stauspiegel hatte auf die trophischen Verhältnisse der Biggetalsperre keinen negativen Einfluss.

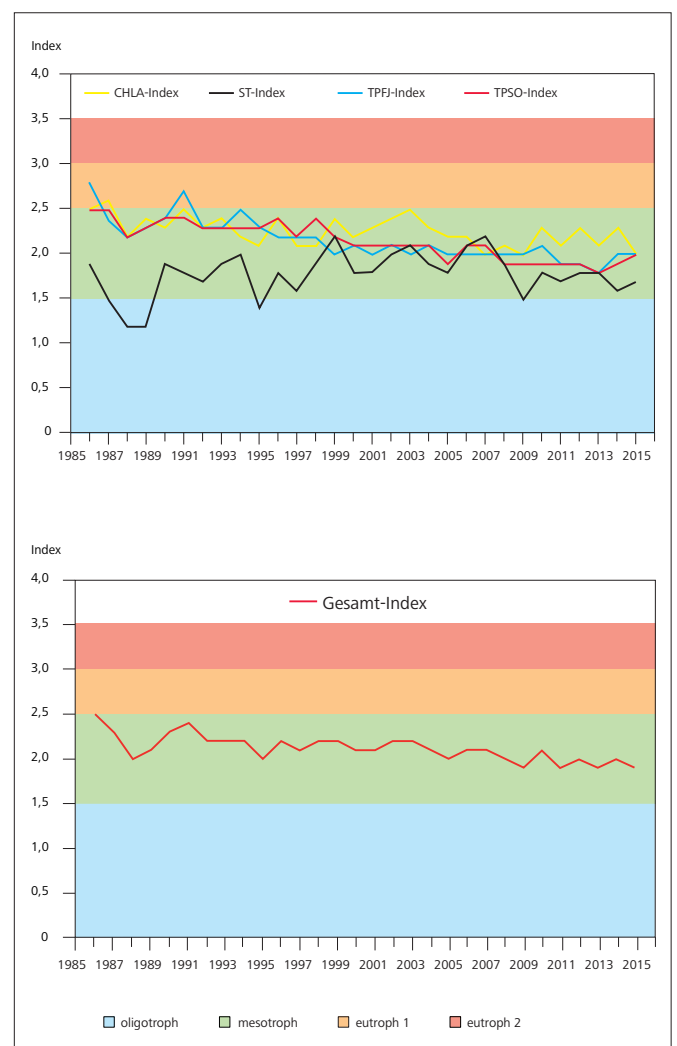


Bild 7.10: Entwicklung der Trophie in den letzten 30 Jahren in der Biggetalsperre entsprechend der überarbeiteten Richtlinie für die Trophie­klassifikation von Talsperren (LAWA 2013) [CHLA: Chlorophyll-a; ST: Sichttiefe; TP: Gesamtphosphor; FJ: Frühjahr; SO: Sommer]

Fig. 7.10: Development of the trophic status during the last 30 years in the Bigge 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]

8 Untersuchung von Quellwässern im Ruhreinzugsgebiet

Zur genaueren Einordnung gewässerrelevanter Bewertungen von Wasserinhaltsstoffen sind Informationen zur Hintergrundbelastung erforderlich. Dazu gehören maßgeblich Kenntnisse über den Beginn eines Gewässers mit seiner Quelle als lediglich durch den Untergrund und das unmittelbare Quelleinzugsgebiet beeinflusster Wasserkörper. Daher sind die Untersuchungen von Quellwässern nicht nur Bestandteil der routinemäßigen Längsuntersuchungen (hier meist etwa 1 km unterhalb der Quelle), sondern auch eines eigenständigen Untersuchungsprogramms des Ruhrverbands. Um Aussagen über die geogen beeinflusste Hintergrundbelastung treffen zu können, wurden erste Untersuchungen Mitte der 1980er Jahre an 30 ausgewählten Quellwässern der etwa 900 Quellen im Einzugsgebiet der Ruhr durchgeführt [8.1]. Mit der Aufnahme eines standardisierten Untersuchungsprogramms im Jahr 1997 wurden statistisch belegbare Aussagen über die Hintergrundkonzentrationen im Einzugsgebiet der Ruhr möglich [8.2]. Anthropogen stark beeinflusste Quellen, die z.B. in überwiegend besiedelten sowie gewerblich und landwirtschaftlich genutzten Bereichen liegen, wurden nicht in dieses Programm aufgenommen. In den ersten Jahren wurden diese Untersuchungen jährlich durchgeführt. Seit 2008 finden die Probenahmen in einem Abstand von zwei Jahren statt.

Im 4.478 km² großen Einzugsgebiet der Ruhr, das vor allem in den Mittel- und Oberläufen der Fließgewässer durch das Mittelgebirge des Sauerlands geprägt ist, fallen im langjährigen

Mittel jährlich über 1.050 mm Niederschlag [8.3]. Das Ruhreinzugsgebiet gehört damit zusammen mit den Regionen der Alpen und Voralpen zu den niederschlagsreichen Gebieten Deutschlands. Im vierten Jahr in Folge erreichte der Jahresniederschlag 2015 allerdings nicht diesen Durchschnittswert und blieb unterhalb von 1.000 mm. Der Niederschlag verteilt sich üblicherweise annähernd paritätisch auf das hydrologische Sommer- und Winterhalbjahr. Durch den Mittelgebirgscharakter kommt der versickerte Niederschlag an vielen Stellen wieder zum Vorschein und bildet so die Quellen für die Fließgewässer des Sauerlands und des südlichen Teils des Ruhrgebiets.

Der geologische Untergrund im Einzugsgebiet einer Quelle bestimmt maßgeblich die chemischen Eigenschaften des zu Tage tretenden Quellwassers. Es wird anhand der dominierenden mineralischen Komponenten im Ruhreinzugsgebiet zwischen zwei Gesteinsarten unterschieden, die silikatischen oder karbonatischen Ursprungs sein können. Das Einzugsgebiet ist in weiten Teilen durch silikatische Gesteine, wie Granit, Gneis oder Tonschiefer, geprägt. Diese bestehen u.a. aus Quarz, Feldspäten und Glimmer. Die Wässer der hier entspringenden Quellen sind meist weich und haben einen eher sauren Charakter. Im nördlichen Einzugsgebiet der Möhne, zwischen Iserlohn-Letmathe und Arnsberg sowie im Bereich der unteren Bigge und Elpe ist überwiegend ein karbonatisch geprägter Untergrund anzutreffen, der zudem meist mehr oder weniger verkarstet ist. Die aus diesem Untergrund stammenden Quellwässer weisen in der Regel hohe Wasserhärten auf und sind schwach alkalisch. Hinzu kommt, dass in diesen Bereichen häufig die beginnenden Gewässer aufgrund von Versickerung temporär trocken fallen.

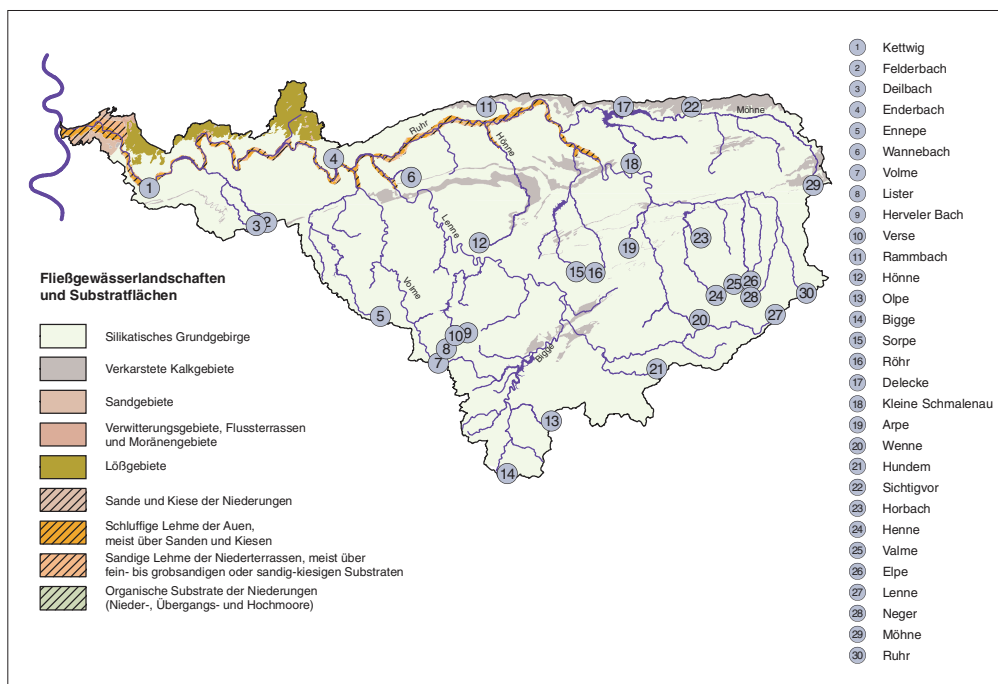


Bild 8.1: Geografische Lage der Quellen
Fig. 8.1: Geographical location of the springs

Jedoch beeinflussen nicht nur die geologischen Bedingungen die Wasserbeschaffenheit beginnender Gewässer, sondern auch das durch den Menschen direkt oder indirekt verursachte Einbringen von Substanzen in Böden. Eine herausragende Rolle nimmt hier das über Düngemittel in die Grundwässer gelangende Nitrat ein. Dieses ist vor allem in landwirtschaftlich genutzten Bereichen der Fall. Je näher die vorhandenen Grundwasserleiter an der Oberfläche verlaufen, umso stärker macht sich der Einfluss eines Nitrat-Eintrags bemerkbar. Auch die Deposition aus der Atmosphäre, hier seien Schwefel- und Stickoxide („saurer Regen“), aber auch lokal durchaus nennenswerte Phosphoreinträge genannt, kann die Zusammensetzung des Grund- und damit auch die des Quellwassers beeinflussen.

In Bild 8.1 ist die Lage der untersuchten Quellen zusammen mit den vorherrschenden geologischen Bedingungen dargestellt. Zwischen den Jahren 1997 und 2015 erfolgten 15 Untersuchungen. Die Quellen-bezogenen Mediane sind in Tabelle 8.1 für maßgebliche Kenngrößen zusammengefasst. Werte oberhalb des aus allen Einzelwerten berechneten Gesamtmedians sind mit Rottönen und solche unterhalb des Medians mit Grüntönen farblich gekennzeichnet. Werte, die sich bis zu 10 % unter- oder oberhalb des Gesamtmedians befinden, bleiben weiß. Für jede dieser Kenngrößen sind auf der Grundlage aller Einzelwerte die jeweiligen Gesamtmediane, Minima, Maxima und Mittelwerte aufgeführt. Als Vergleich dienen die entsprechenden Konzentrationen in der Ruhr bei Essen („Zornige Ameise“) und ihre statistischen Daten in dem gleichen Zeitraum.

Ergebnisse

In der Regel fanden die Quellwasser-Untersuchungen bei Trockenwetterbedingungen statt, damit eine Beprobung des Wassers nach der Untergrundpassage und ohne Beeinflussung durch oberflächennahen, niederschlagsbedingten Abfluss gewährleistet ist. Lediglich bei der Beprobung im Juni 2013 waren diese Bedingungen nach einer vorangegangenen Regenphase nicht durchgängig gegeben. Der Gesamtmedian der Wassertemperaturen betrug im Auswertungszeitraum 8,4 °C mit einer Spannweite von 0,2 bis 17,7 °C. Letztere rührt daher, dass in den Sommermonaten durch die teilweise lang andauernden, strahlungsreichen Perioden auch die Spannweiten der Wassertemperaturen in den Quellwässern höher als in den Wintermonaten lagen. Die gemessenen Sauerstoffgehalte betragen zwischen 6,0 und 13,6 mg/l.

Hinsichtlich der pH-Werte lassen sich elf Quellen als sauer (pH <6) bis schwach sauer (pH 6 bis <7) und 19 als (schwach) basisch einstufen. Bei den Untersuchungen in den 1980er Jahren waren es noch 19 Quellen, für die durchschnittliche pH-Werte unter 7 festzustellen waren. Dies spiegelt sich auch in der Zunahme des Gesamt-Medians von pH 6,6 auf pH 7,2 wider. Hier scheint der damalige Einfluss durch den so genannten sauren Regen heute nur noch eine geringe Rolle zu spielen. Quellwässer mit niedrigen pH-Werten unter pH 6

befinden sich im Ruhreinzugsgebiet meist in Bereichen mit einem hohen Mooranteil, wie beispielsweise die Quellgebiete der Lister, der Kleinen Schmalenau und der Verse. Die hier eingetragenen Huminstoffe tragen zusätzlich zu einer weiteren Verringerung der pH-Werte bei.

Mineralische Inhaltsstoffe

Das am und im Boden freigesetzte Kohlendioxid, das beim Abbau organischer Biomasse entsteht, löst sich in dem versickernden Regenwasser und reagiert mit den anstehenden karbonatischen Gesteinen. Bei diesen Vorgängen finden Löseprozesse u.a. aus den vorhandenen Salzen in nach Gesteinsart unterschiedlicher Intensität statt. Die Spannweite der Gesamthärte beträgt für die letzten 19 Jahre 0,10 bis 3,8 mmol/l mit einem zugehörigen Median von 0,57 mmol/l (Mittelwert: 0,92 mmol/l). Vergleicht man diese Werte mit den 1980er Jahren, haben sich in der Gesamtheit im Ruhreinzugsgebiet die mineralischen Verhältnisse kaum verändert.

Hohe Gesamthärten im Quellwasser treten vor allem in den großen karbonatischen Karstgebieten am östlichen Nordrand des Möhne- und Ruhreinzugsgebiets auf. Hier werden in den Quellen Sichtgvor (Bild 8.2) und Delecke, deren Wasser nach kurzer Fließstrecke in die Möhne gelangt, mit einem Median von je 3,3 mmol/l und einem Maximum der Einzelwerte von 3,8 mmol/l auch die höchsten Gehalte im Einzugsgebiet gemessen. Dies sind die beiden einzigen Quellen, deren Wasser als „hart“ einzustufen ist. Aufgrund des kalkhaltigen Untergrunds dominiert in diesen Quellen, wie auch in der in einem



Bild 8.2: Quelle der Sichtgvor.
Fig. 8.2: The spring of the Sichtgvor

- [8.1] Ruhrverband: Untersuchung von Quellwässern im Ruhreinzugsgebiet, Ruhrwassergütebericht 1994, S. 78 bis 86
[8.2] Ruhrverband: Die Hintergrundbelastung der Gewässer im Ruhreinzugsgebiet. Ruhrgütebericht 2005, S. 82 bis 92
[8.3] Ruhrverband: Ruhrwassermenge 2014

Tabelle 8.1: Befunde der Quellwasseruntersuchungen und Vergleich mit den entsprechenden Werten der unteren Ruhr bei Essen-Rellinghausen ("Zornige Ameise"), Mediane 1997 bis 2015

Table 8.1: Results of the spring water examinations and comparison with the respective values in the lower Ruhr at Essen-Rellinghausen ("Zornige Ameise"), medians from 1997 to 2015

| Nr. | Quelle | Median | | | | | | | | | | | | | | |
|-----|----------------|----------|------------------|------------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|----------------------------|----------------------------|------------|-------------|------------|-------------------------|-----------|----------------------------|
| | | Q l/s | Temperatur °C | O ₂ mg/l | CSB mg/l | TOC mg/l | DOC mg/l | AOX µg/l | NH ₄ -N mg/l | NO ₃ -N mg/l | TP µg/l | LF µS/cm | Cl mg/l | SO ₄ mg/l | F mg/l | BO ₃ -B µg/l |
| 1 | Kettwig | 1,0 | 9,9 | 11 | 2,2 | 0,8 | 0,4 | 5 | 0,01 | 6,3 | 33 | 368 | 31 | 63 | 0,11 | 57 |
| 2 | Felderbach | 0,1 | 9,4 | 9,9 | 6,3 | 2,5 | 1,9 | 7 | 0,01 | 3,2 | 38 | 369 | 18 | 45 | 0,10 | 58 |
| 3 | Deilbach | 0,3 | 9,8 | 9,9 | 5,9 | 2,2 | 1,5 | 5 | 0,01 | 5,5 | 41 | 352 | 27 | 27 | 0,07 | 39 |
| 4 | Enderbach | 0,2 | 10 | 9,4 | 6,7 | 2,6 | 2,1 | 6 | 0,01 | 3,5 | 37 | 260 | 12 | 39 | 0,12 | 19 |
| 5 | Ennepe | 0,4 | 8,7 | 9,4 | 4,3 | 1,8 | 1,1 | < 5 | 0,01 | 4,4 | 15 | 243 | 23 | 17 | < 0,05 | 11 |
| 6 | Wannebach | 0,1 | 8,4 | 10,4 | 13 | 4,8 | 3,9 | 13 | 0,01 | 0,50 | 25 | 511 | 58 | 31 | 0,23 | 38 |
| 7 | Volme | 0,2 | 8,7 | 10,0 | 1,2 | 0,4 | 0,2 | < 5 | 0,01 | 1,8 | < 10 | 256 | 15 | 16 | < 0,05 | < 10 |
| 8 | Lister | 3,0 | 7,1 | 10,8 | 5,5 | 3,1 | 2,1 | 26 | 0,01 | 1,3 | < 10 | 55 | 3,2 | 10 | 0,07 | < 10 |
| 9 | Herveler Bach | 1,0 | 6,1 | 11,3 | 6,3 | 2,8 | 1,2 | < 5 | 0,01 | 1,6 | < 10 | 56 | 3,6 | 8,9 | < 0,05 | < 10 |
| 10 | Verse | 1,0 | 7,3 | 11,1 | 1,6 | 0,7 | 0,5 | < 5 | 0,01 | 2,3 | < 10 | 79 | 4,0 | 16 | 0,10 | < 10 |
| 11 | Rambach | 0,5 | 8,8 | 10,4 | 7,2 | 3,4 | 2,7 | 12 | 0,01 | 9,2 | 41 | 445 | 28 | 39 | 0,19 | 32 |
| 12 | Hönne | 0,1 | 7,5 | 10,4 | 1,5 | 0,8 | 0,4 | < 5 | 0,01 | 2,6 | < 10 | 165 | 6,5 | 27 | 0,08 | < 10 |
| 13 | Olpe | 1,0 | 8,6 | 10,8 | 1,9 | 0,9 | 0,4 | < 5 | 0,01 | 1,7 | < 10 | 56 | 3,5 | 7,8 | < 0,05 | < 10 |
| 14 | Bigge | 0,5 | 10 | 9,7 | 2,3 | 0,9 | 0,5 | < 5 | 0,01 | 3,6 | < 10 | 107 | 4,0 | 14 | 0,05 | < 10 |
| 15 | Sorpe | 1,5 | 7,5 | 10,5 | 1,5 | 0,5 | 0,3 | < 5 | 0,01 | 2,9 | < 10 | 265 | 5,0 | 18 | < 0,05 | < 10 |
| 16 | Röhr | 1,5 | 7,0 | 10,4 | 3,1 | 1,3 | 0,6 | < 5 | 0,01 | 1,7 | 15 | 123 | 12 | 11 | < 0,05 | < 10 |
| 17 | Delecke | 0,2 | 9,8 | 9,7 | 3,7 | 1,8 | 0,9 | 5 | 0,01 | 9,4 | 55 | 660 | 14 | 26 | 0,08 | 16 |
| 18 | Kl. Schmalenau | 0,1 | 8,2 | 9,3 | 1,5 | 2,2 | 0,6 | 5 | 0,01 | 1,6 | < 10 | 112 | 7,0 | 25 | 0,10 | < 10 |
| 19 | Arpe | 1,0 | 7,4 | 11,3 | 2,3 | 0,9 | 0,5 | < 5 | 0,01 | 3,0 | < 10 | 175 | 8,1 | 25 | < 0,05 | < 10 |
| 20 | Wenne | 0,3 | 7,8 | 11,1 | 3,3 | 1,1 | 0,6 | 5 | 0,01 | 1,1 | < 10 | 144 | 5,0 | 27 | 0,07 | < 10 |
| 21 | Hundem | 2,0 | 8,2 | 11,0 | 1,6 | 0,7 | 0,4 | < 5 | 0,01 | 1,4 | < 10 | 120 | 3,4 | 18 | < 0,05 | < 10 |
| 22 | Sichtigvor | 2,0 | 9,0 | 9,6 | 2,2 | 1,0 | 0,7 | 5 | 0,01 | 8,5 | 46 | 669 | 19 | 22 | 0,07 | 13 |
| 23 | Horbach | 0,5 | 7,8 | 10,9 | 4,2 | 2,4 | 1,3 | 6 | 0,01 | 5,4 | 24 | 226 | 18 | 23 | 0,05 | 15 |
| 24 | Henne | 0,5 | 5,7 | 10,6 | 2,1 | 0,8 | 0,4 | < 5 | 0,01 | 2,1 | < 10 | 127 | 4,0 | 24 | 0,05 | < 10 |
| 25 | Valme | 1,0 | 7,6 | 9,4 | 4,4 | 1,9 | 1,2 | 6 | 0,01 | 1,1 | < 10 | 70 | 2,8 | 9,1 | < 0,05 | < 10 |
| 26 | Elpe | 1,6 | 6,2 | 10,7 | 1,9 | 0,7 | 0,4 | < 5 | 0,01 | 1,7 | < 10 | 104 | 3,8 | 18 | < 0,05 | < 10 |
| 27 | Lenne | 0,2 | 5,7 | 10,9 | 2,0 | 0,9 | 0,3 | < 5 | 0,01 | 0,50 | 10 | 67 | 2,0 | 9,4 | < 0,05 | < 10 |
| 28 | Neger | 2,0 | 4,3 | 11,3 | 3,1 | 1,0 | 0,6 | 5 | 0,01 | 1,1 | < 10 | 135 | 3,0 | 19 | < 0,05 | < 10 |
| 29 | Möhne | 0,3 | 6,6 | 11,3 | 1,9 | 0,8 | 0,6 | < 5 | < 0,01 | 2,5 | < 10 | 486 | 19 | 23 | 0,05 | 11 |
| 30 | Ruhr | 0,2 | 5,5 | 10,2 | 1,9 | 1,0 | 0,5 | < 5 | 0,01 | 0,56 | < 10 | 95 | 3,0 | 19 | < 0,05 | < 10 |

Einzelwerte

| | | | | | | | | | | | | | | | |
|--------------|------|------|------|------|-----|-----|-----|--------|-----|------|------|-----|-----|--------|------|
| Gesamtmedian | 0,5 | 8,4 | 10,4 | 2,8 | 1,2 | 0,6 | 5 | 0,01 | 2,1 | < 10 | 165 | 7,1 | 20 | 0,05 | < 10 |
| Minimum | 0,01 | 0,2 | 6,0 | 0,1 | 0,1 | 0,1 | < 5 | < 0,01 | 0,5 | < 10 | 33 | 2,0 | 5,5 | < 0,05 | < 10 |
| Mittelwert | 1,7 | 8,4 | 10,4 | 4,5 | 1,8 | 1,1 | 6 | 0,02 | 3,2 | 19 | 239 | 15 | 24 | 0,07 | 14 |
| Maximum | 40 | 17,7 | 13,6 | 28,9 | 7,4 | 6,8 | 59 | 0,58 | 21 | 162 | 1020 | 160 | 123 | 0,33 | 1 00 |

Minimum

< Gesamtmedian

Gesamtmedian ± 10 %

Statistische Daten der Ruhr bei Essen-Rellinghausen („Zornige Ameise“) 1997 bis 2015

| | Q | Temperatur | O ₂ | CSB | TOC | DOC | AOX | NH ₄ -N | NO ₃ -N | TP | LF | Cl | SO ₄ | F | BO ₃ -B |
|------------|-------------------|------------|----------------|------|------|------|------|--------------------|--------------------|------|-------|------|-----------------|--------|--------------------|
| | m ³ /s | °C | mg/l | mg/l | mg/l | mg/l | µg/l | mg/l | mg/l | µg/l | µS/cm | mg/l | mg/l | mg/l | µg/l |
| Median | 39,9 | 11,8 | 10,4 | 9,8 | 3,0 | 2,5 | 8 | 0,09 | 3,4 | 100 | 471 | 50 | 43 | 0,11 | 97 |
| Minimum | 17,4 | 0,1 | 4,5 | 3,9 | 1,3 | 1,1 | < 5 | < 0,01 | 1,4 | 40 | 204 | 10 | 22 | < 0,05 | 13 |
| Mittelwert | 67,7 | 12,3 | 10,2 | 10,9 | 3,2 | 2,5 | 10 | 0,18 | 3,4 | 110 | 462 | 50 | 44 | 0,11 | 110 |
| Maximum | 867 | 26,4 | 14,6 | 41,0 | 16,0 | 8,7 | 36 | 2,4 | 6,4 | 430 | 766 | 110 | 78 | 0,20 | 532 |

Tabelle 8.1: Befunde der Quellwasseruntersuchungen und Vergleich mit den entsprechenden Werten der unteren Ruhr bei Essen-Rellinghausen ("Zornige Ameise"), Mediane 1997 bis 2015

Table 8.1: Results of the spring water examinations and comparison with the respective values in the lower Ruhr at Essen-Rellinghausen ("Zornige Ameise"), medians from 1997 to 2015

| Median | | | | | | | | | | | | | | Quelle | Nr. |
|---------|--------|--------|------|------|------|--------|-------|--------|-------|-------|-------|------|------|----------------|-----|
| pH-Wert | Härte | KS4,3 | Ca | Mg | Al | Pb | Cr | Cd | Cu | Ni | Zn | Fe | Mn | | |
| | mmol/l | mmol/l | mg/l | mg/l | µg/l | µg/l | µg/l | µg/l | µg/l | µg/l | µg/l | µg/l | µg/l | | |
| 7,4 | 1,2 | 0,65 | 31 | 11 | 12 | < 0,10 | < 1,0 | < 0,05 | < 1,0 | < 1,0 | 1,8 | 11 | < 10 | Kettwig | 1 |
| 7,2 | 1,3 | 1,6 | 35 | 7,7 | 48 | 0,42 | < 1,0 | 0,08 | 1,0 | 1,2 | 7,0 | 68 | 10 | Felderbach | 2 |
| 7,4 | 1,2 | 1,5 | 31 | 9,0 | 82 | 0,65 | < 1,0 | < 0,05 | 1,3 | 2,6 | 4,8 | 160 | 28 | Deilbach | 3 |
| 6,7 | 0,93 | 1,1 | 24 | 7,6 | 50 | 0,57 | < 1,0 | 0,09 | 1,0 | 4,5 | 5,7 | 95 | 29 | Enderbach | 4 |
| 7,4 | 0,75 | 0,75 | 23 | 4,0 | 82 | 0,47 | < 1,0 | 0,05 | < 1,0 | 1,4 | 3,0 | 160 | 19 | Ennepe | 5 |
| 7,8 | 1,7 | 2,7 | 52 | 11 | 100 | 0,54 | < 1,0 | 0,05 | 2,2 | 2,4 | 3,6 | 430 | 92 | Wannebach | 6 |
| 7,4 | 1,0 | 1,4 | 34 | 3,8 | 12 | 0,15 | < 1,0 | < 0,05 | < 1,0 | < 1,0 | 1,0 | 10 | < 10 | Volme | 7 |
| 5,4 | 0,16 | 0,15 | 3,3 | 1,5 | 270 | 3,0 | < 1,0 | 0,36 | < 1,0 | 5,4 | 48 | 89 | 170 | Lister | 8 |
| 6,2 | 0,17 | 0,20 | 3,2 | 1,9 | 110 | 0,40 | < 1,0 | 0,10 | < 1,0 | 2,2 | 9,6 | 80 | 90 | Herveler Bach | 9 |
| 5,3 | 0,21 | 0,10 | 4,0 | 2,4 | 720 | 0,49 | < 1,0 | 0,85 | < 1,0 | 5,0 | 58 | 11 | 160 | Verse | 10 |
| 7,2 | 1,8 | 1,9 | 57 | 7,6 | 110 | 0,36 | < 1,0 | 0,06 | 1,5 | 1,8 | 2,3 | 170 | 21 | Rambach | 11 |
| 6,9 | 0,54 | 0,35 | 14 | 4,2 | 48 | 0,30 | < 1,0 | 0,08 | < 1,0 | 1,6 | 8,4 | 37 | < 10 | Hönne | 12 |
| 5,8 | 0,18 | 0,17 | 3,3 | 2,1 | 56 | 0,26 | < 1,0 | 0,09 | < 1,0 | 8,0 | 12 | 17 | < 10 | Olpe | 13 |
| 5,8 | 0,36 | 0,25 | 8,3 | 3,4 | 46 | 0,14 | < 1,0 | 0,05 | < 1,0 | 9,8 | 8,9 | 10 | 12 | Bigge | 14 |
| 8,0 | 1,3 | 2,0 | 30 | 11 | 17 | < 0,10 | < 1,0 | < 0,05 | < 1,0 | < 1,0 | < 1,0 | 19 | < 10 | Sorpe | 15 |
| 6,8 | 0,36 | 0,49 | 11 | 2,2 | 20 | 0,15 | < 1,0 | < 0,05 | < 1,0 | 1,1 | 2,8 | 23 | < 10 | Röhr | 16 |
| 7,5 | 3,3 | 5,4 | 130 | 2,1 | 51 | 0,19 | < 1,0 | < 0,05 | < 1,0 | < 1,0 | 1,9 | 80 | < 10 | Delecke | 17 |
| 5,3 | 0,32 | 0,20 | 5,1 | 5,0 | 140 | 0,10 | < 1,0 | 0,53 | < 1,0 | 17 | 56 | 40 | 40 | Kl. Schmalenau | 18 |
| 7,4 | 0,72 | 0,75 | 24 | 2,9 | 13 | < 0,10 | < 1,0 | < 0,05 | < 1,0 | < 1,0 | < 1,0 | 20 | < 10 | Arpe | 19 |
| 7,2 | 0,57 | 0,50 | 15 | 4,2 | 28 | 0,15 | < 1,0 | < 0,05 | < 1,0 | < 1,0 | 1,2 | 21 | < 10 | Wenne | 20 |
| 7,6 | 0,46 | 0,60 | 12 | 4,1 | 37 | 0,17 | < 1,0 | < 0,05 | < 1,0 | < 1,0 | 1,1 | 38 | < 10 | Hundem | 21 |
| 7,3 | 3,3 | 5,5 | 130 | 1,6 | 26 | 0,22 | < 1,0 | < 0,05 | < 1,0 | < 1,0 | 1,0 | 40 | < 10 | Sichtgivor | 22 |
| 7,2 | 0,68 | 0,65 | 22 | 3,5 | 85 | 0,31 | < 1,0 | 0,05 | 1,1 | 2,3 | 7,1 | 93 | 19 | Horbach | 23 |
| 7,4 | 0,48 | 0,45 | 14 | 3,1 | 24 | 0,21 | < 1,0 | < 0,05 | < 1,0 | < 1,0 | 1,2 | 26 | < 10 | Henne | 24 |
| 6,7 | 0,25 | 0,32 | 6,8 | 1,5 | 54 | 0,33 | < 1,0 | 0,05 | < 1,0 | 1,2 | 11 | 140 | 27 | Valme | 25 |
| 7,3 | 0,35 | 0,35 | 12 | 2,2 | 25 | 0,21 | < 1,0 | < 0,05 | < 1,0 | < 1,0 | 1,4 | 18 | < 10 | Elpe | 26 |
| 7,3 | 0,27 | 0,45 | 7,5 | 1,8 | 27 | 0,16 | < 1,0 | < 0,05 | < 1,0 | < 1,0 | 1,1 | 30 | < 10 | Lenne | 27 |
| 7,5 | 0,52 | 0,63 | 17 | 2,4 | 33 | 0,31 | < 1,0 | < 0,05 | < 1,0 | < 1,0 | 1,8 | 49 | < 10 | Neger | 28 |
| 8,0 | 2,3 | 4,0 | 88 | 2,1 | 16 | 0,17 | < 1,0 | < 0,05 | < 1,0 | < 1,0 | 1,0 | 11 | < 10 | Möhne | 29 |
| 6,5 | 0,36 | 0,37 | 12 | 2,0 | 44 | 0,20 | < 1,0 | < 0,05 | < 1,0 | < 1,0 | 2,0 | 37 | < 10 | Ruhr | 30 |

Einzelwerte

| | | | | | | | | | | | | | | |
|-----|------|------|-----|-----|------|--------|-------|--------|-------|-------|-------|------|------|--------------|
| 7,2 | 0,57 | 0,60 | 16 | 3,1 | 42 | 0,25 | < 1,0 | 0,05 | < 1,0 | 1,2 | 3,6 | 38 | < 10 | Gesamtmedian |
| 4,4 | 0,10 | 0,02 | 2,0 | 1,0 | 5,0 | < 0,10 | < 1,0 | < 0,05 | < 1,0 | < 1,0 | < 1,0 | < 10 | < 10 | Minimum |
| 7,0 | 0,92 | 1,2 | 29 | 4,5 | 102 | 0,50 | < 1,0 | 0,10 | 1,1 | 2,6 | 10 | 119 | 33 | Mittelwert |
| 8,4 | 3,8 | 6,2 | 150 | 30 | 1400 | 14 | 4,3 | 1,40 | 17 | 23 | 150 | 6100 | 680 | Maximum |

Gesamtmedian ± 10 %

> Gesamtmedian

Maximum

Statistische Daten der Ruhr bei Essen-Rellinghausen („Zornige Ameise“) 1997 bis 2015

| pH-Wert | Härte | KS4,3 | Ca | Mg | Al | Pb | Cr | Cd | Cu | Ni | Zn | Fe | Mn | |
|---------|--------|--------|------|------|------|-------|--------|--------|------|-------|------|------|------|------------|
| | mmol/l | mmol/l | mg/l | mg/l | µg/l | µg/l | µg/l | µg/l | µg/l | µg/l | µg/l | µg/l | µg/l | |
| 7,9 | 1,3 | 2,0 | 40 | 7,3 | 80 | 1,4 | 1,1 | 0,10 | 4,5 | 3,7 | 25 | 200 | 47 | Median |
| 7,2 | 0,71 | 0,90 | 18 | 0,8 | 10 | < 0,1 | < 0,50 | < 0,05 | 1,5 | < 1,0 | 5,7 | 11 | < 10 | Minimum |
| 7,9 | 1,3 | 2,0 | 39 | 7,4 | 137 | 2,0 | 1,3 | 0,12 | 5,5 | 4,1 | 28 | 303 | 55 | Mittelwert |
| 9,2 | 2,4 | 2,3 | 74 | 34 | 3400 | 50 | 16 | 1,2 | 47 | 25 | 340 | 6400 | 510 | Maximum |

Karstgebiet liegenden Möhnequelle, Calcium als Kation. Das üblicherweise zusammen mit Calcium in einem Verhältnis von etwa 5 : 1 vorkommende Magnesium spielte in diesen Quellwässern mit einem Ca/Mg-Verhältnis 40 bis 80:1 nur eine sehr geringe Rolle. „Normale“ Ca/Mg-Verhältnisse traten in den silikatisch geprägten Quellen des südwestlichen Ruhrgebiets (Kettwig, Felders- und Deilbach) sowie der Sorpe und des Wannebachs auf, die mittlere Gesamthärten zwischen 1,2 und 1,8 mmol/l aufweisen.

Quellen mit Gesamthärten unter 1,5 mmol/l sind als „weich“ einzustufen. Wasser mit Werten unter 0,5 mmol/l können auch als „sehr weich“ (keine offizielle Einstufung) bezeichnet werden. Hier sind in dem Härtebereich von mittleren 0,16 bis 0,36 mmol/l in aufsteigender Reihenfolge die Quellen von Lister (Bild 8.3), Haveler Bach, Olpe, Verse (Bild 8.4), Valme, Lenne, Kleine Schmalenau, Bigge, Röhr (Bild 8.5) und Ruhr zu nennen. Meist sind die Wässer mit Leitfähigkeiten zum Teil deutlich unter 100 µS/cm kaum gepuffert. Bis auf die Lennequelle weisen diese schwach saure bis saure Verhältnisse auf.

Im Gegensatz zu den Kationen ist es bei den im Gewässer maßgeblichen Anionen kaum möglich, zwischen natürlicher (geogener) Hintergrundbelastung und anthropogener Beeinflussung zu differenzieren. Im Einzugsgebiet der Ruhr werden in den Quellwässern für Chlorid und Sulfat im Median 7,1 bzw. 20 mg/l bei Spannweiten von 2,0 bis 160 bzw. 5,5 bis 123 mg/l gemessen. In silikatisch geprägten und wenig besiedelten Teilen des Einzugsgebiets bleiben meist die Gehalte von Chlorid unter 10 mg/l und von Sulfat unter 25 mg/l. In den stärker besiedelten Regionen im Ruhreinzugsgebiet sind in den Quellwässern höhere Konzentrationen dieser beiden Anionen mit Medianwerten bis zu 31 bzw. 63 mg/l (Kettwig) zu finden. Neben denjenigen im westlichen Ruhrgebiet sind hier noch die Quellen des in den Unterlauf der Lenne rechts mündenden Wannebachs und des rechts in den Harkortsee mündenden Enderbachs zu nennen. Deren Quellwässer weisen beim Sulfat



Bild 8.4: Quelle der Verse
Fig. 8.4: The spring of the Verse

die höchsten Werte im gesamten Einzugsgebiet mit Maximalgehalten bis zu 160 mg/l auf. Da hier auch überdurchschnittliche Borat-Bor-Gehalte vorliegen, ist ein anthropogener Einfluss anzunehmen.

Nährstoffe

Die Belastung der Grund- und Oberflächenwässer mit Nitrat ist in weiten Teilen Nordrhein-Westfalens durch Einträge aus der Landwirtschaft geprägt. Die Mittelgebirge, wie das zu über 50 % bewaldete Sauerland, sind hiervon weniger betroffen als z.B. der linke Niederrhein oder das Münsterland mit ihren großen intensiv bewirtschafteten Flächen. Eine vom Bundesamt für Kartographie und Geodäsie 2015 veröffentlichte Karte zeigt bezogen auf den Nitrat-Gehalt des Grundwassers im Einzugsgebiet der Ruhr lediglich im Bereich der Soester Börde bzw. des Haarstrangs nördlich der Möhne/Ruhr erhöhte Werte [8.4]. Entsprechend einer Klassifizierung des vom Ministerium für Umwelt und Naturschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz (MUNLV) im Jahr 2003 veröffentlichten Zusammenstellung sind für die mittleren Konzentrationen von Nitrat-Stickstoff im Grundwasser folgende Grenzen festgelegt [8.5].

| | |
|--------------------|--|
| <2,3 mg/l | unbelastet (anthropogen unbeeinflusst) |
| 2,3 bis <5,6 mg/l | gering belastet |
| 5,6 bis <11,3 mg/l | stark belastet |
| ≥11,3 mg/l | sehr stark belastet |

Die mittlere Konzentration aller untersuchten Quellwässer ist entsprechend dieser Einstufung als „gering belastet“ zu bewerten. Die Hälfte der 30 betrachteten Quellen ist hiernach als „unbelastet“ anzusehen. Erwartungsgemäß weisen die beiden nur acht Kilometer auseinander liegenden Quellen der Lenne



Bild 8.3: Quelle der Lister.
Fig. 8.3: The spring of the Lister

und der Ruhr mit Medianen von 0,50 bzw. 0,56 mg/l (Mittelwert: 0,50 mg/l) nahezu gleiche niedrige Nitrat-Stickstoff-Konzentrationen auf. Als „stark belastet“ sind insgesamt die vier Quellen von Delecke, Rrammbach, Sichtigvor, Kettwig zu nennen, wobei sich noch zwei weitere Quellen (Deilbach, Horbach) mit Medianen von 5,4 bzw. 5,5 mg/l $\text{NO}_3\text{-N}$ im Grenzbereich bewegen. Neben den drei am landwirtschaftlich geprägten nördlichen Rand des Ruhreinzugsgebiets befindlichen Quellen, die mit Mediankonzentrationen zwischen 8,5 und 9,4 mg/l $\text{NO}_3\text{-N}$ (Mittelwert: 8,7 bis 9,3 mg/l) die höchsten Werte aufweisen, befindet sich die Quelle der Kettwig mit 6,3 mg/l $\text{NO}_3\text{-N}$ (Mittelwert: 6,1 mg/l) in einem stärker besiedelten Teileinzugsgebiet.

Wie es bei unbelasteten Quellen zu erwarten ist, spielt das beim Abbau von Proteinen entstehende Ammonium in den untersuchten Wässern bei einem Gesamtmedian von 0,01 mg/l $\text{NH}_4\text{-N}$ keine Rolle. Da das Ammonium auf dem Weg von der Entstehung über die Untergrundpassage bis zum Austritt bei vorhandenem Sauerstoff bis zum Nitrat nitrifiziert wird, sind die Quellen in der Regel nahezu Ammoniumfrei. Die beiden einzigen ungewöhnlich hohen Einzelwerte mit 0,58 und 0,29 mg/l $\text{NH}_4\text{-N}$ traten am Frühjahr 1997 in den Quellen der Lister und der Verse auf, als die Probenahmen gegen Ende einer dreiwöchigen niederschlagsreichen Phase stattfanden. Die zugehörigen Grundwasserleiter dieser beiden Quellen befinden sich in geringer Tiefe, so dass oberflächennahe Einflüsse hier eine größere Rolle spielen.



Bild 8.5: Quelle der Röhr
Fig. 8.5: The spring of the Röhr

Der für Pflanzen essentielle Nährstoff Phosphor wird häufig zu Düngezwecken auf landwirtschaftliche Flächen aufgebracht. Die von Pflanzen nicht aufgenommenen Phosphorverbindungen verbleiben meist als an Tonminerale oder Eisen gebundenes Phosphat in den oberflächennahen Erdschichten, so dass Phosphor kaum über diesen Eintragspfad ins Grund- bzw. Quellwasser gelangt. Bei einem intensiven mikrobiellen Abbau organischer Biomasse entstehen reduzierende Verhältnisse, die eine Remobilisierung von Phosphorverbindungen und so den Eintrag ins Grundwasser bewirken können. Diese Verhältnisse findet man im nördlichen und westlichen Teil des Ruhreinzugsgebiets, wo großflächig intensiv Landwirtschaft betrieben wird. 18 der 30 Quellen sind jedoch unbelastet und weisen nahezu durchgängig Phosphor-Konzentrationen unterhalb der Bestimmungsgrenze von 10 $\mu\text{g/l}$ auf.

Organische Summenparameter

Nicht nur in Oberflächengewässern sind organische Inhaltsstoffe vorhanden, sondern auch in Quell- und Grundwässern. Diese können natürlichen Ursprungs sein, wie z.B. Huminsäuren oder die vorhandenen Organismen und deren Abbauprodukte, aber auch anthropogenen Ursprungs, wie Pflanzenschutzmittelrückstände oder Güllebestandteile. Im Rahmen der Quellenuntersuchungen werden für die Fragestellung nach der Gesamtbelastung mit organischen Inhaltsstoffen jedoch keine Einzelstoffe, sondern nur die klassischen Summenparameter bestimmt.

Im Vergleich mit dem Zeitraum 1997 bis 2005 hat der Gesamtmedian des CSB aller Quellen im Zeitraum 2006 bis 2015 von 2,5 auf 4,0 mg/l CSB zugenommen. Die ermittelten Konzentrationen in den meisten unbelasteten Quellen haben sich in den letzten 20 Jahren kaum verändert. In Bereichen, in denen die landwirtschaftliche Nutzung eine Rolle spielt, können die Einträge von organischen Substanzen durch den unterschiedlichen Einsatz von Düngemitteln oder eine Umstellung der Bewirtschaftung (z.B. Mais- oder Kornanbau, Anzahl der Fruchtfolgen, Art der Viehwirtschaft) durchaus Veränderungen unterliegen. Das bestätigen auch die Untersuchungsergebnisse der Quellen mit landwirtschaftlich genutzten Flächen im Einzugsgebiet, wie die am nordöstlichen Rand liegenden Quellen der Delecke und Sichtigvor. Hier fand im Vergleich der beiden 10-Jahres-Zeiträume eine Verdoppelung der CSB-Belastung statt. Dies betraf auch weitere Quellen, wie z.B. die des Horbachs und der Hönne, wo ebenfalls eine landwirtschaftliche Nutzung vorhanden ist. Aber auch der Zeitpunkt der Probenahme kann je nach Eintragspfad eine Rolle spielen. Die Belas-

[8.4] Bundesamt für Kartographie und Geodäsie, 2015.
<http://www.geoportal.de/DE/Geoportal/Karten/karten.html?sessionid=F28520F16932402011EF973FC9AFBD2D?lang=de&wmcid=44>
(Zugriff: 24.2.2016)

[8.5] Ministerium für Umwelt und Naturschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz (MUNLV) des Landes NRW: Die Nitratbelastung des Grundwassers in Nordrhein-Westfalen, MUNLV und LUA, Dezember 2003

tungen der Quellwässer im dichter besiedelten westlichen Ruhreinzugsgebiet weisen geringere jahreszeitliche Schwankungen auf als die Quellen, deren Einzugsgebiete durch eine landwirtschaftliche Nutzung geprägt sind. Die TOC- und DOC-Konzentrationen in Quellwässern werden erst ab dem Jahr 2002 bestimmt, so dass hier ein Vergleich der beiden oben genannten Zeiträume nicht möglich ist. Die höchsten Konzentrationen von TOC und DOC sind wie beim CSB jedoch bei den organisch belasteten Quellen des Rrammbachs und Wannebachs festzustellen.

An insgesamt drei Quellen werden nach wie vor AOX-Konzentrationen gemessen, die mit Medianen von 13 bis 26 µg/l zwischen 1,5 und 3 mal so hoch wie der aktuelle mittlere AOX-Gehalt in der Ruhr sind. Allerdings sind für die Belastung der Listerquelle mit 26 µg/l AOX wohl keine anthropogenen Einflüsse verantwortlich, sondern es dürfte sich hier um natürliche AOX-Bildungsprozesse handeln, die vor allem in sumpfigen oder moorigen Gebieten vorkommen. In Sedimenten und Böden sowie in Torf kann bei der Anwesenheit entsprechender Enzyme eine Halogenierung vorhandener Stoffe wie Huminsäuren erfolgen, die als AOX gemessenen werden. Bei Grundwasseruntersuchungen in derartigen Regionen wurden Gehalte bis zu über 80 µg/l AOX gemessen [8.6]. Wahrscheinlich anthropogenen Ursprungs sind die Konzentrationen in der Wannebach- und Rrammbachquelle, die mit medianen AOX-Gehalten von 13 bzw. 12 µg/l allerdings nicht die Größenordnung in der Listerquelle von 26 µg/l aufweisen.

Metalle

Die höchsten Schwermetallkonzentrationen traten vor allem in den Quellwässern auf, in denen die pH-Werte unter pH 6 lagen. Mit abnehmenden pH-Werte gehen Schwermetalle leichter in Lösung (z.B. Cadmium, Nickel, amorphes Aluminium) und werden mobiler, so dass diese in den o.g. Gewässern meist in höheren Konzentrationen vorhanden sind. In den sauren Quellen der Verse, Lister und Kleinen Schmalenau (Median pH 5,3 bis 5,4) waren daher auch für Blei (3 µg/l), Nickel (17 µg/l), Zink (58 µg/l) bzw. Cadmium (0,85 µg/l) die höchsten medianen Gehalte vorhanden. Ebenfalls Werte über dem Gesamtmedian traten in den schon genannten anthropogen beeinflussten Quellen des westlichen Ruhrgebiets (Kettwig, Bild 8.6), der Ennepe und des Rrammbachs auf. Insbesondere ist auf den Wannebach hinzuweisen, der neben einer organischen und mineralischen Belastung auch bei den Metallen erhöhte Werte aufweist. Hier wurden z.B. Einzelwerte für Aluminium bis zu 560 µg/l und für Kupfer bis zu 8,4 µg/l gemessen. Da hier mit pH-Werten um pH 7,8 schwach alkalische Verhältnisse vorliegen, ist weniger eine Rücklösung als vielmehr ein anthropogener Einfluss zu vermuten.

In den o.g. sauren Quellwässern der Verse, Lister und Kleinen Schmalenau wurden neben den Schwermetallen auch die höchsten Aluminiumkonzentrationen nachgewiesen. Im Quellwasser der Verse traten beispielsweise Aluminium-Konzentrationen bis zu 1.400 µg/l auf. Dies ist insoweit von Bedeutung,



Bild 8.6: Quelle der Kettwig
Fig. 8.6: The spring of the Kettwig

da bei pH-Werten unter pH 5,5 gelöstes Aluminium, welches eine starke toxische Wirkung auf aquatische Organismen aufweist [8.7], in erheblichen Anteilen vorliegt. Besonders gefährdet ist neben den Fischen auch das Makrozoobenthos, wie Gammariden, Muscheln, Wasserasseln sowie die Larven von Eintagsfliegen. Dies zeigen auch die Ergebnisse biologischer Untersuchungen in den Quellbereichen, wo nur eine geringe Artenvielfalt nachgewiesen werden konnte. Zink, das in diesen drei Gewässern mit überdurchschnittlichen medianen Konzentrationen zwischen 48 und 58 µg/l bestimmt wurde, weist in diesem Konzentrationsbereich zumindest eine chronische Toxizität für das Makrozoobenthos auf.

Einfluss der Hintergrundbelastung der Quellwässer auf die chemischen Verhältnisse in der Ruhr bei Essen

Die Ergebnisse zur Hintergrundbelastung der Quellen werden nachfolgend den Ergebnissen der zeitlich dichten Ruhruntersuchungen (Zeitraum 1997 bis 2015) in Essen-Rellinghausen gegenübergestellt. Die statistischen Ruhrdaten sind ebenfalls in Tabelle 8.1 zusammengefasst. Natürlicherweise werden die chemischen Gegebenheiten von Fließgewässern nicht nur durch die Wasserinhaltsstoffe in den Quellen geprägt, sondern unterliegen auf ihrer jeweiligen Fließstrecke allochthonen und autochthonen Einflüssen. Dazu gehören diffuse und punktuelle Einleitungen aber auch im Gewässer stattfindende, zum

Teil biologische Prozesse, die zu Stofftransformationen (z.B. Abbau, Nitrifikation) oder Entzug aus der Wasserphase (z.B. Sedimentation, Denitrifikation) führen.

Hinzu kommen auch Konzentrationsabnahmen in Flusstausseen und Talsperren, in denen aufgrund längerer Aufenthaltszeiten durch Sedimentation partikelgebundene Stoffe der Wasserphase entzogen werden. Dies ist z.B. bei dem nur zum Teil gelöst anzutreffenden Nährstoff Phosphor der Fall, der in den Talsperrensystemen bis zu 80 % zurückgehalten wird. Dennoch überwiegen die anthropogenen Einflüsse im Ruhreinzugsgebiet, so dass Gesamtphosphor in der Ruhr bei Essen den rund sechsfachen Gehalt der mittleren Quellenkonzentration aufweist. Dagegen unterscheiden sich die mittleren Konzentrationen des gelöst vorliegenden Pflanzennährstoffs Nitrat in den Quellwässern (3,2 mg/l NO₃-N) und dem Ruhrwasser bei Essen (3,4 mg/l NO₃-N) kaum. Diese merkliche Hintergrundbelastung von Nitrat hält allerdings mit großem Anstand die UQN der OGewV von 11,3 mg/l NO₃-N ein [8.8].

Die Metalle Cadmium, Chrom, Kupfer, Mangan und Nickel sind in der Regel in den Quellwässern des Ruhreinzugsgebiets nicht oder kaum vorhanden. Aluminium, Blei, Eisen und Zink kommen dagegen in fast allen Proben mit Konzentrationen oberhalb der Bestimmungsgrenze vor. In der Ruhr bei Essen sind beim Cadmiumgehalt ebenso wie beim Chrom und Aluminium keine Unterschiede festzustellen. Hingegen werden hier bei Zink noch etwa die dreifachen und bei Blei etwa die vierfachen mittleren Konzentrationen der Hintergrundgehalte gemessen. Für die Schwermetalle Kupfer und Nickel liegen die Gehalte in der Ruhr bei Essen im Vergleich zur mittleren Hintergrundbelastung etwa um das Fünffache bzw. das Doppelte höher. Leichte Anstiege zeigen sich für die beiden Metalle Eisen und Mangan.

Zusammenfassung

Die nunmehr seit 19 Jahren durchgeführten exemplarischen Untersuchungen an 30 Quellen im Einzugsgebiet der Ruhr geben einen Aufschluss darüber, wie zum einen die geologischen Gegebenheiten und lokalen Unterschiede in der Bewirtschaftung in den Quellgebieten die Wasserinhaltsstoffe beeinflussen. Zum anderen können die gewonnenen Untersuchungsergebnisse zur Bestimmung der Hintergrundbelastung dienen, wodurch sich einige chemische Gegebenheiten in der Ruhr relativieren und entsprechend bei der Bewertung berücksichtigt werden können.

Es lassen sich zum Teil deutliche Unterschiede in der Wasserbeschaffenheit der Quellen feststellen. Diese sind einerseits durch regionale Besonderheiten in der Geologie bedingt, wie z.B. in den verkarsteten Kalkgebieten am östlichen Nordrand des Ruhreinzugsgebiets, in denen die Quellwässer die höchsten Härtegrade aufweisen. Andererseits weisen die in sumpfigen bzw. moorigen Regionen liegenden Quellen weiches Wasser auf. Aufgrund höherer Huminstoffanteile und der damit einher gehenden starken Versauerung sind in diesen Quell-

wässern auch Aluminium- oder Zinkkonzentrationen festzustellen, die auf bestimmte Gruppen der Gewässerfauna toxisch wirken können. Erwähnenswert ist hier auch, dass in der versauerten Listerquelle offenbar natürlich gebildete halogenierte Kohlenwasserstoffe in hohen Konzentrationen gemessen werden.

Am Haarstrang nördlich von Möhne und Ruhr beeinflusst die dort landschaftsprägende Landwirtschaft maßgeblich die Quellwasserbeschaffenheit. Hier sind vor allem die Pflanzennährstoffe Nitrat und Phosphor belastend für die Quellen. Auch im südwestlichen Teil des Ruhreinzugsgebiets sind diese Verbindungen in den Quellwässern zu finden, die hier eine landwirtschaftliche Nutzung bzw. eine höhere Bevölkerungsdichte anzeigen. Ein weiteres Indiz für Letzteres sind dort auch die überdurchschnittlichen Borat-Bor-Konzentrationen.

Der Einfluss durch Urbanisierung, Landwirtschaft, Gewerbe und Industrie führt bei vielen Parametern im Fließverlauf von den Quellen bis zur Ruhrmündung zu einem Anstieg der Belastung. Diese Belastung bewegt sich allerdings meist in einem Bereich, der entsprechend der in dem Beitrag „Grundlagen der Bewertung von Gewässeranalysendaten im Ruhrgütebericht“ angewandten Bewertungsmaßstäbe mit „gut“ oder „sehr gut“ anzusehen ist (vgl. „Zeitlich dichte physikalisch-chemische Überwachungen der Ruhr“ und „Physikalisch-chemische Untersuchungen der Ruhr und ihrer Nebengewässer“). Allerdings gilt das nicht für alle Wasserinhaltsstoffe, so ist z.B. beim Nitrat bereits in den Quellwässern eine mäßige Grundbelastung anthropogenen Ursprungs im Ruhreinzugsgebiet vorhanden.

[8.6] Schöler, Heinz F. und Niedan, Volker W.: *Natürliche Organohalogenverbindungen in der Umwelt*, ATV-DVWK-Schriftenreihe 18, S. 10 bis 29, 2000

[8.7] Fent, Karl: *Ökotoxikologie*, Georg Thieme Verlag, Stuttgart 2013

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

9 Baden in der Ruhr – Ergebnisse aus dem Forschungsprojekt „Sichere Ruhr“

Einleitung

Kenntnisse über den hygienischen Gewässerzustand der Ruhr sind angesichts ihrer vielfältigen Nutzungen, insbesondere auch als Rohwasserlieferant für die Trinkwassergewinnung, von großer Bedeutung. Daher wird die Ruhr in Kooperation mit den Wasserwerken der AWWR seit Jahrzehnten an ausgewählten Stellen auf coliforme Bakterien als Indikatoren für eine fäkale Verunreinigung untersucht. Die langjährigen Datenreihen belegen eine Verbesserung der hygienischen Wasserqualität der Ruhr als Folge von Neubau- und Ertüchtigungsmaßnahmen in der Abwasserreinigung [9.1].

Die durch die Steigerung der Reinigungsleistung der Kläranlagen und den Ausbau der Niederschlagswasserbehandlung erzielten Erfolge sowie das Inkrafttreten der novellierten europäischen Badegewässerrichtlinie im Jahr 2006 [9.2] waren Anlass für den Ruhrverband, die hygienischen Untersuchungen im Hinblick auf eine mögliche Eignung der Ruhr als Badegewässer zu intensivieren. Daher werden die untere Ruhr und speziell der Baldeneysee seit dem Jahr 2007 in den Sommermonaten regelmäßig auf die für die Badegewässerqualität entscheidenden Kenngrößen *Escherichia coli* (*E. coli*) und intestinale Enterokokken untersucht. Die Ergebnisse aus den bakteriologischen Untersuchungen der Jahre 2007 bis 2011 zeigten, dass die Keimbelastung durch biologisch gereinigtes Abwasser aus den kommunalen Kläranlagen bei günstigen Witterungs- und Abflussbedingungen die Nutzung der Ruhr als Badegewässer nicht grundsätzlich ausschließt. Nach Entlastungen aus Niederschlagswasserbehandlungsanlagen ist allerdings mit einer deutlichen Beeinträchtigung der hygienischen Qualität zu rechnen [9.3; 9.4]. Diese Erkenntnisse konnten im Forschungsprojekt „Sichere Ruhr“ durch hygienische Risikobetrachtungen auf einer wesentlich erweiterten Datenbasis bestätigt werden.

Das Forschungsprojekt „Sichere Ruhr“ – Ziel und Struktur

Zum Jahresbeginn 2012 startete mit einer Laufzeit von 48 Monaten unter der Leitung des Rheinisch-Westfälischen Instituts für Wasserforschung (IWW) das Forschungsprojekt „Sichere Ruhr – Badegewässer und Trinkwasser für das Ruhrgebiet“. Es hatte zum Ziel, die Bedingungen zu beschreiben, unter denen die Sicherheit für die Trinkwassergewinnung erhöht und Bademöglichkeiten an der Ruhr geschaffen werden können. Das Projekt war Teil des Förderschwerpunkts „Risikomanagement von neuen Schadstoffen und Krankheitserregern im Wasserkreislauf“ (RiSKWa), gefördert durch das Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF). Das Risikomanagementkonzept für eine mögliche Badenutzung beinhaltet eine Gefährdungsanalyse, eine Risikobewertung, die Beschreibung

von Maßnahmen zur Emissionsminderung, die Entwicklung von Monitoring- und Frühwarnsystemen sowie die Erstellung eines Realisierungskonzepts unter Berücksichtigung von Erkenntnissen aus der Akzeptanz- und Kommunikationsforschung. Aus diesem Themenspektrum ergab sich eine Projektstruktur mit fünf Arbeitspaketen (AP), die von 10 Projektpartnern aus Forschungsinstituten und Universitäten sowie der Industrie bearbeitet wurden (Tabelle 9.1). Der Ruhrverband stellte hierfür seine hygienischen und chemisch-physikalischen Daten aus den eigenen langjährigen Untersuchungsprogrammen zur Verfügung und unterstützte die Projektpartner mit der Übermittlung wasserwirtschaftlicher Informationen und Berechnungen (AP 1 und AP 4). Er gestaltete die Partizipation (AP 3 und AP 5) in Form von moderierter Öffentlichkeitsbeteiligung (Workshops) mit. Bei der Erarbeitung des „Realisierungskonzepts Ruhr“ (AP 5) für die Nutzungen „Baden im Baldeneysee“ und „Trinkwassergewinnung aus der Ruhr“ war er federführend. In Zusammenarbeit mit dem Projektpartner

Tabelle 9.1: Arbeitspakete (AP) des Projekts „Sichere Ruhr“. Weitere Projektpartner (alphabetisch): aquatune - Dr. Gebhardt & Co GmbH; Karlsruher Institut für Technologie (KIT); Rheinisch-Westfälische Wasserwerksgesellschaft mbH (RWW); Universität Duisburg-Essen (UDE): Aquatischen Ökologie; Biofilm Centre; Institut für Soziologie; Xylem Water Solutions Herford GmbH

Table 9.1.: Working areas (AP) of the project "Sichere Ruhr" (Safe River Ruhr). Additional project partners (alphabetical order): aquatune - Dr. Gebhardt & Co GmbH; Karlsruhe Institute of Technology (KIT); Rheinisch-Westfälische Wasserwerksgesellschaft mbH (RWW); University of Duisburg-Essen (UDE): Aquatic Ecology; Biofilm Centre; Institute for Sociology; Xylem Water Solutions Herford GmbH

| Arbeitspaket | Arbeitsprogramm | AP-Koordination und Leitung |
|--------------|---|--|
| AP 1 | Gefährdungsanalyse Ruhrwasserqualität | Institut für Hygiene und öffentliche Gesundheit der Universität Bonn (UBN) |
| AP 2 | Risikobewertung | Abteilung für Hygiene, Umwelt- und Sozialmedizin der Ruhr-Universität Bochum (RUB) |
| AP 3a | Risikowahrnehmung | Institut für Technikfolgenabschätzung Karlsruhe (ITAS) |
| AP 3b | Risikokommunikation | Universität Duisburg-Essen, Institut für Kommunikationswissenschaft (UDE-K) |
| AP 3c | Partizipation | Universität Duisburg-Essen, Institut für Kommunikationswissenschaft (UDE-K) |
| AP 4a | Innovative Technologien zur Eintragsminderung | RWTH Aachen, Institut für Siedlungswasserwirtschaft (ISA) |
| AP 4b | Analysen-, Monitoring- und Prognosesysteme | Rheinisch-Westfälisches Institut für Wasserforschung (IWW) |
| AP 5 | Realisierungskonzept Ruhr „Baden und Trinkwasser“ | Ruhrverband |

IWW intensiviert der Ruhrverband während der Badesaisons 2014 und 2015 die Überwachung. Das Ziel war, ein mögliches Badegewässer an der Ruhr nach den Bewertungskriterien der Badegewässerverordnung NRW einzustufen.

Das Untersuchungsprogramm „Sichere Ruhr“ – Badegewässer für das Ruhrgebiet

Die folgenden Ausführungen basieren auf dem Zwischenbericht von AP 1 (Gefährdungsbeurteilung), dem gemeinsamen Abschlussbericht des Projekts „Sichere Ruhr“ sowie auf der Korrespondenz mit einzelnen Verbundpartnern [9.5; 9.6]. Die Ergebnisse sind hier ausschließlich im Hinblick auf eine mögliche Badegewässernutzung dargestellt. Der zweite Aspekt des Projekts, die Trinkwassergewinnung an der Ruhr, wird in diesem Beitrag nicht behandelt.

Die mikrobiologischen Untersuchungen an der unteren Ruhr erfolgten im Zeitraum von April 2012 bis Mai 2013 durchgängig im 14-täglichen Rhythmus an acht Probenahmestellen zwischen Essen-Steele und Mülheim-Styrum (Bild 9.1). Zwei dieser Stellen, Seaside Beach am Baldeneysee und Löwental in Essen-Werden, wurden in Abstimmung mit der Stadt Essen im Rahmen der Öffentlichkeitsbeteiligung des Projekts als potenzielle Badestellen ausgewählt. Die Wasserproben wurden nach den Vorgaben der Badegewässerrichtlinie 30 cm unter der Oberfläche bei einer Wassertiefe von 1 m genommen. Ergänzend erfolgten einige Probenahmen ufernah in der so genannten „Planschzone“. Solche Untersuchungen im Flachwasser sind jedoch bei einer formellen Anmeldung eines Badegewässers gesetzlich nicht vorgeschrieben.



Bild 9.1: Probenahmestellen an der unteren Ruhr (Quelle: [9.11])
Fig. 9.1: Sampling point at the lower Ruhr (source: [9.11])

Neben *E. coli* und intestinalen Enterokokken, den Hygieneindikatoren der Badegewässerrichtlinie, zählten weitere bakterielle Indikatoren einer hygienischen Verschmutzung sowie virale und parasitäre Krankheitserreger zu den Zielorganismen der Untersuchungen, die eine umfassende Risikobewertung des Badens zum Ziel hatten. Untersuchungen auf Legionellen wurden anlässlich der Legionellenepidemie in Warstein im Rahmen eines Aufstockungsantrags in den Jahren 2013 und 2014 ergänzt. Begleitend wurden für eine Korrelationsanalyse chemisch-physikalische Messungen durchgeführt sowie zur Beschreibung der Niederschlagsverhältnisse und der Abfluss- und Immissionsituation meteorologische, hydraulische und wasserwirtschaftliche Daten erhoben (Tabelle 9.2).

Bakterien – Methoden und Ergebnisse

Mit Ausnahme der Bestimmung der Gesamtzellzahl, die nach Anfärbung mit einem Reagenz (4',6-Diamidin-2-phenylindol, DAPI) fluoreszenzmikroskopisch erfolgte, wurden zum Nachweis der Bakterien kulturelle Verfahren angewandt. Diese basieren mit einer Ausnahme (*Aeromonas* spp.) auf genomten Verfahren (DIN- bzw. ISO-Methoden). Das Wachstum der Zielorganismen auf Agarplatten ermöglicht das Auszählen von Kolonien und die Angabe der Kolonie bildenden Einheiten (KBE). Bei der Anreicherung in Flüssigkulturen werden die Ergebnisse nach einem statistischen Verfahren ermittelt und als Most Probable Number (MPN) angegeben. Für den Nachweis von coliformen Bakterien, *Escherichia coli*, *Pseudomonas aeruginosa* und intestinalen Enterokokken wurden mit den Colilert®, Enterolert®- und Pseudalart®-Verfahren [9.7] sowie mit konfektionierten Mikrotiterplatten [9.8] auch kommerzielle Testsysteme eingesetzt. Molekularbiologische Methoden (qPCR, quantitative polymerase chain reaction) kamen ergänzend für *E. coli*, intestinale Enterokokken und Legionellen zum Einsatz.

- [9.1] Ruhrverband: Hygienische Beschaffenheit der Ruhr. In: Ruhrgütebericht 2010, Essen, S. 99 - 105
- [9.2] Richtlinie 2006/7/EG des europäischen Parlaments und des Rates vom 15. Februar 2006 über die Qualität der Badegewässer und deren Bewirtschaftung und zur Aufhebung der Richtlinie 76/160/EWG, in: Amtsblatt der Europäischen Union vom 04.03.2006, L 64/37
- [9.3] Ruhrverband: Untersuchungen zur hygienischen Beschaffenheit der unteren Ruhr. In: Ruhrgütebericht 2008, Essen, S. 96 - 102
- [9.4] Ruhrverband: Untersuchungen zur hygienischen Beschaffenheit des Baldeneysees. In: Ruhrgütebericht 2009, Essen, S. 126 - 130
- [9.5] BMBF-Verbundprojekt „Sichere Ruhr“: Erkenntnisse aus dem Arbeitspaket 1 (Gefährdungsbeurteilung), projektinterner Zwischenbericht, 2015, unveröffentlicht
- [9.6] BMBF-Verbundprojekt „Sichere Ruhr“: Gemeinsamer Abschlussbericht aller Verbundprojektspartner Förderkennzeichen 02WRS1283A bis J. RiskWa-Fördermaßnahme des Bundesministerium für Forschung und Entwicklung, IWW, Mülheim an der Ruhr, 2015.
- [9.7] IDEXX GmbH, 71636 Ludwigsburg; www.idexx.de
- [9.8] BIO-RAD Laboratories GmbH, München; www.bio-rad.de

Tabelle 9.2: Untersuchungsparameter des Messprogramms an der unteren Ruhr (Quelle: [9.5])
 Table 9.2: Examination parameters of the measuring program in the lower Ruhr (Source: [9.5])

| Gruppe | Parameter | Hygienische Bedeutung |
|------------------------------|---|--|
| Bakterien | Gesamtzellzahl Koloniezahl <i>Escherichia coli</i> Coliforme Bakterien Intestinale Enterokokken <i>Clostridium perfringens</i> <i>Pseudomonas aeruginosa</i> <i>Legionella</i> spp. <i>Legionella pneumophila</i> <i>Aeromonas</i> spp. <i>Campylobacter</i> spp. <i>Salmonella enterica</i> Cyanobakterien | allg. bakterielle Belastung allg. bakterielle Belastung Indikatorparameter Indikatorparameter Indikatorparameter Indikatorparameter Umweltkeim (fakultativ pathogen) Umweltkeim (fakultativ pathogen) Umweltkeim (fakultativ pathogen) Umweltkeim (fakultativ pathogen) obligat pathogen (fäkaler Herkunft) obligat pathogen (fäkaler Herkunft) Produktion von Toxinen |
| Viren | Adenoviren Polyomaviren Rotaviren Noroviren Enteroviren | obligat pathogen (fäkaler Herkunft) obligat pathogen (fäkaler Herkunft) obligat pathogen (fäkaler Herkunft) obligat pathogen (fäkaler Herkunft) obligat pathogen (fäkaler Herkunft) |
| Protozoen | <i>Cryptosporidium</i> spp. <i>Giardia lamblia</i> | obligat pathogen obligat pathogen |
| Invertebraten | Vogelschistosomen (Zerkarien) | obligat pathogen (Badedermatitiserreger) |
| Chem./phys. Begleitparameter | pH-Wert Temperatur (Luft und Wasser) elektr. Leitfähigkeit Sauerstoff SAK/SSK DOC/TOC NH ₄ ⁺ , NO ₂ ⁻ , NO ₃ ⁻ P-ges, ortho-PO ₄ ³⁻ | |
| Meteorologische Daten | Temperatur, Niederschlag etc. | |
| Hydraulische Daten | Abfluss, Pegelstände etc. | |

Zum Nachweis von coliformen Bakterien und *E. coli* wurde auf dem Gelände des Seaside Beach der als Frühwarnsystem konzipierte Biomonitor COLIGUARD® erprobt [9.9]. Das Testprinzip, eine fotometrisch nachzuweisende spezifische Enzymreaktion, entspricht dem des DIN-Verfahrens.

Einen Überblick über die mikrobiologischen Ergebnisse gibt die Tabelle 9.3. Die Gesamtzellzahl sowie die Zahl der Kolonie bildenden Einheiten (KBE) bei 22 und 36 °C zeigten keine Auffälligkeiten. Diese Kenngrößen sind nicht von hygienischer Bedeutung, können aber mit sehr hohen Werten einen außergewöhnlichen anthropogenen Einfluss auf das Gewässer anzeigen. Die Schwankung der Gesamtzellzahl fiel mit Ergebnissen zwischen 10⁵ und 10⁷ Bakterien/ml eher gering aus. Die kultivierbaren Bakterien erreichten bei Minimalwerten von 1,2 x 10² (22 °C) bzw. 4,1 x 10¹ (36 °C) unabhängig von der Inkubationstemperatur Maximalwerte in der Größenordnung von 10⁴ KBE/ml. Für alle drei Kenngrößen gilt, dass es weder Unterschiede zwischen den Probenahmestellen noch zwischen den Probenahmeterminen gab. Eine Abhängigkeit der Ergebnisse von der Jahreszeit war nicht nachweisbar.

Coliforme Bakterien, *Escherichia coli* und intestinale Enterokokken weisen auf eine fäkale Verschmutzung des Gewässers hin. Während *E. coli* und intestinale Enterokokken ausschließlich im menschlichen und tierischen Darm vorkommen und damit die Indikatorfunktion voll erfüllen, gehören der heterogenen Gruppe der coliformen Bakterien auch einige Umweltkeime an. Außerhalb des Darms können coliforme Bakterien, *E. coli* und intestinale Enterokokken – insbesondere bei abwehrgeschwächten Personen – schwere Infektionen verursachen. Sowohl die Ergebnisse der coliformen Bakterien als auch die von *E. coli* zeigten mit Minimalwerten von 2,0 x 10¹ bzw. 0 MPN/100 ml und Maximalwerten in der Größenordnung von 10⁴ MPN/100 ml eine große Schwankungsbreite. Die Zahl der nachgewiesenen intestinalen Enterokokken schwankte zwischen 0 und 1,6 x 10³ KBE/100 ml. Im Gegensatz zu den coliformen Bakterien zeigten *E. coli* und die intestinalen Enterokokken im Herbst etwas höhere Werte als im übrigen Jahr. Statistische Parameter der Konzentrationen für *E. coli*, coliforme Bakterien, intestinale Enterokokken sowie die weiteren Bakterien aus dem Untersuchungsprogramm sind als Boxplot-Diagramm in Bild 9.2 dargestellt. Die Daten des Biomonitorings

Tabelle 9.3: Ergebnisse der mikrobiologischen Untersuchungen des Projekts „Sichere Ruhr“ (Quelle: UBN, UDE, RUB, IWW; [9.5], aktualisiert)
 Table 9.3: Results of the microbiological examinations as part of the project “Sichere Ruhr” (Safe River Ruhr), (Sources: UBN, UDE, RUB, IWW; [9.5], updated)

| | Einheit | Min | 25er Perzentil | Median | 75er Perzentil | Max | n ges | n positiv | % positiv |
|--------------------------------|------------|-------------------|--------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------|-----------|-----------|
| Gesamtzellzahl | 1/ml | $3,8 \times 10^5$ | $2,4 \times 10^6$ | $3,4 \times 10^6$ | $4,3 \times 10^6$ | $1,5 \times 10^7$ | 184 | 184 | 100,0% |
| Koloniezahl 22 °C | KBE/ml | $1,2 \times 10^2$ | $5,1 \times 10^2$ | $7,9 \times 10^2$ | $1,2 \times 10^3$ | $4,5 \times 10^4$ | 184 | 184 | 100,0% |
| Koloniezahl 36 °C | KBE/ml | $4,1 \times 10^1$ | $3,5 \times 10^2$ | $5,0 \times 10^2$ | $9,1 \times 10^2$ | $4,0 \times 10^4$ | 184 | 184 | 100,0% |
| Coliforme Bakterien | MPN/100 ml | $2,0 \times 10^1$ | $1,3 \times 10^3$ | $2,3 \times 10^3$ | $4,2 \times 10^3$ | $6,5 \times 10^4$ | 184 | 184 | 100,0% |
| <i>Escherichia coli</i> | MPN/100 ml | 0 | $7,7 \times 10^1$ | $2,0 \times 10^2$ | $7,2 \times 10^2$ | $3,5 \times 10^4$ | 183 | 173 | 94,5% |
| Intestinale Enterokokken | KBE/100 ml | 0 | $1,0 \times 10^1$ | $2,3 \times 10^1$ | $5,8 \times 10^1$ | $1,6 \times 10^3$ | 183 | 180 | 98,4% |
| <i>Clostridium perfringens</i> | KBE/100 ml | $1,1 \times 10^1$ | $3,7 \times 10^1$ | $7,4 \times 10^1$ | $1,3 \times 10^2$ | $8,1 \times 10^2$ | 184 | 184 | 100,0% |
| <i>Aeromonas</i> spp. | MPN/100 ml | $1,4 \times 10^2$ | $1,0 \times 10^4$ | $2,2 \times 10^4$ | $3,9 \times 10^4$ | $7,7 \times 10^5$ | 183 | 183 | 100,0% |
| <i>Pseudomonas aeruginosa</i> | MPN/100 ml | 0 | 4×10^{-1} | $1,6 \times 10^0$ | $7,2 \times 10^0$ | $3,6 \times 10^2$ | 176 | 144 | 81,8% |
| <i>Campylobacter</i> spp. | MPN/100 ml | 0 | 0 | 0 | 0 | $8,0 \times 10^0$ | 168 | 56 | 33,3% |
| <i>Salmonella enterica</i> | MPN/100 ml | 0 | 0 | 0 | 0 | $3,7 \times 10^1$ | 176 | 52 | 29,5% |
| Cryptosporidien | 1/100 l | 0 | 0 | 0 | $1,0 \times 10^0$ | $2,7 \times 10^1$ | 184 | 53 | 29,0% |
| Giardien | 1/100 l | 0 | $1,0 \times 10^0$ | $5,0 \times 10^0$ | $1,3 \times 10^1$ | $1,6 \times 10^2$ | 184 | 143 | 78,0% |
| Rotaviren | GU/l | 0 | 0 | 0 | 0 | $6,6 \times 10^5$ | 184 | 18 | 9,8% |
| Noroviren | GU/l | 0 | 0 | 0 | $1,7 \times 10^3$ | $4,1 \times 10^5$ | 183 | 53 | 29,0% |
| Enteroviren | GU/l | 0 | 0 | 0 | 0 | $4,2 \times 10^4$ | 184 | 41 | 22,3% |
| Polyomaviren | GU/l | 0 | 0 | $8,7 \times 10^2$ | $5,5 \times 10^3$ | $7,6 \times 10^4$ | 184 | 107 | 58,2% |
| Adenoviren | GU/l | 0 | $9,6 \times 10^2$ | $2,6 \times 10^3$ | $6,0 \times 10^3$ | $8,3 \times 10^6$ | 180 | 166 | 90,2% |
| Coliphagen | 1/100 ml | $3,0 \times 10^0$ | $4,6 \times 10^1$ | $1,3 \times 10^2$ | $2,8 \times 10^2$ | $1,7 \times 10^3$ | 176 | 176 | 100,0% |

am Seaside Beach zeigten nur teilweise eine Übereinstimmung mit den *E.coli*-Messwerten aus der tagesgleichen Stichprobe. Der Nachweis des Darmbakteriums *Clostridium perfringens* im Gewässer gilt ebenfalls als ein Hinweis auf eine fäkale Verschmutzung (Indikatorfunktion). Die orale Aufnahme von *C. perfringens* kann zu einer schweren Intoxikation führen, wie sie auch als Lebensmittelvergiftung bekannt ist. Die für *C. perfringens* in der Ruhr gemessenen Werte zeigten mit $1,1 \times 10^1$ bis $8,1 \times 10^2$ KBE/100ml eine geringe Streuung, die unabhängig von der Probenahmestelle war. Im Sommer wurden tendenziell niedrigere Werte ermittelt.

Aus der Gruppe der fakultativ pathogenen Umweltbakterien berücksichtigte das Untersuchungsprogramm die in Oberflächengewässern und Abwässern vorkommenden Aeromonaden (*Aeromonas* spp.) sowie *Pseudomonas aeruginosa*. Für beide Erreger sind Haut und Schleimhäute die primären Eintrittspforten. Wundinfektionen sowie Pneumonien nach Aspiration von Wasser (Beinahe-Ertrinken) können durch *Aeromonas* spp. verursacht werden. Entzündungen der Augen und Ohren (Otitis externa) sind typische Krankheitsbilder einer Infektion mit *P. aeruginosa*. Aeromonaden wurden in allen Wasserproben unabhängig von der Probenahmestelle und der Jahreszeit in der Größenordnung von 10^2 bis 10^5 MPN/100 ml nachgewiesen. Mit einem Median von $2,2 \times 10^4$ MPN/100 ml waren die Zellzahlen der Aeromonaden insgesamt hoch. Insbe-

sondere nach Starkregenereignissen traten erhöhte Werte auf. *P. aeruginosa* wurde mit einer Befundhäufigkeit von 81,8 % in durchweg niedrigen Konzentrationen (Spanne 0 bis $3,6 \times 10^2$ MPN/100 ml) nachgewiesen. Wie bei den Aeromonaden weisen die Ergebnisse auf einen möglichen Einfluss von Starkregenereignissen hin.

Von den obligat pathogenen Umweltbakterien gehörten thermotolerante *Campylobacter* spp. und nicht-typhoidale Salmonellen (*Salmonella enterica*) zu den Zielorganismen des Mesoprogramms. Sie können in verunreinigten Oberflächengewässern und Abwässern nachgewiesen werden. Als Hauptquelle der Verschmutzung sind Wild- und Nutztiere anzusehen. Eine orale Aufnahme dieser Bakterien kann schwere Gastroenteritiden (Magen-Darminfekte) verursachen. *Campylobacter* spp. wurde in jeder dritten Probe nachgewiesen, für *S. enterica* war die Befundhäufigkeit mit 29,5 % sehr ähnlich. Für beide Pathogene konnte eine Saisonalität mit höherer Befundhäufigkeit im Winter als im Sommer gezeigt werden. Die Zellzahlen waren mit Maximalwerten von $8,0 \times 10^0$ (*Campylobacter* spp.) bzw. $3,7 \times 10^1$ MPN/100ml (*S. enterica*) sehr gering.

[9.9] mbOnline GmbH, St. Pölten, A; heute Bactcontrol Microlan, Waalwijk, NL; www.toxcontrol.com

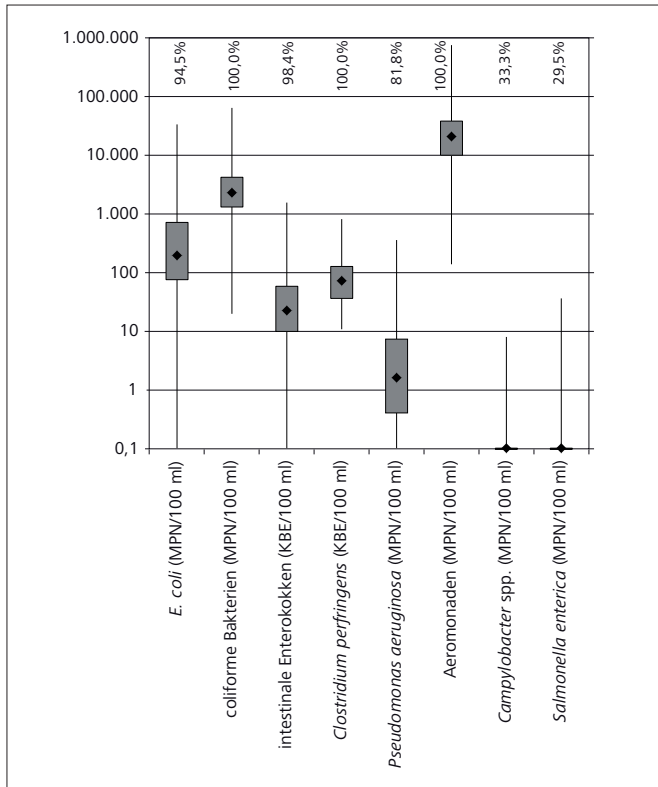


Bild 9.2: Boxplot-Diagramm (Quartil: 25%, 75%) der Konzentrationen sowie prozentuale Nachweishäufigkeiten aller Probenahme-stellen über 18 Monate (Quelle: IWW, UDE)

Fig. 9.2: Box plot (quartiles: 25%, 75%) of the concentrations and frequency of occurrence in percentages of all sampling points over a period of 18 months (source: IWW, UDE)

Nur in einer von 116 auf *Legionellen* (einschließlich der Spezies *Legionella pneumophila*) untersuchten Proben des Ruhrabschnitts zwischen Essen-Steele und Mülheim-Styrum wurde kulturell ein Befund für *Legionella* sp. mit 83 KBE/100 ml ermittelt. Die Beprobungen der Kläranlagen Essen-Kupferdreh und Essen-Süd blieben ohne kulturellen Nachweis für *Legionella* sp. Die qPCR zeigte in der Ruhr und den beiden Kläranlagen positive Befunde für *Legionella* spp. und *L. pneumophila*. Die nachgewiesenen „genomic units“ (GU) lassen allerdings keine Unterscheidung zwischen vitalen und nicht vitalen Bakterien zu.

Parasiten – Methoden und Ergebnisse

Cryptosporidien und Giardien sind einzellige Organismen (Protozoen) mit parasitischer Lebensweise im Darm von Tier und Mensch. Nach einer Aufnahme über kontaminiertes Trinkwasser oder Nahrungsmittel vermehren sie sich im menschlichen Darm. Dort verursachen sie schwere Durchfallerkrankungen und werden als äußerst widerstandsfähige Cysten wieder ausgeschieden. Die Infektionsdosis ist mit 10 Cysten sehr gering. Bedeutende Reservoirs der Cryptosporidien sind z. B. Kühe oder Wild. Giardien kommen in Säugetieren, Vögeln und Reptilien vor. Oocysten von Cryptosporidien und Cysten von Giar-

dien sind in landwirtschaftlichen und kommunalen Abwässern sowie in hygienisch belasteten Gewässern anzutreffen. Die Cysten können im Wasser lange überleben. In der Umwelt wird sowohl den Cryptosporidien als auch den Giardien eine Saisonalität mit höherem Vorkommen im Winter nachgesagt. In der unteren Ruhr kamen die Cryptosporidien während des Untersuchungszeitraums mit einer Befundhäufigkeit von 29 % wesentlich seltener vor als die Giardien mit 78 % Positivproben. Für die Cryptosporidien wurden mit einem Maximum von $2,7 \times 10^1$ Oocysten/100 l niedrige Konzentrationen ermittelt. Tendenziell traten – entgegen der Erwartung – im Sommer die höheren Werte auf. In der Badesaison betrug die maximale Konzentration an den potenziellen Badestellen (Seaside Beach und Löwental) $4,4 \times 10^0$ Oocysten/100 l. Für die Giardien wurden im Herbst und im Winter die höchsten Werte gemessen. Der Maximalwert lag bei $1,6 \times 10^2$ Cysten/100 l.

Aus der Gruppe der Parasiten fanden im Projekt „Sichere Ruhr“ auch die Vogelschistosomen (Trematoden, Saugwürmer) Beachtung. Zu den Vogelschistosomen zählt die Gattung *Trichobilharzia*, Erreger der Bade- oder Zerkariendermatitis. *Trichobilharzia* benötigt für ihren Lebenszyklus Entenvögel und Wasserschnecken als Wirtstiere. Die nach der Vermehrung in Wasserschnecken (Zwischenwirt) ins Wasser entlassenen Larven, die so genannten Zerkarien, legen die Strecke zum Endwirt (Wasservogel) aktiv schwimmend zurück. Treffen sie bei der Suche nach einem Endwirt auf Badende, können sie auch in die menschliche Haut eindringen. Eine Vermehrung im Menschen ist nicht möglich (Fehlwirt). Es kommt jedoch zu einer Badermatitis mit stark juckenden Hautirritationen, die mehrere Tage andauern können. Die Untersuchung auf Vogelschistosomen erfolgte durch das Absammeln von Schlamm-schnecken, wobei vier zusätzliche Stellen im Vogelschutzgebiet am Baldeneysee (Heisinger Bogen) beprobt wurden. Anschließend wurde im Labor das Austreten der Zerkarien aus den Schnecken provoziert oder die Schnecken wurden auf beginnende Zerkarieninfektionen seziiert. Die Ergebnisse wurden zusammen mit denen aus einer früheren Untersuchung im Jahr 2009 ausgewertet. Schneckenpopulationen gab es sowohl im Vogelschutzgebiet als auch an der Probenahmestelle Seaside Beach. Infizierte Schnecken wurden vereinzelt gefunden. Da die Zahl freigesetzter Zerkarien pro Schnecke sehr hoch sein kann, waren die Voraussetzungen für eine Badermatitisinfektion grundsätzlich gegeben. Es konnten zwei Arten von *Trichobilharzia* nachgewiesen werden.

Viren – Methoden und Ergebnisse

Im Projekt wurden ausschließlich unbehüllte Viren berücksichtigt. Im Unterschied zu Bakterien können sich Viren nicht im Wasser vermehren, dort aber lange überleben. Die in das Untersuchungsprogramm aufgenommenen Viren sind fäkaler Herkunft und besitzen eine hohe Infektiosität. Noro- und Rotaviren sind auf Grund der hohen Erkrankungszahlen von besonderer epidemiologischer Bedeutung. Adeno- und Polyomaviren sind in vielen fäkal belasteten Abwässern nachweisbar. Der Virennachweis im Projekt erfolgte molekularbiologisch

durch Real Time PCR (Polymerase-Kettenreaktion), mit der die Erbsubstanz (DNA, RNA) der Viren quantifiziert wird. Eine Aussage über die Anzahl infektiöser Viren ist daraus nicht abzuleiten. Die Ergebnisse für die Viren werden in Genomäquivalenten (GU) angegeben.

Rotaviren, Erreger von Magen-Darm-Infekten, wurden nur in 9,8 % der Proben nachgewiesen. Die positiven Befunde waren in der Badesaison seltener als in den kalten Jahreszeiten. Im Einlaufbereich des Baldeneysees und damit unterhalb der Kläranlagen Essen-Süd und Essen-Kupferdreh lag die Anzahl positiver Proben höher (17,4 %) als im Durchschnitt. Dort trat im Oktober 2012 mit $6,6 \times 10^5$ GU/l auch die maximale Viruskonzentration auf. Der in der Badesaison ermittelte Maximalwert lag um ca. zwei Log-Stufen darunter.

Weitere Virennachweise zielten auf die humanpathogenen Genogruppen I und II der Noroviren, die ebenfalls Gastroenteritiden mit Erbrechen und Diarrhö verursachen können. Noroviren G I konnten nicht nachgewiesen werden, Noroviren G II waren in 29,0 % der Proben nachweisbar. Häufigkeit und Höhe der Befunde waren im Längsverlauf der unteren Ruhr nicht gleichmäßig verteilt. In Essen-Rellinghausen wurde die niedrigste Befundhäufigkeit (13 %), aber der höchsten Einzelwert ($4,1 \times 10^5$ GU/l) gemessen. Die häufigsten Befunde (43,5 %) gab es an der Probenahmestelle in Mülheim-Styrum.

Zu der Gruppe der Enteroviren gehören u.a. Polioviren, Echoviren und humane Enteroviren. Sie können durch Schädigung des Nervensystems schwerwiegende Krankheitsbilder verursachen. Enteroviren konnten in den Untersuchungen für das Projekt „Sichere Ruhr“ mit einer eher geringen Häufigkeit von 22,3 % nachgewiesen werden. Die Nachweise waren im Sommer und Herbst häufiger. Die höchste Konzentration viraler Partikel wurde mit $4,2 \times 10^4$ GU/l im Herbst gemessen.

Polyomaviren wurden in mehr als der Hälfte aller Proben (58,2 %) nachgewiesen. Im Winter war die Zahl der Positivbefunde geringer als im Sommer. Die Maximalkonzentration für Polyomaviren betrug $7,6 \times 10^4$ GU/l.

Für Adenoviren, ebenfalls Verursacher von Diarrhö und Erbrechen, war die Nachweishäufigkeit mit 90,2 % ganzjährig hoch und erreichte in der Badesaison sogar 100 %. Die Maximalkonzentration viraler Partikel betrug $8,3 \times 10^6$ GU/l. Adenoviren können von Personen mit latent verlaufenden Infektionen über lange Zeitspannen ausgeschieden werden.

Coliphagen sind Viren, die sich in *E. coli* vermehren, und damit Indikatoren einer fäkalen Verschmutzung. Sie werden auch als Modellorganismen für die Reduktion enteraler Viren in Abwasserreinigungsanlagen betrachtet. In allen Proben des Untersuchungsprogramms konnten Coliphagen nachgewiesen werden. Die Werte schwankten über drei Log-Stufen mit einem Maximum von $1,7 \times 10^3$ Coliphagen/100 ml. Es konnte eine jahreszeitliche Abhängigkeit mit höheren Werten im Herbst und im Winter festgestellt werden.

Beprobung der Planschzone

Im Löwental in Essen-Werden wurden zusätzlich im flachen Wasser in Ufernähe Proben entnommen und die Ergebnisse mit denen aus EG-Badegewässerrichtlinien-konform entnommenen Proben verglichen. Einige Bakterien wiesen in der so genannten Planschzone bis zu fünffach höhere Werte auf (*E. coli*, intestinale Enterokokken, Aeromonaden, *P. aeruginosa*). Für Viren und Parasiten konnten aus den drei Vergleichsproben keine gesicherten Aussagen abgeleitet werden. An zwei von drei Tagen könnte eine Sedimentaufwirbelung die Mobilisierung dort überdauernder Giardiacysten verursacht haben.

Risiken des Badens in der unteren Ruhr

In der EG-Badegewässerrichtlinie stellen die Konzentrationen von *E. coli* und intestinalen Enterokokken den Bewertungsmaßstab für die hygienische Eignung eines Badegewässers dar [9.2]. Die Richtlinie unterscheidet zwischen ausgezeichneter, guter, ausreichender und mangelhafter Badegewässerqualität (Bild 9.3). Die Klassifikation erfolgt auf der Grundlage einer statistischen Auswertung von mindestens 16 Messwerten aus vier Badesaisons (Tabelle 9.4). Die festgelegten Grenzwerte der EG-Badegewässerrichtlinie sind das Ergebnis eines fachlichen Konsenses, der ein Erkrankungsrisiko von 3 bis 5 % akzeptiert.

Im Rahmen des Projekts wurde für die Gruppe der Gastroenteritis-Erreger eine differenzierte Risikobewertung, die so genannte quantitative mikrobiologische Risikoabschätzung (Quantitative Microbial Risk Assessment, QMRA), durchgeführt. Die QMRA ermöglicht Aussagen zur Erkrankungswahrscheinlichkeit beim Baden auf der Grundlage einer Dosis-Wirkungsbeziehung. In die Berechnung der aufgenommenen Dosis gehen die Pathogenkonzentrationen (Messwerte) sowie Annahmen zum Badeverhalten ein. Angaben zur Infektiosität der Erreger (Wirkung) werden der Literatur entnommen.

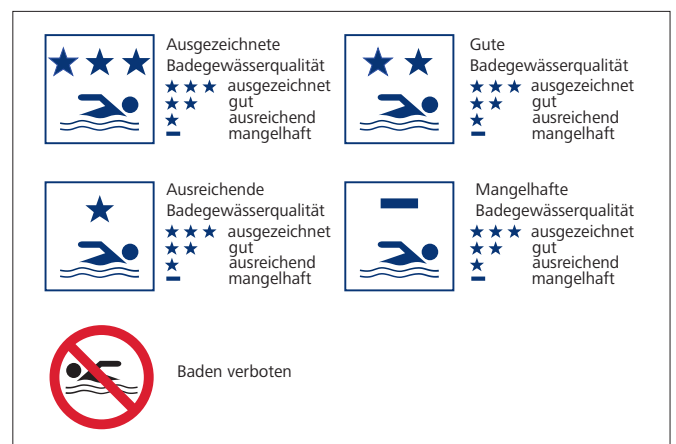


Bild 9.3: Symbole zur Information nach Badegewässerverordnung NRW Anlage 6 vom 30. März 2012 (Quelle: [9.10])

Fig. 9.3: Pictograms to provide information in line with the North Rhine-Westphalian Bathing Water Regulation, appendix 6 of 30 March 2012 (source: [9.10])

Tabelle 9.4: Grenzwerte für *E. coli* und intestinale Enterokokken gemäß Anhang I der Badegewässerrichtlinie 2006/7/EG (Quelle: [9.2])
 Table 9.4: Mandatory threshold limit values for *Escherichia coli* and intestinal enterococci according to Annex I of the EU-Directive 2006/7/EC on Bathing Waters

| Binnengewässer | | | | | |
|----------------|---------------------------------------|-------------------------|----------------------|-----------------------|----------------------------|
| | A | B | C | D | E |
| | Parameter | Ausgezeichnete Qualität | Gute Qualität | Ausreichende Qualität | Referenzanalysemethoden |
| 1 | Intestinale Enterokokken (KBE/100 ml) | 200 ^(*) | 400 ^(*) | 330 ^(**) | ISO 7899-1 oder ISO 7899-2 |
| 2 | <i>Escherichia coli</i> (KBE/100 ml) | 500 ^(*) | 1.000 ^(*) | 900 ^(**) | ISO 9308-3 oder ISO 9308-1 |

(*) Auf der Grundlage einer 95-Perzentil-Bewertung

(**) Auf der Grundlage einer 90-Perzentil-Bewertung

Je nach Alter, Geschlecht und Konstitution ergeben sich für verschiedene Gruppen von Badenden unterschiedliche Erkrankungswahrscheinlichkeiten. Eine Simulation (Monte-Carlo Simulation) mit 10.000 Einzelberechnungen pro Pathogen erhöht die statistische Sicherheit der QMRA. Die QMRA mit den Projektdaten von Cryptosporidien und Giardien zeigt, dass das Erkrankungsrisiko für parasitäre Erkrankungen unter 0,015 % liegt. Die Risiken für viral verursachte Gastroenteritiden sind mit 0,9 % (Rotavirus) bzw. 1,5 % (Norovirus) höher. Bei den Viren ist das Erkrankungsrisiko saisonabhängig und in der Badesaison niedriger als im übrigen Jahr. Für die Personengruppe unter 18 Jahren wurde ein vergleichsweise größeres Erkrankungsrisiko durch Rota- und Noroviren als für Erwachsene (über 18 Jahren) festgestellt.

Um das Schadensausmaß badebedingter Erkrankungen zu beschreiben und so einen Vergleich mit anderen Risiken des Lebens zu ermöglichen, erfolgte mit den Ergebnissen der QMRA eine Berechnung von Disability-Adjusted Life Years (DALY-Konzept). Als DALYs werden die durch Krankheit beeinträchtigten und durch vorzeitigen Tod verlorenen gesunden Lebensjahre ausgewiesen. Mit rund 0,94 DALYs pro 1000 Personen und Jahr gehen von den Noroviren die größten Gesundheitsgefahren für Badende in der unteren Ruhr aus (Bild 9.4).

Belastungsquellen und mögliche Gegenmaßnahmen

Der ungünstige Einfluss von Niederschlägen und damit einhergehenden Mischwasserentlastungen auf die hygienische Beschaffenheit der unteren Ruhr war bereits in früheren hygienischen Untersuchungen des Ruhrverbands (2007 bis 2011) nachgewiesen worden. Im Projekt wurde für das hydrologisch relevante Gebiet von 36.424 ha eine differenzierte Bilanzierung der Eintragspfade vorgenommen und dabei zwischen Trocken- und Regenwetter unterschieden. Die Einträge aus diffusen Quellen wurden auf der Grundlage einer Flächenbilanzierung geschätzt. Die Frachtbilanzierung für *E. coli* zeigte im Trockenwetterfall die höchsten Frachtanteile im Ablauf der Kläranlagen. Der Eintrag aus den Nebengewässern Deilbach und Hesperbach lag bei etwa 1 bis 4 %, der Eintrag aus diffusen Quellen bei etwa 10 bis 30 %. Bei Regenereignissen waren es die Mischwasserentlastungen, die mit ca. 65 bis 78 % der niederschlagsbedingten Einträge von *E. coli* die maßgeblichen hygienisch relevanten Frachten in die untere Ruhr eintragen (Bilder 9.5 und 9.6).

Mit halbtechnischen Untersuchungen auf den Kläranlagen Essen-Süd und Schwerte konnte im Rahmen des Projekts nachgewiesen werden, dass sowohl mit einer UV-Bestrahlung als auch mit einer Ozon-Behandlung eine deutliche Keimreduktion in Kläranlagenabläufen erreicht werden kann. Eine UV-Desinfektion auf den Kläranlagen Essen-Süd und Essen-Kupferdreh würde demnach bei Trockenwetter eine Verbesserung der hygienischen Situation im Baldeneysee bewirken. Im Regenwetterfall sind eine optimierte Kanalnetzsteuerung und der Bau von Retentionsbodenfiltern oder anderen zusätzlichen Behandlungsstufen an Regenbecken (Lamellenklärer, UV-Bestrahlung) nach bisherigen Erfahrungen Erfolg versprechende

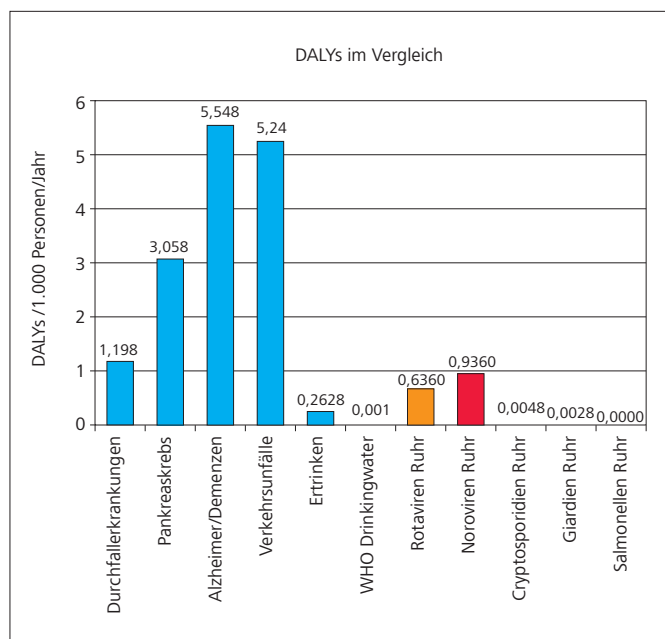


Bild 9.4: DALYs für die untersuchten Pathogene im Vergleich zu bekannten DALY-Zahlen für verschiedene Lebensrisiken für 1.000 Personen /Jahr (Quelle: UBN, RUB [9.6])

Fig. 9.4: DALYs for the investigated pathogens in comparison to the DALY numbers determined for different risks in life per 1,000 persons / year (Source: UBN, RUB [9.6])

Maßnahmen. Von den diffusen Einträgen sind am ehesten die aus der Landwirtschaft kommenden zu beeinflussen, wie dies an der Ruhr seit langem durch eine intensive Kooperation der Wasser- und Landwirtschaft und eine entsprechende Beratung erfolgt.

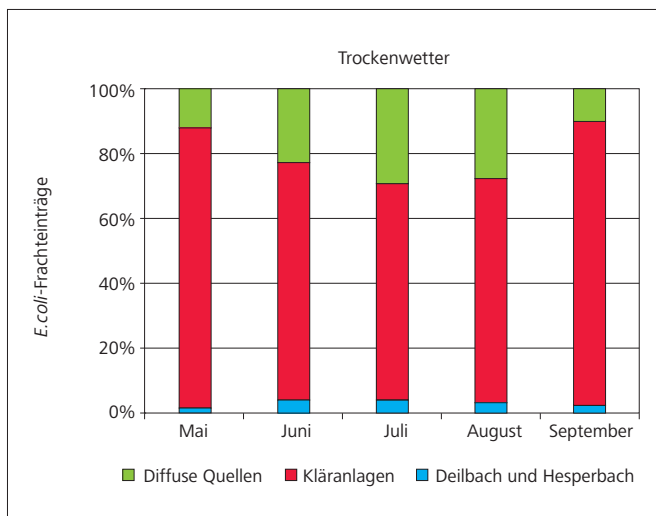


Bild 9.5: Prozentuale Verteilung der Frachteinträge für E. coli ohne Basisabfluss Ruhr bei Trockenwetter (Quelle: ISA Aachen, Roder, S., Tondera, K.; pers. Mitt. vom 11.02.2016)

Fig. 9.5: Percentage distribution of load inputs for E. coli without basic runoff of the Ruhr during dry weather (source: ISA Aachen, Roder, S., Tondera, K.; information from 11 February 2016)

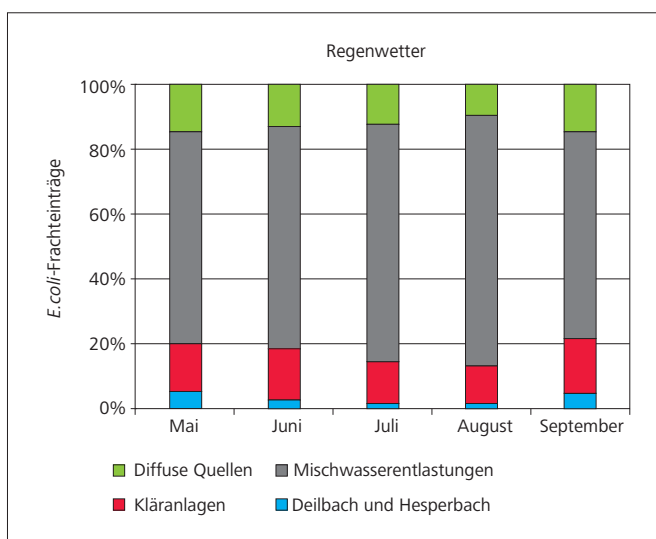


Bild 9.6: Prozentuale Verteilung der Frachteinträge für E. coli ohne Basisabfluss Ruhr bei Regenwetter (Quelle: ISA Aachen, Roder, S., Tondera, K.; pers. Mitt. vom 11.02.2016)

Fig. 9.6: Percentage distribution of load inputs for E. coli without basic runoff of the Ruhr during rainy weather (source: ISA Aachen, Roder, S., Tondera, K.; information from 11 February 2016)

Untersuchungen im Sommer 2014 – das Szenarium einer „fiktiven Badesaison“

Die EG-Badegewässerrichtlinie kennt vier Qualitätsklassen, die auf Perzentilberechnungen aus mindestens 16 Messwerten für E. coli und intestinale Enterokokken aus vier Jahren basieren (Tabelle 9.4). Zusätzlich nennt die Badegewässerverordnung NRW (BGVO) [9.10] für beide Kenngrößen Höchstwerte, deren Überschreitung eine sofortige Nachkontrolle erfordert. Sie betragen für E. coli 1.800 KBE/100 ml und für intestinale Enterokokken 700 KBE/100 ml. Wird in der Kontrolluntersuchung keine Unterschreitung der Höchstwerte nachgewiesen, ist ein zeitweiliges Badeverbot zu erlassen. Für eine erneute Freigabe der Badestelle sind unbedenkliche Werte, die mindestens einer ausreichenden Badegewässerqualität entsprechen, die Voraussetzung. Die Ergebnisse der Untersuchungen an der unteren Ruhr der letzten Jahre zeigen, dass die Bewertung nach EG-Badegewässerrichtlinie bzw. BGVO an den verschiedenen Probenahmestellen und in den einzelnen Jahren unterschiedlich ausfällt. Das Verfehlen einer ausreichenden Badegewässerqualität und das Überschreiten der Höchstwerte sind bei Regenwetter kein Einzelfall und insbesondere den unvermeidbaren Entlastungen von Mischwasser aus Regenbecken und Kanalnetz geschuldet.

Die EG-Badegewässerrichtlinie kennt den Begriff der „kurzzeitigen Verschmutzung“ und die Möglichkeit, die Probenahme bei einem solchen Ereignis um maximal vier Tage (72 h) zu verschieben. Um zu prüfen, welche Chancen diese Regelung für die mögliche Einrichtung von Badestellen an der unteren Ruhr beinhaltet, wurde im Sommer 2014 an den Probenahmestellen Seaside Beach am Baldeneysee sowie in Essen-Rellinghausen ein erweitertes Untersuchungsprogramm durchgeführt. In einer „fiktiven Badesaison“ wurde wöchentlich an vier aufeinander folgenden Tagen (Montag bis Donnerstag) auf E. coli und intestinale Enterokokken untersucht. So konnte jeweils ein Tag der Woche als Probenahmetermin eines fiktiven Probenahmeplans ausgewählt und die nach EG-Badegewässerrichtlinie erlaubte Verschiebung von Probenahmen durch Berücksichtigung eines anderen Wochentages nachvollzogen werden. Die Datenanalyse weist an der Probenahmestelle Seaside Beach neben mehrheitlich sehr guten und guten Ergebnissen einige Überschreitungen der Höchstwerte aus (Bild 9.7). Als Einflussgrößen auf die temporären Verschmutzungen konnten Entlastungs- und Hochwasserereignisse identifiziert werden (Bild 9.8). Die unter den Bedingungen der „kurzzeitigen Verschmutzung“ erlaubte Vorgehensweise, Höchstwertüberschreitungen mit Nachuntersuchungen innerhalb derselben Woche auszugleichen, hätte den Nachweis einer guten Badegewässerqualität ermöglicht.

[9.10] Verordnung über die Qualität und die Bewirtschaftung der Badegewässer (Badegewässerverordnung) vom 11. Dezember 2007, in: GV. NRW. 2008 S. 138, in Kraft getreten am 16. Februar 2008; geändert durch 1. ÄndVO vom 30. März 2012 (GV. NRW. S. 161), in Kraft getreten am 17. April 2012; 2. ÄndVO vom 25. Oktober 2013 (GV. NRW. S. 641), in Kraft getreten am 28. November 2013

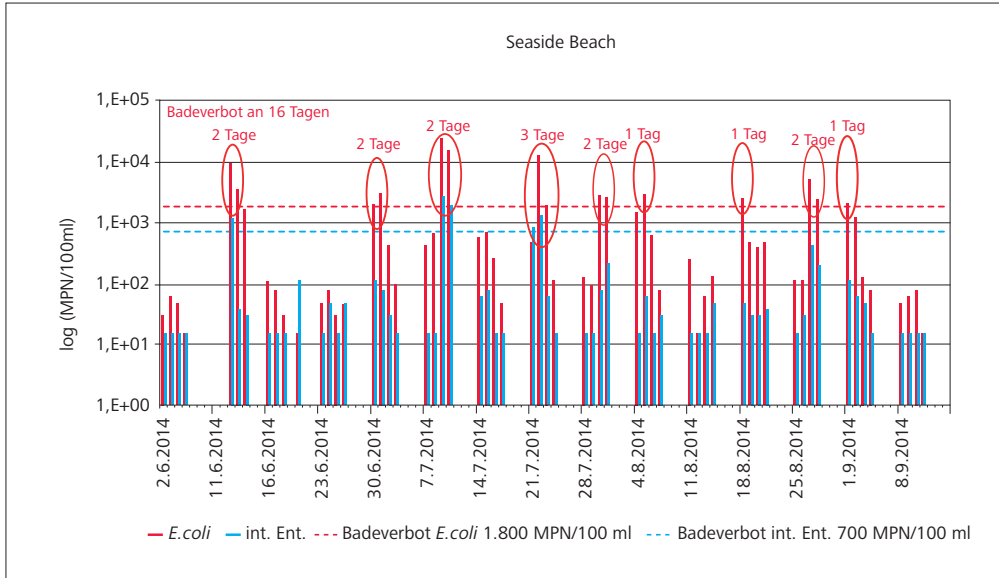


Bild 9.7: Ergebnisse des erweiterten Überwachungsprogramms im Sommer 2014 an der Messstelle Seaside Beach; Grafik wurde gegenüber der Printversion geändert
 Fig. 9.7: Results of the extended monitoring programme in summer 2014 at the Seaside Beach measuring point; Chart has been corrected compared to the print version

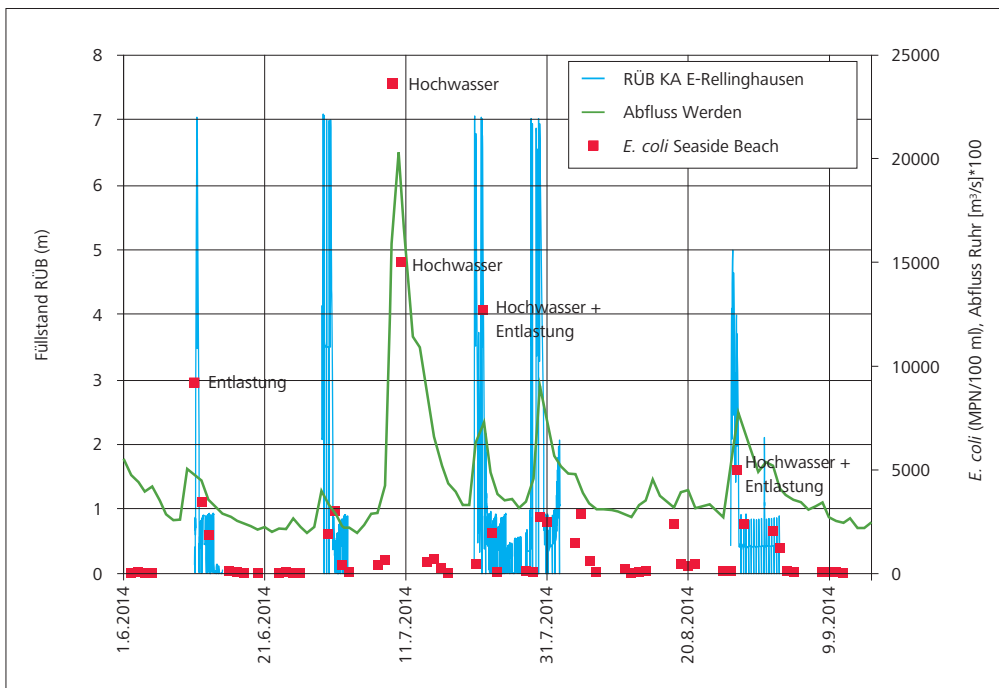


Bild 9.8: Einflussgrößen auf temporäre Verunreinigungen der Ruhr an der Messstelle Seaside Beach im Sommer 2014; Grafik wurde gegenüber der Printversion geändert
 Fig. 9.8: Parameters influencing temporary pollution in the Ruhr at the Seaside Beach measuring point in summer 2014; Chart has been corrected compared to the print version

Das erweiterte Untersuchungsprogramm in den Jahren 2014 und 2015 hat ergeben, dass die Bewertung eines potenziellen Badegewässers am Seaside Beach maßgeblich davon abhängt, wie stark das Gewässer durch Mischwasserentlastungen oder Hochwasserereignisse nach Regenwetter belastet ist. Werden mittels Frühwarnsystem Badeverbote an Tagen mit Belastungen fehlerarm vorausgesagt, so können die Anforderungen der Badegewässerverordnung NRW durchaus eingehalten werden.

Voraussetzungen für die Schaffung eines zukünftigen Badebetriebs

Die Situation an der unteren Ruhr ist durch wetterabhängige Schwankungen der hygienischen Gewässerqualität charakterisiert. Die Ergebnisse aus den Jahren 2014 und 2015 verdeutlichen erneut, dass ein Badebetrieb nicht ohne ein Badeverbot bei Regenwetter und an den darauffolgenden Tagen möglich sein wird. Die Entscheidung für ein temporäres Badeverbot

und dessen Bekanntmachung in der Bevölkerung werden damit zu einem zentralen Aspekt der nach EG-Badegewässerrichtlinie geforderten Bewirtschaftung einer Badestelle. Zum Schutz der Badenden ist eine zeitnahe Kommunikation über solche kurzzeitigen Verschmutzungen erforderlich. Der im Projekt eingesetzte Monitor für *E. coli* eignet sich nach den bisher vorliegenden Daten nicht für ein Frühwarnsystem, da die Ergebnisse eine zu große Streuung aufweisen. Die Badegewässer-konformen Untersuchungen auf *E. coli* und intestinale Enterokokken liefern nach frühestens 36 Stunden Ergebnisse. Auch Ersatzparameter aus Onlinemessungen chemisch-physikalischer Kenngrößen, z.B. der Trübung, erwiesen sich als ungeeignet für eine Vorhersage der hygienischen Wasserqualität.

Für die Entwicklung eines geeigneten Frühwarnsystems wurden im Arbeitspaket 4b des Projekts verschiedene Ansätze verfolgt: Korrelationsanalysen, Künstliche Neuronale Netze (KNN), Trockentagemodell sowie ein dynamisches Simulationsmodell. Die Prognosemodelle wurden sowohl mit historischen Daten als auch mit Messwerten aus dem Projekt entwickelt und kalibriert. Über Künstliche Neuronale Netze und mit dem Trockentagemodell konnten die besten Ergebnisse erzielt werden. Es zeigte sich, dass das Trockentagemodell Messstellen-spezifische Aussagen macht. Zwei bis drei Tage Trockenwetter sind danach die Voraussetzung für eine sichere Unterschreitung der in der Badegewässerverordnung NRW genannten Höchstwerte. Wird ein Trockenwettertag über eine Niederschlagsmenge von ≤ 3 mm/d definiert, so ergibt sich auf der Datengrundlage der Jahre 2006 bis 2012 ein Anteil von etwa 50 % Badetagen in der Badesaison. An der Entwicklung eines sicheren Frühwarnsystems – eventuell auch durch Kombination verschiedener Ansätze – wird weiter gearbeitet. Die Vorhersage wird mit ansteigendem Datenvolumen aus weiteren Messungen kontinuierlich sicherer werden.

Baden in der Ruhr – Realisierung eines Bürgerwunsches

Ein besonderes Kennzeichen des Forschungsprojekts „Sichere Ruhr“ war die Partizipation unterschiedlicher InteressenvertreterInnen, insbesondere der Bürgerinnen und Bürger, die Bestandteil mehrerer Arbeitspakete war. Zentrale Elemente der Kommunikation waren die Homepage zum Projekt (www.sichere-ruhr.de), eine Befragung sowie drei moderierte Beteiligungsworkshops [9.11]. An den moderierten Workshops haben interessierte Bürgerinnen und Bürger sowie Personen mit einem besonderen Bezug zum Thema (z.B. von Wassersportvereinen, von der DLRG, vom Gesundheits- und Umweltamt) teilgenommen. Zu Beginn der meist zweitägigen Veranstaltungen wurden den TeilnehmerInnen zunächst die aktuellen Projekterkenntnisse präsentiert. Hierzu zählten grundlegende Informationen zur hygienischen Situation an der unteren Ruhr, z. B. zu Risiken des Badens, zu Eintragspfaden von Verunreinigungen, zu Reinhaltemaßnahmen und deren Kosten sowie zu den Beteiligungsmöglichkeiten für die Öffentlichkeit. In einem zweiten Schritt wurden am Folgetag gemeinsam drei Badeszenarien und später auch ein grober Fahrplan zur Umsetzung

ausgearbeitet. Die Diskussion über verschiedene Szenarien eines möglichen Badebetriebs ließ schon in dem ersten Workshop eine Präferenz für „Ausgewiesene Badestellen“ deutlich werden.

Aus einer anschließenden repräsentativen Befragung ging hervor, dass in der Bevölkerung eine hohe Wertschätzung für das Baden in der Ruhr vorhanden ist und auch die Bereitschaft besteht, einen finanziellen Beitrag für die konkrete Umsetzung im Essener Raum zu leisten. Die statistisch ausgewerteten Umfrageergebnisse flossen in die für das Projektgebiet aufgestellte Kosten-Nutzen-Analyse ein, deren Ergebnis für verschiedene Badeszenarien stets positiv war. Zur Ermittlung eines geldwerten Nutzens wurde schrittweise vorgegangen. Zunächst wurden in einem öffentlichen Workshop die später zu bewertenden Badeszenarien entwickelt. In der telefonischen Umfrage mit etwa 1.000 Befragten aus den Städten Bochum, Essen, Hattingen, Heiligenhaus, Mülheim an der Ruhr und Velbert sind die zuvor entwickelten Badeszenarien dann der Präferenz nach in eine Rangfolge gebracht worden. Mehr als die Hälfte (55 %) der Befragten ist bereit, für die Umsetzung eines oder mehrerer Szenarien zu zahlen. Darüber hinaus unterstreichen die Antworten die Wichtigkeit der Ruhr und ihrer Stauseen als Naherholungsgebiet und offenbaren eine hohe Bereitschaft, den Reiseaufwand und die damit verbundenen Kosten in Kauf zu nehmen. Für die Ermittlung der Zahlungsbereitschaft konnten aus insgesamt 1.010 Befragungen 80 % zur Auswertung verwendet werden. Für die aggregierte Zahlungsbereitschaft und eine Hochrechnung für die Projektregion bilden die Zahlungsbereiten und die Nichtzahlungsbereiten die Ausgangsbasis. Dabei werden die Befragten mit Angabe „nicht zahlungsbereit“ mit einem Zahlungsbetrag von 0 Euro eingestuft. Unter Berücksichtigung verschiedener statistischer Annahmen errechnete sich ein Wert für die mittlere maximale Zahlungsbereitschaft pro Jahr und Person von 19 bis 25 Euro für die Umsetzung des Präferenzszenarios „Ausgewiesene Badestellen“. Bei einer Einwohnerzahl in der Untersuchungsregion von etwa 1,3 Mio. EinwohnerInnen ergibt sich für das Badeszenario „Ausgewiesene Badestellen“ für die Region rund um den Baldeneysee eine geschätzte Gesamtsumme maximaler jährlicher Zahlungsbereitschaft (= Nutzen) zwischen ca. 24 und 32 Mio. €. Das Badeszenario enthält die Zahlungsbereitschaft zum einen für die Anhebung der Wasserqualität sowie zum anderen für die dazu erforderliche Infrastruktur [9.12].

Werden nun die Gegenwartswerte – eine Größe aus der Investitionsrechnung – für die Kosten zur Realisierung von insgesamt 12 „Ausgewiesenen Badestellen“ im Projektraum von etwa 112 Mio. € dem ermittelten Nutzen von etwa 619 Mio. € gegenübergestellt, kann ein positiver Kosten-

[9.11] *Sichere Ruhr*, Online Quelle: <http://www.sichere-ruhr.de/index.php/category/ueber-das-projekt/>, Stand: 05.04.2016

[9.12] Schoenemann, B., Jardin, N.: *Baden in Fließgewässern. Ein Handlungsleitfaden am Beispiel des Baldeneysees & der Unteren Ruhr im Rahmen des BMBF-Projekts Sichere Ruhr. Essen, 2015*

Nutzen-Quotient von 5,5 dargestellt werden. Der geldwerte Nutzen übersteigt somit den Betrag der Realisierungskosten um mehr als 500 Mio. €, woraus sich ein aus Sicht der finanzwirtschaftlichen Investitionsrechnung unter den berücksichtigten Annahmen u.a. hinsichtlich Abzinsung und Nutzungsdauer günstiges Vorhaben ergibt [9.12].

Dass die im Rahmen der Öffentlichkeitsbeteiligung durchgeführten Aktivitäten fortwirken, zeigt sich auch in der am 12. Juni 2015 gegründeten Interessengemeinschaft (IG) „Baden in der Ruhr“. Die IG verfolgt das Ziel, im Jahr 2017 einen Badebetrieb an einer oder mehreren ausgewählten Badestellen im Essener Stadtgebiet zu realisieren. Von der Initiative engagierter BürgerInnen zusammen mit Behörden- und InteressenvertreterInnen in der IG „Baden in der Ruhr“ gehen somit wichtige Impulse für eine Umsetzung der Projektergebnisse aus. Noch offene juristische Fragen (z.B. Haftung) sind zu klären und die organisatorischen Anforderungen an eine bewirtschaftete Badestelle (z. B. Überwachung, Information, Infrastruktur) zu erfüllen.

Baden in der Ruhr – ein Forschungsprojekt mit Strahlkraft

Die im Projekt erarbeiteten Ergebnisse und Erkenntnisse zum Thema Flussbaden stellen die Basis für einen vom Ruhrverband verfassten Handlungsleitfaden dar [9.12]. Er informiert am Beispiel des Baldeneysees und der unteren Ruhr umfassend über die Anforderungen, die mit einer Badenutzung auf der Basis der EG-Badegewässerrichtlinie verbunden sind. Das beschriebene Realisierungskonzept befasst sich mit den natur- und ingenieurwissenschaftlichen ebenso wie mit den volkswirtschaftlichen, rechtlichen und organisatorischen Aspekten des Themas. Der Handlungsleitfaden kann damit eine wertvolle Hilfestellung für Verantwortliche in anderen Flussgebieten sein, deren Ziel es ist, das Flussbaden zu ermöglichen. Ein erfolgreiches Risikomanagement erhöht die Sicherheit der Badenden, auch wenn das Baden in einem natürlichen Gewässer nie risikolos sein kann.

Danksagung

Wir danken allen Partnern des Projekts „Sichere Ruhr“, die sich mit der Veröffentlichung von Inhalten und Daten aus dem Projekt im Ruhrgütebericht einverstanden erklärt haben.

Weitere Informationen

Über das Forschungsprojekt „Sichere Ruhr“ wurde ein Abschlussbericht [9.6] verfasst. In einem Handlungsleitfaden [9.12] werden die Ergebnisse und Erkenntnisse Gewässer übergreifend resümiert. Weitere Informationen zum Thema Baden in der Ruhr präsentiert die Homepage des Projekts (www.sichere-ruhr.de) sowie die Webseite des Ruhrverbands (www.ruhrverband.de).

10 Registrierte Gewässerverunreinigungen des Jahres 2015

Im Kalenderjahr 2015 sind dem Ruhrverband bzw. den ansässigen Wasserwerken sieben als relevant einzustufende Gewässerverunreinigungen mit unterschiedlichen Auswirkungen auf die betroffenen Gewässer gemeldet worden. Ereignisse, bei denen es sich um vorsorgliche Meldungen handelte, sowie offensichtliche Bagatellfälle sind nicht berücksichtigt. Nachfolgend werden die sieben Ereignisse des Kalenderjahrs 2015 mit einer kurzen Erläuterung dargestellt.

1. Am 14. Januar 2015 wurde beim Abbruch eines Wohnhauses in Hagen-Hengstey ein nicht entleerter Heizöltank beschädigt. Ca. 500 bis 800 l Heizöl liefen in einen Keller-raum und von dort in die Kanalisation. Im Bereich eines Entlastungsbauwerks unterhalb des Walzenwehres am Hengsteysee war starker Heizölgeruch wahrnehmbar. Die Verbindung zur Kanalisation wurde kurzfristig unterbrochen, so dass kein Heizöl in die Ruhr fließen konnte. Die Trinkwassergewinnung war nicht gefährdet.
2. Ebenfalls am 14. Januar 2015 ereignete sich ein Großbrand im weiteren Uferbereich der Lister, dem Hauptzufluss zur Listertalsperre. Eine Lagerhalle mit Maschinen und Betriebsmitteln (etwa 1000 l Diesel/Öle) brannte nahezu vollständig ab. Sofortmaßnahmen der Feuerwehr verhinderten weitestgehend den Eintrag der nicht verbrannten Flüssigkeiten in die Lister bzw. die Listertalsperre. Die Analyseergebnisse von zwei aus der Lister entnommenen Proben waren ebenso unauffällig wie diejenigen der vom rechten Ufer der Listertalsperre im Bereich der Stauwurzel stammenden Proben. Lediglich die Probe aus dem linken Uferbereich wies erhöhte Konzentrationen bei den Polycyclischen Aromatischen Kohlenwasserstoffen (PAK) auf. Diese werden u.a. bei der Verbrennung von Gummi oder Reifen freigesetzt. Einige nachgewiesene PAK-Konzentrationen überschritten zwar die Vorgaben der OGewV, jedoch waren diese lediglich in dem sehr dünnen Ölfilm an der Wasseroberfläche messbar. Perfluorierte Tenside (PFT) waren nicht nachweisbar. Bezogen auf das Volumen der Listertalsperre von knapp 22 Mio. m³ spielte der bei diesem Brand erfolgte Eintrag in die Listertalsperre weder ökologisch noch hinsichtlich der Trinkwassergewinnung eine Rolle.
3. Am 17. Januar 2015 wurde auf dem Kernader Stausee gegen 17:30 Uhr ein Schaumteppich mit einer Fläche von ca. 500 m² beobachtet. Fischsterben oder andere Auswirkungen waren nicht zu erkennen. Im Ablauf der Kläranlage Bochum-Ölbachtal wurden erhöhte Konzentrationen an- und nichtionischer Tenside gemessen, die einen außerordentlich stabilen Schaum verursachten. Als Ursache wurde die genehmigte Ableitung eines Tensid-/Wassergemischs von einem Werksgelände nach Reinigungsarbeiten identifi-

ziert und das Abwasser ab dem 18. Januar 2015 auf dem Werksgelände zwecks Behandlung zwischengespeichert.

4. Am 22. April 2015 wurde die Rumke, die als kleiner Nebenbach in die Linnepe (Nebenfluss der Röhr) mündet, nach einer zuvor festgestellten Verarmung des Makrozoobenthos hydrobiologisch nachuntersucht. Zum Zeitpunkt dieser Untersuchung war dieses Gewässer deutlich blau gefärbt. Die chemische Analyse ergab mit 20.000 µg/l Kupfer, 17.000 µg/l Aluminium und 9,3 µg/l Cadmium auffällig hohe Metallkonzentrationen, die zu einer Schädigung des Makrozoobenthos führen können. Zudem war der Phosphorgehalt der Probe mit 2,9 mg/l untypisch hoch. Die Quelle der Belastung konnte nicht ermittelt werden. Falls Gewässerbeeinträchtigungen dieser Art kein Einzelfall sein sollten, würde dies auch den derzeit bestehenden unbefriedigenden biologischen Gewässerzustand erklären.
5. Am 9. Juli 2015 ereignete sich an der Wester, einem Nebenbach der Möhne, in einem Galvanikbetrieb ein Großbrand. Die Löscharbeiten dauerten bis zum 10. Juli. Von den auf dem Firmengelände gelagerten Betriebsflüssigkeiten (ca. 180 m³) und dem eingesetzten Löschwasser (300 bis 350 m³) konnte der größte Teil im Auffangbecken des Werks (V=1.000 m³) zurückgehalten werden. Nur geringe Mengen des vor allem mit Schwermetallen kontaminierten Löschwassers gelangten in die Wester. Das Verdünnungsverhältnis von eingetragener Flüssigkeit zur Wester betrug 1:100 bis 1:500. In Tests mit dem Löschwasser und mit Wasser aus der Wester wurde weder gegenüber Fischeiern (G_{Ei}) noch Leuchtbakterien (G_L) eine Toxizität nachgewiesen. Auch Untersuchungen im Zulauf zur Kläranlage Warstein-Belecke lieferten unauffällige Ergebnisse.
6. Am 23. Juli 2015 wurde ein Brand in Witten auf dem Gelände des DB-Instandhaltungswerks gemeldet. Es bestand die Möglichkeit, dass kontaminiertes Löschwasser über den Oelbach oder einen kleinen, namenlosen Bach (im Bereich der Sprockhöveler Straße) in die Ruhr bzw. in den Kemna-

der See gelangen würde. Weder das Personal des Verbundwasserwerks Witten noch die Feuerwehr konnten Auffälligkeiten oder Beeinträchtigungen der Wasserbeschaffenheit in den Bächen oder der Ruhr feststellen.

7. Am 2. August 2015 wurden am Abend mehrere tote oder lethargische Fische in der Hönne im Stadtgebiet Balve gemeldet. Diese Verhältnisse ließen sich bei einer Begehung am nächsten Tag flussaufwärts bis zur Einleitung der Kläranlage Neuenrade feststellen. Direkt oberhalb der Kläranlage mündet auch der Freientroper Bach, in dem ebenfalls tote Fische (Kleinfischarten) gefunden wurden. In den betroffenen Gewässerabschnitten wurde u.a. das zur Entfernung von Riesenbärenklau eingesetzte Pestizid Methylisothiocyanat (MITC) nachgewiesen. MITC gilt als stark wassergefährdend (WK 3), wird biologisch nicht abgebaut und ist fischgiftig. Auf dem etwa 20 km langen Hönneabschnitt von Balve bis zur Mündung in die Ruhr waren keine toten Fische zu beobachten. In der Ruhr wurden keine chemischen Auffälligkeiten nachgewiesen, so dass das Fischsterben in Balve keine Auswirkungen auf die Gewässergüte der Ruhr und die Trinkwassergewinnung hatte.

Drei registrierte Gewässerverunreinigungen waren allein auf Großbrände zurückzuführen, von denen sich zwei auf industriellen Betriebsgeländen und einer in einer Lagerhalle eines landwirtschaftlichen Betriebs ereigneten. Die stofflichen Ursachen der Ereignisse und die Auswirkungen auf die Gewässer sind in Tabelle 10.1 zusammengefasst. Dabei wird zwischen den Schutzgütern „Aquatische Lebensgemeinschaften“ und „Trinkwassergewinnung“ unterschieden. Sowohl die Ursachen als auch die Verursacher sind in sechs Fällen bekannt. Bei fünf der aufgeführten Vorfälle waren die aquatischen Biozöosen nicht betroffen. Bei einem durch Pestizide verursachten Ereignis wurde die Fischfauna geschädigt. Bei einer weiteren Gewässerverunreinigung war eine mäßige Beeinträchtigung der Benthaltbiozönose festzustellen. Die Trinkwassergewinnung war bei keiner der genannten Gewässerverunreinigungen beeinträchtigt.

Tabelle 10.1: Schutzgutbezogene Bewertung der besonderen Ereignisse im Ruhreinzugsgebiet im Jahr 2015
Table 10.1: 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/Kanalisation | Heizöl | 1 | 1 |
| 2 | Lister | Öl/Löschwasser | 1 | 1 |
| 3 | Ruhr | Tenside | 1 | 1 |
| 4 | Rumke (Röhr) | Metalle | 2 | 0 |
| 5 | Wester | kontam. Löschwasser | 1 | 1 |
| 6 | Oelbach/Ruhr | kontam. Löschwasser | 1 | 1 |
| 7 | Hönne | Pestizid | 2 | 1 |

Der Bewertung liegt folgende Einstufung zugrunde:

0 = Bewertung aufgr. fehlender Informationen nicht möglich
1 = keine bis geringe Auswirkung

2 = Mäßige Auswirkung
3 = Deutliche Auswirkung

11 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 99 % der EinwohnerInnen im Ruhreinzugsgebiet wurden auf den Verbandskläranlagen im Jahr 2015 rund 372 Mio. m³ Abwasser gereinigt. Dies entspricht einem Jahresmittelwert von 11,8 m³/s und liegt ca. 6 % über dem Vorjahreswert. Ein Anteil von 73 % dieser Menge entfällt auf die Jahresschmutzwassermenge (einschließlich Fremdwasser) mit rd. 272 Mio. m³. Die Differenz zur Jahresabwassermenge in Höhe von 100 Mio. m³ ergibt sich durch das auf den Kläranlagen mitbehandelte Niederschlagswasser. Die behandelten Abwasser- und Jahresschmutzwassermengen der letzten fünf Jahre sind in Bild 11.1 dargestellt, dem auch der spezifische Abwasseranfall zu entnehmen ist. Die wichtigsten Kennzahlen für die Verbandskläranlagen sind der Tabelle 11.1 zu entnehmen.

Analog zu den Berechnungen der Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e.V. (DWA), die einen bundesweiten Leistungsvergleich aller Kläranlagen veröffentlicht [11.1], wird alljährlich der aktuelle Stand der Reinigungsleistung der Verbandskläranlagen ermittelt. Grundlage der Lei-

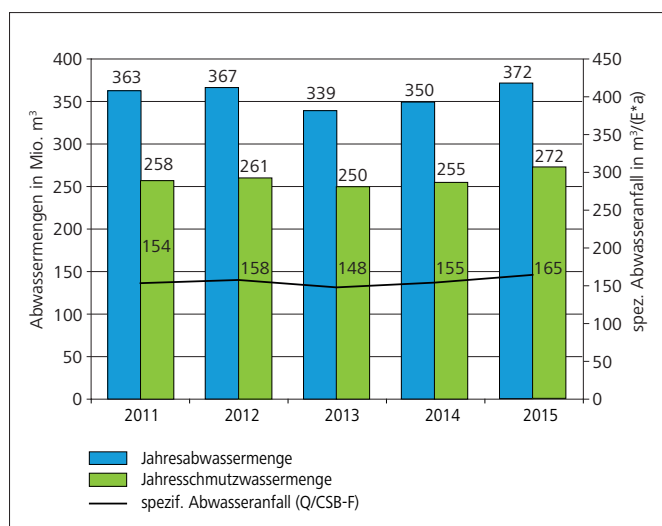


Bild 11.1: Abwassermengen und spezifischer Abwasseranfall der Ruhrverbandskläranlagen von 2011 bis 2015

Fig. 11.1: Sewage volumes and specific sewage loads at the Ruhrverband's sewage treatment plants from 2011 to 2015

Tabelle 11.1: Kennzahlen der Ruhrverbandskläranlagen für das Jahr 2015
Table 11.1: Parameters of the Ruhrverband's sewage treatment plants in 2015

| | |
|--|----------------------------|
| Anzahl Kläranlagen | 66 |
| Jahresabwassermenge | 372 Mio. m ³ |
| Jahresschmutzwassermenge | 272 Mio. m ³ |
| Gesamt-Ausbaugröße aller Anlagen | 3,3 Mio. E |
| Angeschlossene EinwohnerInnen (Einwohnerzahl) | 2,0 Mio. E |
| Anschlussgrad | rd. 99,0 % |
| Mittlere Einwohnerbelastung (Bezug: 120 g CSB / (E·d)) | 2,3 Mio. E |
| Verhältnis Ausbaugröße / Mittlere CSB-Belastung | 1,44 |
| 85-Perzentil der Einwohnerbelastung (Bezug: 120 g CSB / (E·d)) | 2,8 Mio. E |
| Spezifischer Abwasseranfall (Bezug: mittlere CSB-Belastung) | 165 m ³ / (E·a) |
| Spezifischer Stromverbrauch (Bezug: mittlere CSB-Belastung) | 36,0 kWh / (E·a) |

stungszahlen bilden die mittleren Konzentrationen im Zulauf und Ablauf der Kläranlagen aus dem Jahr 2015 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 (SüwV). 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 11.2 enthält die frachtgewichteten Zu- und Ablaufkonzentrationen im Abwasser für das Jahr 2015.

Die Ablaufqualität des gereinigten Abwassers ist weiterhin ausgezeichnet und zeigt nur geringfügige Veränderungen gegenüber dem Vorjahr. Insgesamt konnten in den letzten Jahren nur noch geringe Verbesserungen in der Reinigungsleistung erzielt werden. Dies zeigt deutlich, dass die Möglichkeiten der eingesetzten Reinigungsverfahren weitgehend ausgeschöpft sind.

Tabelle 11.2 : Mittlere Konzentrationen im Zu- und Ablauf der Ruhrverbandskläranlagen im Jahr 2015
Table 11.2: Average concentrations in the inlet and outlet of the Ruhrverband's sewage treatment plants in 2015

| | Zulauf | Ablauf |
|--|-----------|-----------|
| Biochemischer Sauerstoffbedarf (BSB ₅) | 100 mg/l | 3,9 mg/l |
| Chemischer Sauerstoffbedarf (CSB) | 269 mg/l | 19,9 mg/l |
| Ammonium-Stickstoff (NH ₄ -N) | | 0,8 mg/l |
| Anorganisch gebundener Stickstoff (TIN) | | 6,1 mg/l |
| Gesamtstickstoff (TN) | 26,0 mg/l | 7,0 mg/l |
| Gesamtposphor (TP) | 4,1 mg/l | 0,51 mg/l |

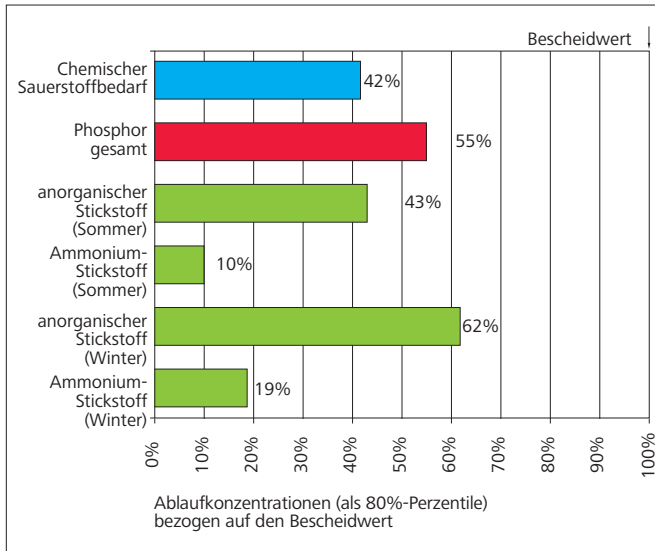


Bild 11.2 : Verbesserte Reinigungsleistung der Ruhrverbandskläranlagen gegenüber den behördlichen Bescheidwerten (100 %) im Jahr 2015

Fig. 11.2: Improved treatment performance of the Ruhrverband's sewage treatment plants compared to the official requirements (100 %) in 2015

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 165 m³ je Einwohnerwert (E) und Jahr beim Ruhrverband um 109 % über dem bundesweiten Wert (DWA) von 79 m³/(E•a) [11.1]. Der Ruhrverband bemüht sich in Zusammenarbeit mit den beteiligten Kommunen auf vielfältige Weise um eine Reduzierung der Fremdwasserbelastungen und hat dazu den „Fremdwasser-Preis Ruhr“ ausgelobt. Der Preis wird für herausragende Aktivitäten seiner Mitglieder im Bereich der Fremdwasserreduzierung vergeben und ist mit einem Preisgeld für wohltätige Zwecke dotiert.

Die nationale Abwasserverordnung regelt emissionsseitig die Mindestanforderungen an die Einleitung von behandeltem Abwasser. Die in den behördlichen Bescheiden geforderten Konzentrationen werden teilweise deutlich unterschritten. Die Darstellung dieser Unterschreitungen zeigt Bild 11.2 als Gesamtergebnis der Ruhrverbandskläranlagen. Als Vergleichswert wird der 80-Perzentilwert der jeweiligen Kenngröße zur Abbildung der sogenannten „4 aus 5“-Regelung verwendet. Für das Gesamtergebnis erfolgt eine Wichtung dieser Werte über die Wassermenge, die den ebenso gewichteten Überwachungswerten der einzelnen Kläranlagen gegenüber gestellt werden. Besonders beim Ammoniumstickstoff ist eine deutliche Unterschreitung der Bescheidwerte festzustellen, die in den Sommermonaten 90 % beträgt. Überwachungswerte für die Kläranlagen bzgl. Stickstoff bestehen wegen der erschwerten Bedingungen bei niedrigen Temperaturen lediglich für Abwassertemperaturen über 12 °C. Als überobligatorischer Aufwand

Tabelle 11.3: Jahresfrachten im Zu- und Ablauf der Ruhrverbandskläranlagen im Jahr 2015
Table 11.3: Annual loads in the inlet and outlet of the Ruhrverband's sewage treatment plants in 2015

| | spez. Zulauf fracht | Zulauf fracht | Ablauf fracht | Abbaugrad |
|-----|---------------------|---------------|---------------|-----------|
| CSB | 120 g/(E-d) | 98,97 Mio. kg | 7,32 Mio. kg | 92,6 % |
| TN | 13,0 g/(E-d) | 9,54 Mio. kg | 2,58 Mio. kg | 72,9 % |
| TP | 1,8 g/(E-d) | 1,50 Mio. kg | 0,19 Mio. kg | 87,5 % |

für die Ruhrverbands-Mitgliedergruppe der Wasserentnehmer erfolgt auch in den Wintermonaten eine gezielte Nitrifikation und Denitrifikation auf den Kläranlagen. In dieser Zeit werden die Bescheidwerte beim Ammoniumstickstoff noch um 81 % unterschritten.

Den Verbandskläranlagen wurde im Jahr 2014 eine Gesamtzulauf fracht von rd. 99 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. Einwohnerwerten als mittlere Belastung berechnen. Der 85-Perzentilwert der CSB-Zulaufbelastung betrug im Jahr 2015 2,8 Mio. E, dem beim Ruhrverband eine Behandlungskapazität von rd. 3,3 Mio. E gegenüber steht. Im Mittel weist eine Ruhrverbandskläranlage eine Ausbaugröße von rd. 49.500 E auf. An die Ruhrverbandsanlagen angeschlossen sind rd. 2,0 Mio. EinwohnerInnen als Einwohnerzahl. Tabelle 11.3 enthält die summierten Jahresfrachten aller behandelten Abwässer im Zu- und Ablauf der Verbandskläranlagen für die Kenngrößen CSB, Gesamtstickstoff und Gesamtphosphor. Ergänzend enthält diese Tabelle die Abbaugrade bei diesen Kenngrößen. Die zeitliche Entwicklung dieser Gesamtfrachten zeigen die Bilder 11.3, 11.4 und 11.5.

Durch die Abwasserreinigung entstehen zwangsläufig Reststoffe in Form von Rechengut, Sandfanggut und Klärschlamm. Ziel unterschiedlicher Maßnahmen ist es, die Reststoffe in ihrer Menge zu minimieren und möglichst einer Verwertung zuzuführen bzw. schadlos zu beseitigen – dies auch unter besonderer Beachtung wirtschaftlicher Gesichtspunkte. Der anfallende Rohschlamm weist mengenmäßig den größten Anteil auf und muss zunächst stabilisiert werden, um Geruchsbelästigungen zu vermeiden und eine effektive Weiterbehandlung zu ermöglichen. Die Stabilisierung erfolgt für 97 % der Mengen anaerob in Faulbehältern, wodurch eine beträchtliche Reduzierung der Feststoffmenge erreicht wird. Die anschließende Entwässerung verbessert die Transportbedingungen und schafft die Voraussetzung für eine thermische Behandlung. Gegenüber dem Vorjahr ist die Menge an stabilisiertem Schlamm um rd. 1,4 % gefallen, sodass im Jahr 2015 insgesamt 37.485 t Trockenmasse in Verbrennungsanlagen entsorgt werden mussten.

[11.1] Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e.V. (DWA) – 27. DWA-Leistungsvergleich kommunaler Kläranlagen (KA Korrespondenz Abwasser, Abfall 2015(62) Nr.10 S.880 - 883)

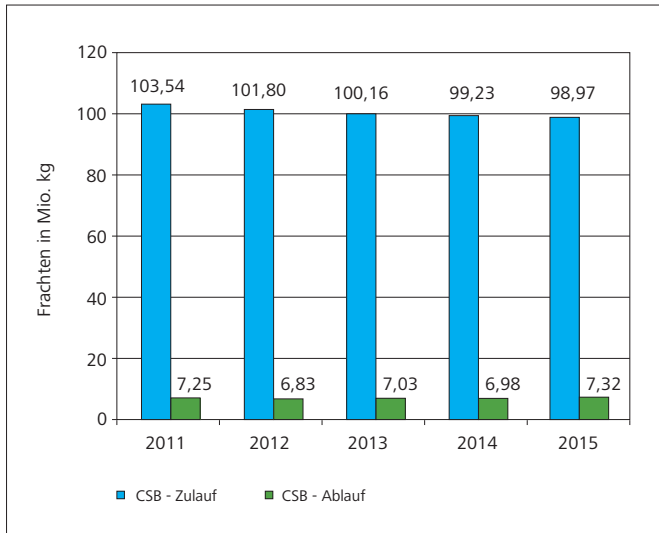


Bild 11.3: Jahresfrachten CSB im Zu- und Ablauf der Ruhrverbandskläranlagen von 2011 bis 2015

Fig. 11.3: Annual loads of COD in the inlet and outlet of the Ruhrverband's sewage treatment plants from 2011 to 2015

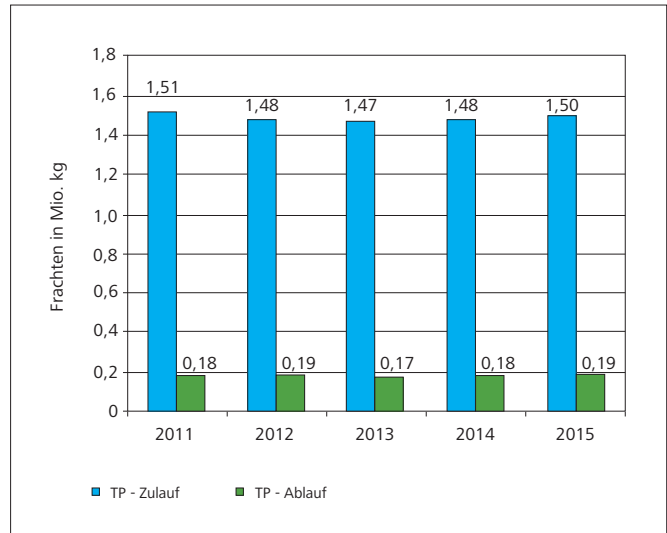


Bild 11.5: Jahresfrachten Gesamtphosphor im Zu- und Ablauf der Ruhrverbandskläranlagen von 2011 bis 2015

Fig. 11.5: Annual loads of total phosphorus in the inlet and outlet of the Ruhrverband's sewage treatment plants from 2011 to 2015

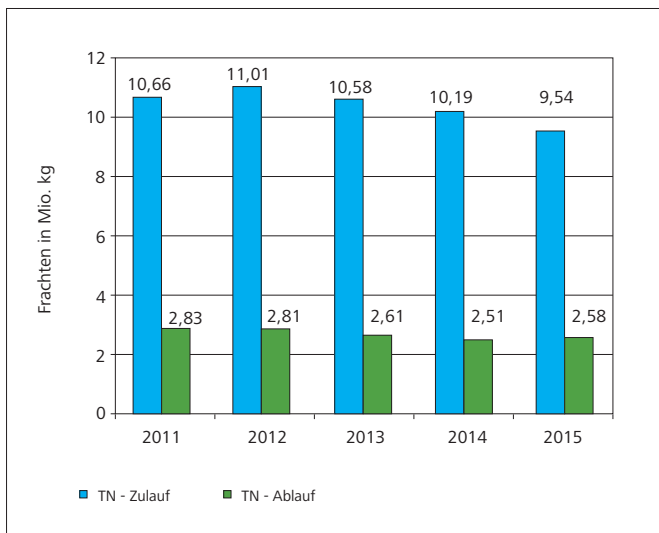


Bild 11.4: Jahresfrachten Gesamtstickstoff im Zu- und Ablauf der Ruhrverbandskläranlagen von 2011 bis 2015

Fig. 11.4: Annual loads of total nitrogen in the inlet and outlet of the Ruhrverband's sewage treatment plants from 2011 to 2015

Bild 11.6 zeigt die angefallenen Reststoffmengen der Jahre 2011 bis 2015 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. Der Anteil an Fettabscheiderinhalten konnte im vergangenen Jahr deutlich um 56 %, der Anteil an Küchen- und Speiseabfällen um 14 % gesteigert werden. 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. Oberflächenbelüfter 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

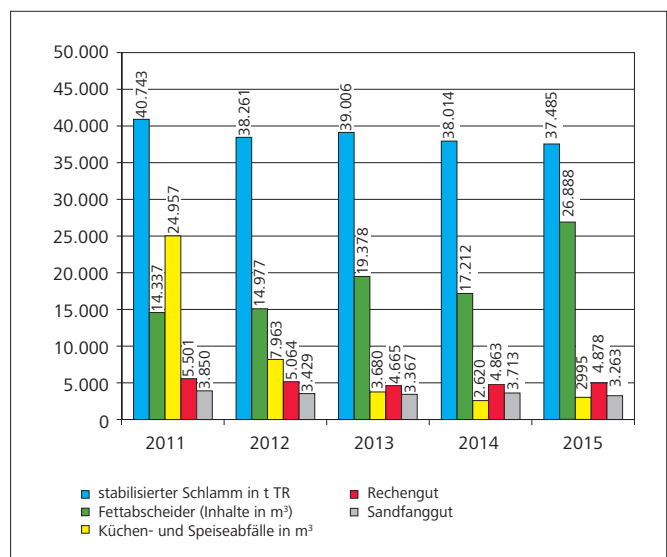


Bild 11.6: Reststoffmengen und angelieferte Co-Substrate der Jahre 2011 bis 2015

Fig. 11.6: Residue volumes and supplied co-substrates from 2011 to 2015

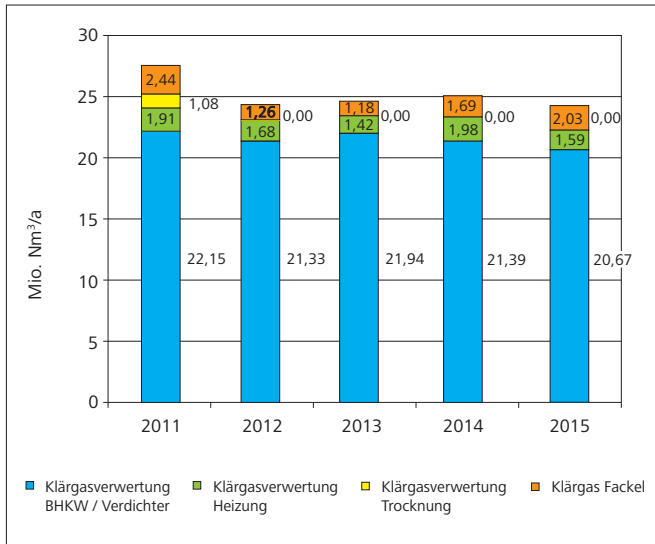


Bild 11.7: Klärgasverwertung auf den Ruhrverbandskläranlagen von 2011 bis 2015

Fig. 11.7: Sewage gas utilisation at the Ruhrverband's sewage treatment plants from 2011 to 2015

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.

Um den Energiebezug zu senken, werden auf 29 Kläranlagen insgesamt 49 Blockheizkraftwerke (BHKW) eingesetzt. Die durch das entstehende Faulgas angetriebenen Motoren erzeugen Strom und Wärme, die nahezu vollständig auf der Kläranlage genutzt werden. Der nicht auf der Anlage zu verwertende Strom wird entweder ins öffentliche Stromnetz eingespeist oder über eigene Kabelwege anderen Ruhrverbandsanlagen zugeführt. Um den Faulgasanfall zu erhöhen, betreibt der Ruhrverband auf acht Anlagen eine Co-Vergärung. Dabei werden die zu entsorgenden Küchen- und Speiseabfälle sowie die Inhalte von Fettabseidern zusammen mit den angefallenen Klärschlämmen behandelt. Bild 11.7 zeigt die zeitliche Entwicklung der Klärgasverwertung über die vergangenen fünf Jahre.

Eine weitere Energiequelle wurde durch die Aufstellung von insgesamt zwölf Photovoltaikanlagen erschlossen, die im Jahr 2015 insgesamt 1,0 Mio. kWh Strom erzeugt haben. Zur Fortsetzung des Ausbaus von Photovoltaikanlagen laufen zurzeit die Voruntersuchungen. Von dem in drei eigenen Wasserkraftanlagen erzeugten Strom konnten in 2015 0,5 Mio. kWh auf Kläranlagen genutzt werden.

Durch diese Maßnahmen konnte im betrachteten Fünfjahreszeitraum der Strombezug absolut um 16,3 % gesenkt werden und der Gesamtstromverbrauch der Kläranlagen verringerte sich um 5,3 % auf 81,4 Mio. kWh/a. Einen großen Anteil lie-

fern dabei die BHKW mit rd. 41,5 Mio. kWh/a. Die zeitliche Entwicklung bei Verbrauch, Bezug und Erzeugung von Strom beim Ruhrverband zeigt Bild 11.8. Zusätzlich enthält diese Darstellung den Energieeinsatz bei den durch Faulgas direkt angetriebenen Verdichtern für Druckluft und den bezogenen Freistrom. Dieser durch Altverträge gesicherte Bezug an kostenfreiem bzw. kostenreduziertem Strom aus der Verpachtung einer Wasserkraftanlage betrug im letzten Jahr 6,6 Mio. kWh/a. Aus dem Gesamtstromverbrauch ergibt sich über die mittlere CSB-Belastung ein spezifischer Stromverbrauch für die Kläranlagen des Ruhrverbands von derzeit 36,0 kWh je EinwohnerIn und Jahr.

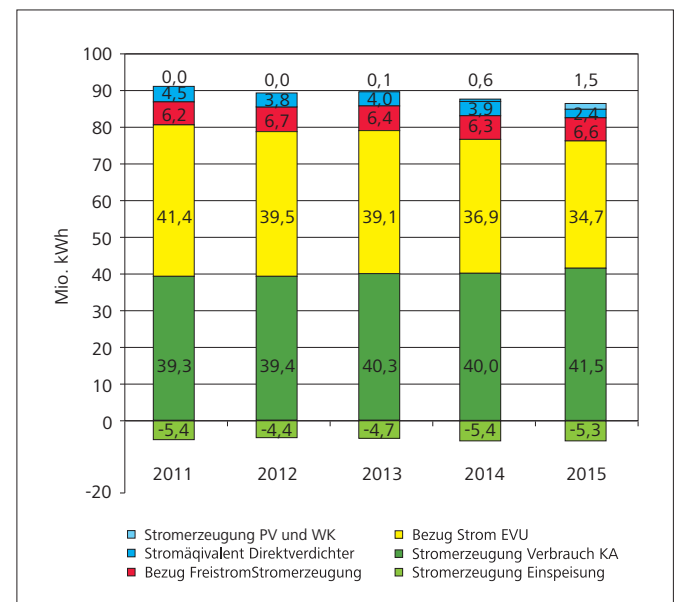
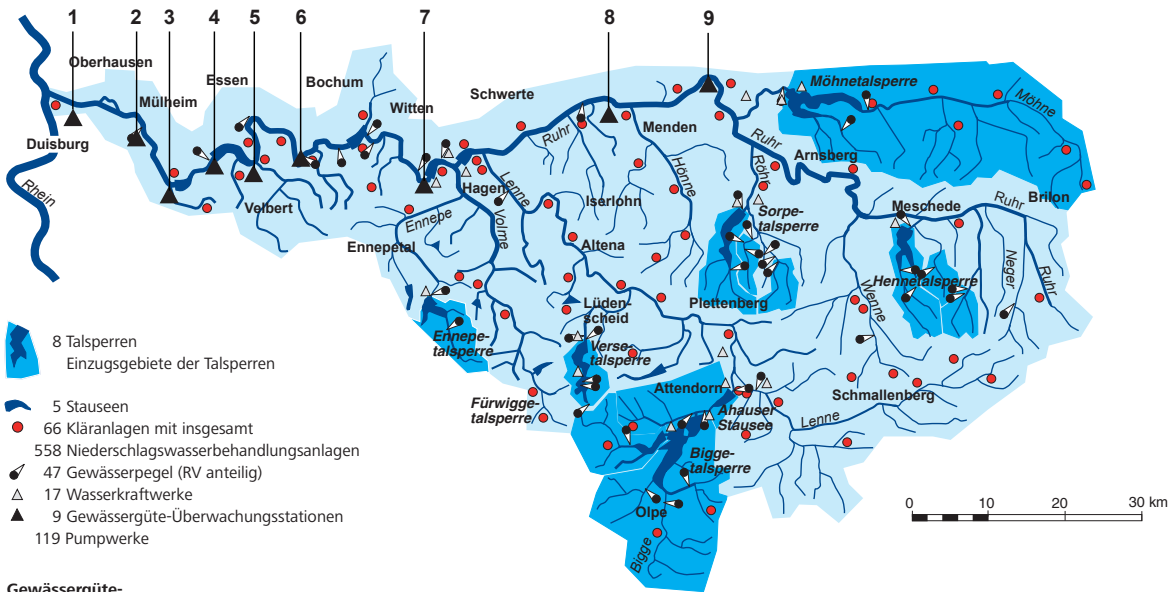


Bild 11.8: Energieeinsatz auf den Ruhrverbandskläranlagen von 2011 bis 2015

Fig. 11.8: Energy data from the Ruhrverband's sewage treatment plants from 2011 to 2015

Der Ruhrverband in Zahlen



Gewässergüte-Überwachungsstationen (kontinuierlich)

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

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 | |

BETRIEBSANLAGEN

Bereich Wassergütwirtschaft

| | |
|---------------------------------------|-----|
| Kläranlagen | 66 |
| Niederschlagswasserbehandlungsanlagen | 558 |
| Stauseen | 5 |
| Pumpwerke | 119 |
| Wasserkraftwerke | 7 |

Bereich Wassermengenwirtschaft

| | |
|---|-------|
| Talsperren | 8 |
| Gesamtstauraum (in Millionen m ³) | 462,9 |
| Rückpumpwerke | 5 |
| Wasserkraftwerke | 10 |

MITGLIEDER

| | |
|----------------------|-----|
| Mitglieder insgesamt | 545 |
|----------------------|-----|

BESCHÄFTIGTE

| | |
|--|-----|
| MitarbeiterInnen in Vollzeitäquivalenten | 950 |
|--|-----|

FINANZEN JAHRESABSCHLUSS 2014

| | |
|------------------------|------------------------|
| Anlagevermögen zu AHK | 3.129,6 Millionen Euro |
| Umsatz | 290,3 Millionen Euro |
| davon Verbandsbeiträge | 259,3 Millionen Euro |
| Eigenkapitalquote | 33,5 Prozent |
| Investitionen | 30,7 Millionen Euro |

LEISTUNGEN DER WASSERGÜTEWIRTSCHAFT

Abwasserentsorgung eines Gebietes mit _____ 2,04 Millionen EinwohnerInnen *
Anschlussgrad _____ rd. 99,6 Prozent *
Gesamtkapazität der 66 Kläranlagen _____ 3,208 Millionen Einwohnerwerte (E)
Gesamtabwasservolumen
(einschließlich Niederschlagswasser) _____ 372 Millionen m³/Jahr

Ablaufwerte des gereinigten Abwassers (mengengewichtete Mittelwerte)

Biochemischer Sauerstoffbedarf (ATH-BSB₅) _____ 3,9 mg/l
Chemischer Sauerstoffbedarf (CSB) _____ 19,9 mg/l
Ammonium-Stickstoff (NH₄-N) _____ 0,8 mg/l
Stickstoff (N_{anorganisch}) _____ 6,1 mg/l
Stickstoff (N_{gesamt}) _____ 7,0 mg/l
Phosphor (P_{gesamt}) _____ 0,5 mg/l
Klärschlammbehandlung
entsorgte Trockenmasse von _____ 37.485 t_{TR}/Jahr

* 30. Juni 2015

LEISTUNGEN DER WASSERMENGENWIRTSCHAFT

Sicherung der Wasserversorgung
eines Gebiets mit _____ 4,6 Millionen EinwohnerInnen
bei einer Entnahme für die Versorgung
innerhalb des Ruhreinzugsgebiets von _____ 170 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 _____ 359 auf 286 m³/s
durch Erhöhung des Minimalabflusses von _____ 2,6 auf 17,9 m³/s

SONSTIGE LEISTUNGEN

Qualitätsüberwachung und Beratung

Probenahmen mit insgesamt _____ 230.000 Bestimmungen

Stromerzeugung

LLK-Biggegruppe _____ 31,2 Millionen kWh
LLK-Nordgruppe _____ 24,1 Millionen kWh
Ruhrverbands-Stauseen _____ 83,6 Millionen kWh
Blockheizkraftwerke auf Kläranlagen _____ 41,5 Millionen kWh
Photovoltaikanlagen auf Kläranlagen _____ 1,0 Millionen kWh
Stromerzeugung insgesamt _____ 179,2 Millionen kWh

Forstwirtschaft und Fischerei

Aufforstungsfläche _____ 11,0 Hektar
Fischereierlaubnisscheine _____ 5.245 Stück

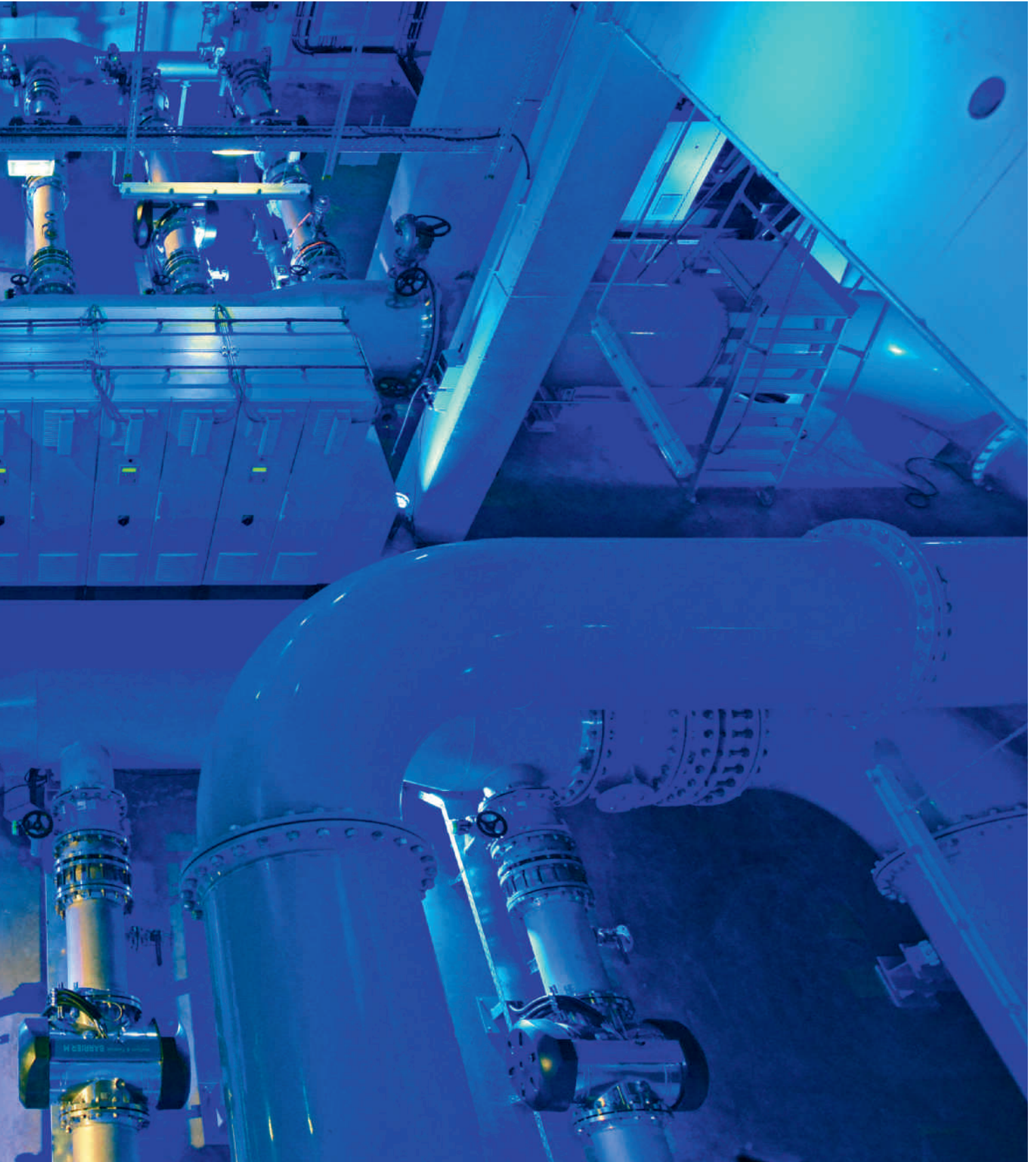
Stand: 31. Dezember 2015

Die Arbeitsgemeinschaft
der Wasserwerke an der Ruhr e. V. (AWWR) im Jahr 2015



Die neue Wasseraufbereitungsanlage des Verbundwasserwerks Essen.

Foto: Herbert Höltgen





Helmut Sommer

Als wichtige Grundlage für die Trinkwassererzeugung und -bereitstellung nutzen viele Wasserwerke an der Ruhr das technische Verfahren der künstlichen Grundwasseranreicherung, bei dem Oberflächenwasser der Ruhr entnommen, nach einer ersten Aufbereitung in den Untergrund des Ruhrtals versickert und somit ein mengenmäßig zur Bedarfsdeckung ausreichendes Grundwasservorkommen sichergestellt wird. Das Gewässer Ruhr hat somit für diese Wasserwerke als Rohwasserressource eine mengenmäßig und qualitativ hohe Bedeutung. Seit Jahrzehnten versuchen daher die Wasserwerke, Maßnahmen zu initiieren und gemeinsam durchzuführen, die zu einer kontinuierlichen Verbesserung der Gewässersituation im Ruhreinzugsgebiet beitragen können.

Die Arbeitsgemeinschaft der Wasserwerke an der Ruhr e.V. (AWWR) ist die Interessenvertretung der Ruhrwasserwerke, die bereits seit Jahren die unterschiedlichen Zielvorstellungen und Maßnahmen ihrer Mitgliedsunternehmen bündelt. Hierbei arbeiten die Ruhrwasserwerke natürlich sehr eng mit dem Ruhrverband zusammen. Nur ein abgestimmtes und zielgerichtetes Handeln dieser wasserwirtschaftlichen Institutionen, unterstützt durch die zuständigen Wasser- und Landschaftsbehörden, kann eine nachhaltige Verbesserung der Ruhr gewährleisten.

In den zurückliegenden Jahren konnten durch dieses gemeinsame Handeln bereits viele Erfolge erzielt und die strukturellen Gegebenheiten und qualitativen Verhältnisse in der Ruhr und deren Nebengewässern kontinuierlich optimiert werden. Diese erreichten Verbesserungen sind vorrangig von hoher Bedeutung für die Gewässerökologie, tragen aber vielfach auch zur Erleichterung der Wassergewinnung im Ruhrtal bei.

Allerdings ist festzuhalten: Trotz aller Maßnahmen der letzten Jahre und der erkennbaren Erfolge dürfen sich die Beteiligten nicht auf dem Erreichten ausruhen, sondern müssen sich immer wieder neuen Herausforderungen stellen. Hierzu tragen neue wissenschaft-

liche Erkenntnisse in den Bereichen Gewässerökologie und Trinkwassergewinnung, verbesserte Analysemethoden mit erweiterten Informationen über die Wasserinhaltsstoffe sowie neue Problemsubstanzen bei, die in die Umwelt eingetragen werden und immer wieder aufs Neue ein entsprechendes Handeln der wasserwirtschaftlichen Institutionen erforderlich machen.

Der vorliegende 43. Ruhrgütebericht verdeutlicht, einer längeren Tradition folgend, die vielfältigen Tätigkeiten des Ruhrverbandes und der Arbeitsgemeinschaft der Wasserwerke an der Ruhr im zurückliegenden Jahr 2015.

Das wichtigste Ziel der Wasserwerke an der Ruhr ist eine mengenmäßig stets ausreichende und qualitativ einwandfreie Trinkwassererzeugung für mehr als viereinhalb Millionen Menschen im Ruhrgebiet sowie in den angrenzenden Bereichen. Dieser Zielsetzung konnten die Ruhrwasserwerke auch 2015 wieder mit gewohnt hoher Versorgungsqualität entsprechen. Besondere Belastungen der Ruhr mit kritischen Wasserinhaltsstoffen, die zu größeren Beeinträchtigungen der Wassergewinnungsprozesse hätten führen können, waren im zurückliegenden Jahr nicht zu verzeichnen.

Trotzdem verfolgen die Ruhrwasserwerke in enger Zusammenarbeit mit dem Umweltministerium NRW und den zuständigen Bezirksregierungen das „**Programm Reine Ruhr**“. Das Ziel dieses Programms sieht einerseits eine intensive qualitative Überwachung der Ruhr und ihrer Nebengewässer sowie die Erarbeitung von Maßnahmen zur Verminderung von Gewässerbelastungen durch ausgewählte Schadstoffe vor. Diese Ansätze werden vor allem durch den Ruhrverband und die Aufsichtsbehörden schwerpunktmäßig bearbeitet. Die Wasserwerke unterstützen die Gewässerüberwachung durch eigene qualitative Messungen, verfolgen gleichzeitig aber ein Konzept zur Ergänzung der bestehenden Wasserwerkstechniken um weitere Aufbereitungsstufen. Durch diese Investitionen, die für alle Ruhrwasserwerke zusammen insgesamt eine Höhe von 300 Mio. € erreichen und aus Gründen der Vorsorge umgesetzt werden, soll die Trinkwassererzeugung an der Ruhr zukünftig noch höhere Sicherheiten gegenüber unerwarteten mikrobiologischen oder chemischen Belastungen des Rohwassers aufweisen.

Viele Wasserwerke an der Ruhr konnten in den zurückliegenden Monaten bereits die zusätzlichen Aufbereitungstechniken fertigstellen und erfolgreich in Betrieb nehmen. Ein Beispiel für die Inbetriebnahme einer großen Aufbereitungsanlage der Wassergewinnung Essen findet sich im nachfolgenden Berichtsteil.

Für die übrigen Wasserwerke wurden die technischen Ergänzungen bereits mit den Aufsichtsbehörden abgestimmt und mit der Umsetzung der Maßnahmen begonnen. Es ist damit sichergestellt, dass in wenigen Jahren alle Ruhrwasserwerke über modernste Aufbereitungsverfahren nach dem „Stand der Technik“ verfügen und damit auch zukünftig ihren Kunden die gewohnt hohe Versorgungssicherheit und Wasserqualität bieten können.

Auch im zurückliegenden Jahr haben sich die Ruhrwasserwerke in einem eigenen Monitoring mit der Betrachtung der stofflichen Belastung befasst. Der Schwerpunkt dieser Untersuchungen lag auch

2015 wieder im Bereich der organischen Spurenstoffe, die aus unterschiedlichsten Anwendungen und Quellen in die Gewässer eingetragen werden können. Hierbei ist es für die Wasserwerke sehr wichtig, durch eine regelmäßige Erfassung und Bewertung repräsentativer organischer Substanzen in der Ruhr frühzeitig über tendenzielle Entwicklungen informiert zu werden und ggf. mit der Wasseraufbereitung darauf reagieren zu können. Die Untersuchungen konzentrierten sich, wie bereits in den Vorjahren, wieder auf 9 Messstellen zwischen Meschede und Mülheim und umfassten mehr als 40 Spurenstoffe unterschiedlicher Herkunft.

Die durchgeführten Untersuchungen verdeutlichen erwartungsgemäß, dass auch in der Ruhr – wie in vielen anderen Gewässern – eine Vielzahl organischer Spurenstoffe nachgewiesen werden können. Nicht zuletzt trägt hierzu eine immer weiter verbesserte Analytik der untersuchenden Wasserlabore bei. Es kann allerdings auch festgestellt werden, dass die untersuchten Substanzen nur in geringen Spuren vorliegen und keine akute Einschränkung für die Wasserwerke bedeuten.

Intensiv befassten sich die Ruhrwasserwerke im zurückliegenden Jahr u.a. auch mit der Konzentration des Pflanzenbehandlungsmittels Glyphosat und dessen Abbauprodukten in der Ruhr. Bei dem Wirkstoff Glyphosat handelt es sich um einen biologisch wirksamen Hauptinhaltsstoff vieler Pflanzenschutzmittel (Breitbandherbizide), die weltweit in der Land- und Forstwirtschaft, aber auch zur Bekämpfung von Wildkräutern in öffentlichen, industriellen und privaten Bereichen häufig eingesetzt werden. Die gesundheitliche Relevanz dieser Substanz wird in der Fachwelt intensiv diskutiert. Die Europäische Union hat aktuell eine Entscheidung über die weitere Marktzulassung dieses Mittel getroffen und eine befristete Zulassung für 18 Monate ausgesprochen.

In der Ruhr konnten bei den Untersuchungen der Ruhrwasserwerke nur sehr geringe Konzentrationen nachgewiesen werden, die bereits in den an der Ruhr genutzten technischen Anlagen zur künstlichen Grundwasseranreicherung vollständig abgebaut werden, so dass keine Beeinträchtigung der Trinkwassergewinnung durch diesen Wirkstoff gesehen wird.

Ein besonderes Augenmerk richteten die Ruhrwasserwerke im zurückliegenden Jahr auf die Einleitung von Sumpfungswässern aus dem ehemaligen Steinkohlebergbau in die Ruhr. In der Fachwelt wurde zunächst auf mögliche PCB-Belastungen dieser abgeleiteten Wässer und einer möglichen Gefährdung der Ruhr hingewiesen. Die AWWR hat daraufhin in vielen Gesprächen mit den beteiligten Behörden und den Bergbaubetreibenden eine Gefährdungsabschätzung vorgenommen und eigene Analysen zur aktuellen PCB-Belastung der Ruhr vorgenommen. Erfreulicherweise konnten bisher keine Hinweise auf eine aktuelle Beeinträchtigung der Wassergewinnung an der Ruhr festgestellt werden.

Mit besonderer Sorge haben die Ruhrwasserwerke in den zurückliegenden Jahren auch das Thema „Gewinnung von unkonventionellen Gasvorkommen mit dem Fracking-Verfahren“ begleitet. Bei diesem Verfahren sollten im Land Nordrhein-Westfalen mittels Bohrungen in den Untergrund bisher ungenutzte Gasressourcen in fein-

porigen Tiefengesteinen erschlossen werden. Hierbei wurde die Gefahr gesehen, dass in Verbindung mit den Bohrungen umweltschädliche Chemikalien in den Untergrund eingeleitet werden, die eine Beeinflussung der Grund- und Oberflächenwasserbeschaffenheit nach sich ziehen könnten. Auch im unmittelbaren Umfeld der Ruhrwasserwerke waren derartige Gasbohrungen vorgesehen. Die Ruhrwasserwerke haben ihre Bedenken in vielen Gesprächen mit Behörden, Naturschutzverbänden und Bergbauunternehmen eingebracht und auf die potentiellen Gefahren aufmerksam gemacht.

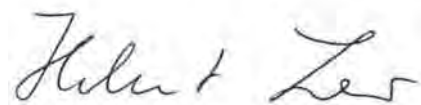
Inzwischen hat die Bundesregierung für das Fracking-Verfahren neue gesetzliche Regelungen festgelegt. Das Land NRW hat darüber hinaus für die nächsten Jahre eine Erschließung von Gasvorkommen mit dieser Technik ausgeschlossen – eine für die Wasserversorgung in dieser Region sicherlich gute Entscheidung.

Für eine gute Gewässerökologie ist nicht nur die Wasserbeschaffenheit bedeutsam, die meist im Fokus der Öffentlichkeit steht, sondern natürlich auch die Gewässerstruktur. Beispielsweise die Durchgängigkeit eines Gewässers zwischen Quelle und Mündung für Kleinlebewesen und wanderwillige Fische ist ein wichtiger Faktor für die ökologische Einstufung eines Gewässers. Viele Ruhrwasserwerke haben in der Vergangenheit durch den Aufstau der Ruhr zum Zwecke der Wassergewinnung zu einer Beeinträchtigung der Flusströmungen und der Wanderung vieler Gewässerbewohner beigetragen. Hier konnten allerdings in den zurückliegenden Jahren deutliche Verbesserungen erzielt werden. Die meisten dieser Stauanlagen wurden inzwischen durch geeignete Fischpässe optimiert, so dass eine deutliche Strukturverbesserung der Ruhr zu verzeichnen ist. Ein Beispiel für Maßnahmen der Ruhrwasserwerke zum Erreichen der Gewässerdurchgängigkeit ist in diesem Ruhrgütebericht aufgeführt.

Im Herbst 2015 erfolgte routinemäßig eine Neuwahl des Präsidiums der AWWR. Hierbei wurde das Präsidium in seiner bisherigen Zusammensetzung bestätigt, sicherlich auch eine Anerkennung der erfolgreichen Tätigkeit dieses Gremiums für die Ruhr sowie die Wasserwerke im Ruhrtal zwischen Brilon und Mülheim.

Wir werden als Arbeitsgemeinschaft der Ruhr auch in den kommenden Jahren versuchen, an die bisherigen Erfolge zur Verbesserung und Absicherung der Ruhrwassergüte anzuknüpfen und die Rolle der AWWR als wichtiger Ansprechpartner für alle wasserwirtschaftlichen Institutionen an der Ruhr weiterhin auszubauen. Ich möchte an dieser Stelle allen Beteiligten für ihr großes persönliches Engagement und die wertvolle Unterstützung unserer Gemeinschaft im zurückliegenden Jahr danken.

Schwerte, im Juli 2016



Dipl.-Geol. Helmut Sommer
Wasserwerke Westfalen GmbH
Vorsitzender des Präsidiums der Arbeitsgemeinschaft
der Wasserwerke an der Ruhr e.V. (AWWR)

13 AWWR-Ausschusstätigkeit

Ausschuss Wassergüte

Obmann: Dr. Henning Schünke, Westfälische Wasser- und Umweltanalytik GmbH, Schwerte

Im Jahr 2015 traf sich der Fachausschuss Wassergüte der AWWR in zwei Sitzungen (95. und 96. Sitzung) in Schwerte-Geiseke und Mülheim-Styrum zur Beratung der aktuellen Themen der Wassergüte in der Ruhr. Der Ausschuss setzt sich aus Fachleuten aus den Wasserversorgungsunternehmen und Untersuchungslaboren (Hygiene-Institut des Ruhrgebiets Gelsenkirchen, Westfälische Wasser- und Umweltanalytik GmbH), sowie dem Institut für Wasserforschung GmbH und dem Ruhrverband zusammen (siehe Mitglieder Ausschuss Wassergüte). Fachliche Unterstützung erhält der Ausschuss durch die Arbeitskreise „Anorganische Spurenanalytik“, „Organische Spurenanalytik“ und „Mikrobiologie“. Daneben berät die angegliederte Kooperation Landwirtschaft / Wasserwirtschaft den Ausschuss bei Fragen zur Landwirtschaft.

Als langjähriges Mitglied im Fachausschuss hat sich Gerhard Strücker zum Ende des Jahres 2015 als Vertreter für die Mark-E aus dem Ausschuss zurückgezogen, bleibt aber dem Ausschuss als Gast bis auf Weiteres erhalten. Als seine Nachfolgerin im Ausschuss hat er Monika Raabe vorgeschlagen, die ab 2016 als Mitglied die Mark-E vertreten wird. Auf Grund des Wechsels von Gerhard Strücker in den Gästestatus wurde die Stellvertretung der Obmannschaft des Ausschusses neu an Dr. Mathias Schöpel von der RWW vergeben.

Zum Ende 2015 hat sich Dr. Gudrun Preuß aus dem Arbeitskreis Mikrobiologie verabschiedet, nachdem das Institut für Wasserforschung seine Tätigkeit eingestellt hat. An dieser Stelle bedankt sich der Ausschuss nochmals bei Dr. Gudrun Preuß für die sehr engagierte und sehr kollegiale Zusammenarbeit der letzten Jahre und wünscht ihr für die Zukunft einen erfüllten wohlverdienten Ruhestand.

Die fortlaufenden Aufgaben des Ausschusses Wassergüte umfassten auch im Jahr 2015 die folgenden Themen der Wasserwirtschaft an der Ruhr:

- Beobachtung der chemisch-hygienischen Ruhrwasserqualitäten
- Beurteilung und Ursachenforschung von aktuellen Belastungen der Ruhrwasserqualität anhand eigener Informationen und derer des Ruhrverbands
- Erfassung und Auswertung der Ergebnisse aus den Ruhrlängsuntersuchungen und den zeitdichten Untersuchungen durch die Mitgliedsunternehmen und dem Ruhrverband

- Bewertung der Ergebnisse der gemeinsamen Ruhrlängsuntersuchungen und der zeitdichten freiwilligen Untersuchungen durch die Mitgliedsunternehmen im Rahmen des Ruhrgüteberichts
- Initiierung, fachliche Konzeptionierung, Begleitung, Auswertung und Präsentation von Sondermessprogrammen zu chemischen Qualitätsmerkmalen:
 - aktuelle Untersuchungsprogramme 2015:
 - organische Spurenstoffe
- Initiierung neuer Analyseparameter: 2015 Aufnahme von Gabapentin, Metformin und Guanylarnstoff in das Monitoring
- 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 Ruhrgütebericht
- Inhaltliche Unterstützung bei der Verbesserung des Internet-Auftritts der AWWR
- Unterstützung beim Ausbau einer verbesserten Kommunikation bei Ausschuss übergreifenden Themen innerhalb der AWWR
- Benennung und Präsentation vorhandener Kompetenzen

Folgende aktuelle Fragestellungen aus dem Wasserfach wurden im Jahr 2015 im Ausschuss Wassergüte bearbeitet:

- Fachliche Auswertung des Sondermonitorings „Organische Spurenstoffe“ und Weiterentwicklung des Monitorings:
 - aktuell: Auswertung vor allem der neu aufgenommenen Arzneistoffe Gabapentin und Metformin und dessen Metaboliten Guanylarnstoff
 - Bewertung von Acesulfam als Tracer im Spurenstoff-Monitoring: auf Grund von Hinweisen zur möglichen Reduktion bei der Trinkwasseraufbereitung wird der Süßstoff nicht als geeigneter Tracer angesehen
- Erörterung zu aktuellen Entwicklungen bei der Bewertung von Chrom-VI

- PCB-Altlasten in Sumpfungswässern aus dem Bergbau als Belastung der Ruhr
- Berichte über Untersuchungen zur Eliminationsleistung von mikrobiologischen Belastungen in der Aufbereitung aus dem „Programm Reine Ruhr“
- Bewertung der Relevanz von Glyphosat für die Trinkwasserversorgung an der Ruhr nach der Diskussion über den Wirkstoff in der IARC (International Agency for the Research on Cancer) und der EU
- Diskussion der Zielwerte der AWWR in Relation zu den in den Memoranden festgelegten Zielen für die Wasserqualität
- Überprüfung der Pflanzenschutzmittelliste der AWWR zur Festlegung der Untersuchungsumfänge nach Trinkwasserverordnung
- Erfahrungsaustausch bei der Kontrolle von Wasserzählern

Die Überprüfung der Wasserqualität durch die Monitoringprogramme an der Ruhr war auch 2015 Mittelpunkt der Arbeit des Ausschusses: Neben den zeitdichten Messreihen der Versorger und des Ruhrverbandes wird an vier Terminen der Ruhrverlauf durch den Ruhrverband und das Hygieneinstitut im Auftrag der Versorger untersucht, um ein durchgängiges Längsprofil zu erstellen. Zu weiteren vier Terminen wird seit 2008 zusätzlich durch die AWWR die Analytik auf Spurenstoffe vorgenommen. Die Ergebnisse bzw. deren Auswertungen aus diesem Programm werden regelmäßig in den Ruhrgüteberichten publiziert.

In den Berichten des Ruhrverbands zur Wassergüte wurden neben den allgemeinen wasserchemischen Kenngrößen im Jahr 2015 besonders die Schwerpunkte Arzneimittel und deren Metaboliten, die Röntgenkontrastmittel sowie die Industriechemikalien betrachtet. Bei den Arzneistoffen traten Auffälligkeiten vor allem durch die Stoffe aus der Erweiterung des Untersuchungsspektrums auf, während bei den Industriechemikalien in puncto PFC-Verbindungen inzwischen die größten Belastungen vor allem durch den Ersatzstoff, der teilfluorierten Verbindung H₄PFOS, nachgewiesen wurde.

Das AWWR-Monitoring der Spurenstoffe umfasst die perfluorierten Verbindungen, Flammschutzmittel, Arzneiwirkstoffe und Diagnostika, wobei das Stoffspektrum ebenfalls z.T. erweitert wurde. Innerhalb dieser vier Stoffgruppen gibt es regelmäßig Nachweise. Die neu in die Untersuchung aufgenommenen Arzneistoffe Codein und Diazepam, wurden im Monitoring allerdings nicht gefunden. Dagegen waren die in der Erweiterung beschlossenen Arzneistoffe Gabapentin und Metformin mit seinem Metaboliten Guanlylharnstoff in deutlichen Konzentrationen im Ruhrwasser nachweisbar. Ein ausführlicher Bericht über die Ergebnisse und die Auswertung ist dem Bericht von Christian Skark (s. Kapitel 14) zu entnehmen.

Arbeitskreis Allgemeine und anorganische Analytik

Obmann: Dr. Georg Böer, Westfälische Wasser- und Umweltanalytik GmbH, Schwerte

2015 gehörten dem Arbeitskreis acht Mitglieder an (s. Mitgliederliste Ausschüsse und Arbeitskreise). Der Arbeitskreis traf sich im üblichen einjährigen Rhythmus im Januar 2015. Wichtige Themen waren:

Erfahrungsaustausch

Im Erfahrungsaustausch wurden u.a. folgende Themen angesprochen:

- Berechnung der Gadolinium-Anomalie ist schwierig, wenn Seltene Erden in niedrigem Konzentrationsbereich liegen und daraus interpoliert werden muss,
- Besondere Probenahme- und Analysengefäße bei der Automatisierung der Basekapazität-Bestimmung, Temperaturabhängigkeit der Basekapazität,
- Erfahrungen mit mangelnder Unterstützung verschiedener Hersteller bei CFA-Systemen, Probleme mit der Automatisierung von „freiem Cyanid“ bei CFA mit Online-Destillation,
- Bestimmung von Perchlorat in Wässern (Bestimmungsgrenze 1 µg/l) und Auftreten vor allem bei Elektrolysesystemen zur Desinfektion mit Hypochlorit (im Trinkwasser keine Bedeutung),
- Bestimmbarkeit von Radioaktivitäts-Parametern der neuen Trinkwasserverordnung,
- Probleme bei der Automation der Probenvorbereitung mit Robotersystemen („Entwicklung beim Kunden“),
- Vorgehen in den Laboratorien zur Schulung von Probennehmern im Bereich Sensorik.

Veränderungen bei den Vergleichsanalysen (VA)

- Bei der nächsten Vergleichsanalyse werden je Teilnehmer zusätzlich drei Sonderproben für den Parameter Trübung (aus einer homogenisierten 5 L Probe) mit Dreifachbestimmung jeder Probe bearbeitet
- Anpassung der Auswertungstabelle bei Metallen
- „Abfiltrierbare Stoffe“ wird als neuer Parameter aufgenommen. Die Einführung erfolgt mit einer neuen Sonderprobe (Microcellulose-Suspension), die von einem Teilnehmer vorbereitet wird.

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 2015 insgesamt zweimal getagt.

Im Jahr 2015 spiegelte sich an den Themen, die im Arbeitskreis diskutiert wurden, die ständige Fortentwicklung der in-

strumentellen Analytik im Bereich der Spurenstoffe wider. Nachdem die LC-MS/MS inzwischen bei vielen Laboren für die Routineanalytik eingesetzt wird, verfügen erste Labore auch schon über eine HPLC mit hochauflösender Massenspektrometrie (TOF). Auch die GC-MS/MS wird in immer mehr Laboren für einen Nachweis von Spurenstoffen im Ultraspurenbereich eingesetzt. Hier ist der intensive Erfahrungs- und Informationsaustausch ein wichtiger Teil der Arbeitskreissitzungen.

Die Ergebnisse der regelmäßig durchgeführten Vergleichsuntersuchungen zu den Parametern Pflanzenschutzmittel, Polyzyklische Aromatische Kohlenwasserstoffe, Leichtflüchtige Halogenkohlenwasserstoffe, Komplexbildner, Perfluorierte Verbindungen und Vinylchlorid zeigten auch in diesem Jahr gute Übereinstimmungen.

Diese vom Arbeitskreis jährlich durchgeführten Vergleichsuntersuchungen werden zurzeit immer wieder diskutiert. Um neue Parameterumfänge in das Programm aufnehmen zu können, sollen zukünftig gut eingetübte Verfahren (z.B. PAK, HKW) seltener angeboten werden. Damit können zukünftig neben Benzotriazolen und Süßstoffen auch Röntgenkontrastmittel und die Metabolite einiger PSM-Wirkstoffe als Vergleichsuntersuchung angeboten werden. Auch hier spiegelt sich die derzeit rasche Entwicklung der Analytik wider.

Für die Auswertung der Vergleichsuntersuchungen wurde in der Arbeitsgruppe beschlossen, diese nicht nur zu vereinfachen sondern auch zu anonymisieren. So soll sichergestellt werden, dass Ergebnisse der Vergleichsuntersuchungen auch außerhalb des Arbeitskreises, z.B. im Rahmen von Akkreditierungs-Verfahren, verwendet werden können. So war es 2015 erstmals möglich, dass Gäste an einer Vergleichsuntersuchung (Komplexbildner) teilnehmen konnten.

Im Jahr 2015 hat der Arbeitskreis Organische Spurenanalytik mit Heinz-Jürgen Dibowski (Ruhrverband) ein langjähriges Mitglied verloren, das die Arbeit des Arbeitskreises über Jahre hinweg durch sein tiefes Fachwissen bereichert hat. Heinz-Jürgen Dibowski wurde von den Mitgliedern des Arbeitskreises mit besten Wünschen für die Zukunft in den Ruhestand verabschiedet.

Arbeitskreis Mikrobiologie

Obmann: Bernd Lange, IWW – Zentrum Wasser, Mülheim a. d. Ruhr

Der AWWR-Arbeitskreis Mikrobiologie beschäftigt sich kontinuierlich mit der regelmäßigen Durchführung von Vergleichsuntersuchungen zu unterschiedlichen mikrobiologischen Nachweisverfahren. Diese Vergleichsuntersuchungen und der damit verbundene Erfahrungsaustausch sind wichtige Aspekte, um ein vergleichbares Vorgehen bei den mikrobiologischen Wasseruntersuchungen an der Ruhr zu gewährleisten.

Im April 2015 wurde eine Vergleichsuntersuchung zur Koloniezahlbestimmung nach Trinkwasserverordnung durchgeführt. Hierbei lag der Fokus auf dem Anstieg der Koloniezahlen innerhalb der in der Trinkwasserverordnung zugelassenen Bebrütungszeiten (44 ± 4) h. Sofern die maximal zulässige Bebrütungszeit von 48 Stunden ausgenutzt wurde, lagen die Ergebnisse bei 20 °C Bebrütungstemperatur im Mittel um 24 % und bei 36 °C Bebrütungstemperatur um 12 % über den nach 40 Stunden ausgewerteten Koloniezahlen. Dies zeigt, dass es nicht ratsam ist, die Wasserproben schon nach der kürzest möglichen Bebrütungszeit auszuwerten. Angestrebt werden sollte eine Bebrütung von 44 Stunden.

Eine weitere Vergleichsuntersuchung fand im November 2015 statt, bei der das Membranfiltrationsverfahren auf Enterokokken mit Slanetz & Bartley-Agar (DIN EN ISO 7899-2) verglichen wurde. Dieses Verfahren ist selektiv und daher auch für die Untersuchung von Ruhrwasser gut geeignet.

Für das Jahr 2016 sind Vergleichsuntersuchungen zum Nachweis von *Clostridium perfringens* nach DIN EN ISO 14189 geplant.

Wie wichtig diese Vergleichsuntersuchungen sind, zeigte sich bei dem Inkrafttreten der neuen Fassung der DIN EN ISO 9308-1 zum Nachweis von *Escherichia coli* und coliformen Bakterien im Trinkwasser. Zu diesem Verfahren hatten schon im Vorjahr Vergleichsuntersuchungen stattgefunden, so dass die Laboren mit diesem Verfahren vertraut waren und die Ergebnisse bewerten konnten.

Gerade in der ersten Hälfte des Jahres 2015 standen die Überprüfungen von Wasserzählern auf *Pseudomonas aeruginosa* stark im Fokus der Wasserversorger und Prüflaboren. Im Arbeitskreis Mikrobiologie wurden die Probenahmetechniken, so wie sie später in der twin Nr. 10 des DVGW „Anleitung zur Probenahme aus Wasserzählern zwecks mikrobiologischer Untersuchung auf *Pseudomonas aeruginosa*“ umgesetzt wurden, diskutiert. Der Austausch zu dieser Problematik und eine einheitliche Bewertung der Befunde helfen den Wasserversorgern bei den Diskussionen mit ihren Lieferanten.

Ausschuss Wassergewinnung und -aufbereitung

Obmann: Andreas Lütz, Wassergewinnung Essen GmbH, Essen

Der Ausschuss Wassergewinnung und -aufbereitung tagte im Jahr 2015 zwei Mal: am 18. März im Wasserwerk Styrum Ost von RWW und am 20. Oktober im Wasserwerk Echthausen von WWW. Als neues Mitglied konnte in der Frühjahrssitzung Volker Kretschmer für die Stadtwerke Fröndenberg begrüßt werden. Aufgrund einer veränderten Aufgabenstellung im Hause Gelsenwasser nahm Magnus Meckelburg letztmalig an der Frühjahrssitzung teil. Er war seit März 2010 Mitglied des Ausschusses. Ab der Herbstsitzung vertritt Björn Wölfel die Gelsenwasser AG.

AWWR Meldeplan

Um den bisher auf das Fax festgelegten Meldeweg im Falle eines akuten Ereignisses für den Meldenden zu vereinfachen, wurde die Möglichkeit geprüft, das Ausfüllen und Versenden des Formulars 2.1 auf dem Smartphone zu erledigen. Hierzu lag ein Angebot über die Programmierung einer entsprechenden Webanwendung vor. Im Ausschuss wurde entschieden, dies aufgrund der damit verbundenen hohen Kosten nicht zu realisieren. Die Fax-Technik wird nach aktuellen Einschätzungen mittelfristig nutzbar bleiben.

Berichte aus den Mitgliedsunternehmen

Über die umfangreichen Maßnahmen in den Werken der Wasserwerke Westfalen zu weitergehenden Aufbereitungsverfahren – vor allem die neue Aufbereitungsanlage im Werk Echthausen – wurde ausgiebig berichtet; zudem fand eine Besichtigung der Anlage in der Herbstsitzung statt.

Die neue Aufbereitungsanlage des Verbundwasserwerks Essen ist im Laufe des Berichtjahres in Betrieb genommen worden (siehe hierzu Kapitel 16).

Weitere Themenschwerpunkte

Weiterhin beschäftigte sich der Ausschuss mit der Abfluss- und Talsperrensituation an der Ruhr sowie mit verschiedenen qualitätsrelevanten Themen aus dem Bereich der Kläranlagen. Die Maßnahmen im Zusammenhang mit dem massenhaften Auftreten der Elodea in den Wasserwerken und in den Stauseen sind Thema eines Erfahrungsaustausches. Im Berichtsjahr haben keine relevanten Unfälle an der Ruhr stattgefunden, die einer weiteren Aufarbeitung bedurft hätten. Leider kommt es nach wie vor zu Unstimmigkeiten bei nicht vollständig oder korrekt ausgefüllten Meldeformularen.

Ausschuss Öffentlichkeitsarbeit

Obmann: Ramon Steggink, RWW Rheinisch-Westfälische Wasserwerksgesellschaft mbH, Mülheim an der Ruhr

Der Ausschuss Öffentlichkeitsarbeit traf sich in 2015 in gewohnter Form zu drei Arbeitssitzungen (Februar, Juni, Oktober). Auch AWWR-Geschäftsführer Ulrich Peterwitz nahm im Berichtszeitraum an allen Sitzungen teil. Damit wird sichergestellt, dass die Mitglieder des Ausschusses stets über die Gremienarbeit – Präsidiumssitzungen und Mitgliederversammlungen – und deren Ergebnisse informiert werden.

Zum 1. Januar 2015 begrüßte der Ausschuss als neues Mitglied Tanja Vock von den Wasserwerken Westfalen. Sie wird sich künftig für ihre Gesellschaft im Ausschuss einbringen.

Im vergangenen Jahr gab es keine kritischen Themen oder Anlässe, die eine verstärkte Öffentlichkeitsarbeit erforderten. Presse- und Medienanfragen an die AWWR gab es keine.

Anlässlich der Pressekonferenz zur Vorstellung des Ruhrgüterberichts 2015 informierten der Ruhrverband und die AWWR wieder in einer gemeinsamen Pressemitteilung über ihre Schwerpunktthemen. Die Pressekonferenz fand am Morgen der Ausschusssitzung ebenfalls am 1. Oktober beim Ruhrverband statt. Seitens AWWR nahmen der Vorsitzende Dr. Christoph Donner, Geschäftsführer Ulrich Peterwitz, der Obmann des Ausschusses Wassergewinnung und -aufbereitung Andreas Lütz und der Obmann des Ausschusses Öffentlichkeitsarbeit Ramon Steggink teil. Presse- und Medienvertreter kamen von der WAZ Essen, WDR Hörfunk und Lokalzeit Ruhr. Als Präsentationsthemen wurden vorbereitet: Stoffsituation der Ruhr, weitergehende Aufbereitung der Trinkwasserversorgung an der Ruhr und Schulung zum AWWR-Meldeplan.

Auch 2015 arbeiteten die AWWR-Mitgliedsunternehmen zusammen mit den jeweiligen Lokalvertretungen des NABU daran, geeignete Standorte für Nisthilfen zu finden, um die Lebensbedingungen des Eisvogels entlang der Ruhr zu verbessern. Ein Projekt wird sich voraussichtlich auf dem Gelände der Wassergewinnung Essen realisieren lassen.

Die Rubrik „Weitergehende Aufbereitung“ auf der AWWR-Homepage ist kontinuierlich aktualisiert und angepasst worden. Dort finden Interessierte Informationen über den Fortschritt des Programms zur Ertüchtigung der Wasserwerke an der Ruhr einschließlich der getätigten Investitionssumme.

Beiträge aus Wasserwerken und Institutionen

14 Organische Spurenstoffe in der Ruhr – Fortsetzung des Monitorings der AWWR

Christian Skark, Institut für Wasserforschung GmbH, Schwerte

Im Jahr 2015 wurde das Monitoring der AWWR auf organische Spurenstoffe im Oberflächenwasser der Ruhr mit 4 weiteren Probenahmen fortgeführt. In diese Auswertung werden alle 30 bisherigen Probenahmen einbezogen und der Vorbericht über den Zeitraum 2008 - 2014 (26 Probenahmen [14.1]) fortgeschrieben. Zum Jahreswechsel 2014 - 2015 wurde das Untersuchungsspektrum von 42 auf 60 Substanzen erweitert. Die Stoffe gehören weiterhin zu den Gruppen Humanpharmaka (HP), Röntgenkontrastmittel (RKM), per- und polyfluorierte Verbindungen (PFC) und Organophosphor-Flammschutzmittel (FSM), die im Einzugsgebiet der Ruhr verbraucht werden und vor allem über gereinigtes Abwasser ins Oberflächenwasser gelangen. Die Erweiterung des Untersuchungsspektrums betraf die Gruppen Humanpharmaka (weitere 15 Substanzen, davon 3 Metabolite) und PFC (weitere 3 Substanzen).

Probenahmeorte und Untersuchungsmethoden

An 9 Probenahmestellen längs der Ruhr werden alle 3 Monate Stichproben entnommen. Die Probenahmestellen an der Ruhr entsprechen den Rohwasserentnahmeorten der beteiligten Wasserwerke (WGA, Tabelle 14.1).

Die einzelnen Probenahmestellen repräsentieren unterschiedliche Anteile des ca. 4.500 km² großen Einzugsgebiets der Ruhr (zwischen 400 km² in Meschede und 4.400 km² in Mül-

heim). Insbesondere zwischen Schwerte (WGA Westhofen) und Hagen (WGA Hengstey) nimmt das oberstromige Einzugsgebiet und der Abfluss durch den Zufluss der Lenne stark zu.

Tabelle 14.2 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 im Jahr 2015 jeweils 269 Einzelanalysen. Bereits in den Jahren 2011 und 2012 erfolgte eine Erweiterung des Untersuchungsumfangs um insgesamt 9 Verbindungen ([b] Perfluorheptansulfonat, Tetrahydropolyfluorooctansulfonat, [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 = 143, [b] n = 161). Die Erweiterung des Untersuchungsspektrums im Jahr 2015 umfasste insgesamt 18 Substanzen. Davon gehören 3 zu den perfluorierten Sulfonaten (Perfluorheptansulfonat PFPS, Perfluorononsulfonat PFNS und Perfluordecansulfonat PFDS). Bei weiteren 15 Verbindungen handelt es sich um Pharmaka oder zugehörige Metabolite.

Mit Sulfadiazin, Sulfamerazin und Sulfamethazin werden 3 weitere Sulfonamid-Antibiotika in die Untersuchung integriert, die vor allem in der Viehzucht angewandt werden. Weiterhin werden der Blutdrucksenker Propanolol, die krampflösenden Wirkstoffe Gabapentin, Pregabalin und Oxcarbazepin, die

[14.1] Skark, C.: *Organische Spurenstoffe in der Ruhr – Fortsetzung des Monitorings der AWWR*. In: Ruhrverband & AWWR (Hg.): *Ruhrgütebericht 2014*. Mülheim, Essen, 140-147 (2015).

[14.2] 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 14.1: Lage der Probenahmestellen für Oberflächenwasser der Ruhr. MQ – durchschnittlicher Abfluss, Gewässerstationierung [14.2]
Table 14.1: Sampling sites for the surface water in the river Ruhr. MQ – mean run-of, water stationing [14.2]

| Ort | Probenahmestelle | Fluss-km Probenahme | Abflusspegel | Fluss-km Abfluss | Einzugsgebiet [km ²] | MQ langjährig [m ³ /s] | MQ (07/2008-12/2015) [m ³ /s] | MQ (2015) [m ³ /s] |
|----------|------------------|---------------------|--------------|------------------|----------------------------------|-----------------------------------|--|-------------------------------|
| Meschede | Mengesohl | 183,7 | Meschede 1 | 179,4 | 426 | 9,1 | 7,6 | 6,2 |
| Arnsberg | Langel | 163,8 | Oeventrop | 159,5 | 760 | 14,9 | 12,8 | 10,7 |
| Wickede | Echthausen | 128,3 | Bachum | 133,8 | 1.530 | 27,1 | 22,7 | 22,3 |
| Menden | Warmen | 121,2 | Fröndenberg | 109,3 | 1.914 | – | – | – |
| Schwerte | Westhofen | 95,2 | Villigst | 100,2 | 2.013 | 28,8 | 25,0 | 24,5 |
| Hagen | Hengstey | 88,8 | Wetter | 79,8 | 3.908 | 67,6 | 56,9 | 60,1 |
| Bochum | Stiepel | 62,7 | Hattingen | 56,0 | 4.118 | 70,6 | 60,6 | 63,6 |
| Essen | Spiek | 44,1 | Werden | 29,0 | 4.337 | 79,5 | 62,0 | 63,8 |
| Mülheim | Styrum-Ost | 11,3 | Mülheim | 13,2 | 4.420 | 76,3 | 65,4 | 67,4 |

Tabelle 14.2: Untersuchte Stoffe im AWWR-Monitoring „Organische Spurenstoffe in der Ruhr“. AB – Antibiotika, BG – Bestimmungsgrenze, CAS-RN – Chemical Abstract Service Registrierungsnummer, FSM - Flammschutzmittel, HP – Humanpharmaka, 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 = 269 (außer [b] PFHpS und H4PFOS n = 161; [a] HPFHA, Clofibrinsäure, Phenazon, Propyphenazon, Codein, Diazepam und Primidon n = 143; orange n = 36 PFPS, PFNS, PFDS, Propanol, Sulfadiazin, Sulfamerazin, Sulfamethazin, Guanylarnstoff, Metformin, Gabapentin, Pregabalin, Ranitidin, Tramadol, Oxazepam, Oxcarbazepin, Naproxen, FAA, AAA)

Table 14.2: 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, KB – complex building substances, PFC – per- or polyfluorinated carbonic acids, RKM – X-ray contrast media, VP – veterinary pharmaceuticals. Green: substances with less than 10 % results above BG, pale yellow – ratio of results > BG exceeds 90 % of all samples, number of samples n = 233 (except [b] PFHpS and H4PFOS n = 161; [a] HPFHA, Clofibrinsäure, Phenazon, Propyphenazon, Codein, Diazepam and Primidon n = 143; orange n = 36 PFPS, PFNS, PFDS, Propanol, Sulfadiazin, Sulfamerazin, Sulfamethazin, Guanylarnstoff, 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 | 43 | 0,010 |
| 2 | Trisphenylphosphat | TPP | FSM | 115-86-6 | 4 | 0,010 |
| 3 | Tris-(2-Chlorethyl)-phosphat | TCEP | FSM | 115-96-8 | 86 | 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 | 68 | 0,010 |
| 8 | Perfluorooctansulfonat | g-PFOS | PFC | 1763-23-1 | 54 | 0,010 |
| 9 | Perfluorbutanoat | PFBA | PFC | 375-22-4 | 39 | 0,010 |
| 10 | Perfluorpentanoat | PFPA | PFC | 2706-30-3 | 29 | 0,010 |
| 11 | Perfluorhexanoat | PFHxA | PFC | 307-24-4 | 25 | 0,010 |
| 12 | Perfluorheptanoat | PFHpA [b] | PFC | 375-85-9 | 1 | 0,010 |
| 13 | Perfluoronanoat | 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 | 35 | 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 | Perfluoronansulfonat | 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 | H4-Polyfluorooctansulfonat | H4PFOS [b] | PFC | 27619-97-2 | 29 | 0,010 |
| 23 | Atenolol | | HP | 29122-68-7 | 14 | 0,025 |
| 24 | Bezafibrat | | HP | 41859-67-0 | 56 | 0,025 |
| 25 | Carbamazepin | | HP | 298-46-4 | 89 | 0,025 |
| 26 | Diclofenac | | HP | 15307-86-5 | 91 | 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 | 81 | 0,025 |
| 30 | Propanolol | | HP | 525-66-6 | 0 | 0,025 |
| 31 | Sulfamethizol | | HP/VP-AB | 144-82-1 | 0 | 0,025 |
| 32 | Sulfamethoxazol | | HP-AB | 723-46-6 | 83 | 0,025 |
| 33 | Sulfapyridin | | HP-AB | 144-83-2 | 57 | 0,025 |

Tabelle 14.2: (Fortsetzung) 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 = 269 (außer [b] PFHpS und H4PFOS n = 161; [a] HPFHA, Clofibrinsäure, Phenazon, Propyphenazon, Codein, Diazepam und Primidon n = 143; orange n = 36 PFPS, PFNS, PFDS, Propanol, Sulfadiazin, Sulfamerazin, Sulfamethazin, Guanylharnstoff, Metformin, Gabapentin, Pregabalin, Ranitidin, Tramadol, Oxazepam, Oxcarbazepin, Naproxen, FAA, AAA)

Table 14.2: (Continuation) 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, KB – complex building substances, PFC – per- or polyfluorinated carbonic acids, RKM – X-ray contrast media, VP – veterinary pharmaceuticals. Green: substances with less than 10 % results above BG, pale yellow – ratio of results > BG exceeds 90 % of all samples, number of samples n = 233 (except [b] PFHpS and H4PFOS n = 161; [a] HPFHA, Clofibrinsäure, Phenazon, Propyphenazon, Codein, Diazepam and Primidon n = 143; orange n = 36 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] |
|----------|-------------------------|-------------|-------------|-------------|---------------------------|-----------|
| 34 | Trimetoprim | | HP/VP-AB | 738-70-5 | 6 | 0,025 |
| 35 | Sulfadiazin | | HP/VP-AB | 68-35-9 | 3 | 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 | 3 | 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 | 43 | 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 | 100 | 0,025 |
| 47 | Pregabalin | | HP | 148553-50-8 | 47 | 0,025 |
| 48 | Ranitidin | | HP | 66357-35-5 | 17 | 0,025 |
| 49 | Tramadol | | HP | 27203-92-5 | 56 | 0,025 |
| 50 | Oxazepam | | HP | 604-75-1 | 19 | 0,025 |
| 51 | Oxcarbazepin | | HP | 28721-07-5 | 6 | 0,025 |
| 52 | Naproxen | | HP | 22204-53-1 | 25 | 0,025 |
| 53 | N-Formyl-Aminoantipyrin | FAA | HP-M | 1672-58-8 | 100 | 0,025 |
| 54 | N-Acetyl-Aminoantipyrin | AAA | HP-M | 83-14-8 | 100 | 0,025 |
| 55 | Amidotrizoessäure | | RKM | 117-96-4 | 86 | 0,050 |
| 56 | Iohexol | | RKM | 66108-95-0 | 54 | 0,050 |
| 57 | Iomeprol | | RKM | 78649-41-9 | 72 | 0,050 |
| 58 | Iopamidol | | RKM | 60166-93-0 | 78 | 0,050 |
| 59 | Iopromid | | RKM | 73334-07-3 | 62 | 0,050 |
| 60 | Ioxithalaminsäure | | RKM | 28179-44-4 | 7 | 0,050 |

Tabelle 14.3: Ergebnisübersicht aller Analysen für Stoffe mit Anteilen von Positivbefunden über 20 %. Q – Perzentil, sonstige Abkürzungen vgl. Tabelle 14.2. n = 269; H4PFOS n = 161; Primidon n = 143. Grün: Konzentration < BG, grau: 0,09 µg/L < Konzentration < 0,1 µg/L, gelb: 0,1 µg/L < Konzentration < 0,5 µg/L, orange: 0,5 µg/L < Konzentration. Werte < BG werden für die Berechnung mit 0,5 * BG angesetzt
 Table 14.3: 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 < BG with 0,5 * BG

| Lfd. Nr. | Substanz | Q25 | arithm. Mittelwert | Median | Q75 | Q90 | Maximum |
|----------|------------------|--------|--------------------|--------|-------|-------|---------|
| | | [µg/L] | | | | | |
| 1 | TBP | < BG | 0,020 | < BG | 0,016 | 0,043 | 0,552 |
| 2 | TCEP | 0,015 | 0,043 | 0,029 | 0,049 | 0,087 | 0,415 |
| 3 | TCCP | 0,057 | 0,127 | 0,110 | 0,186 | 0,254 | 0,458 |
| 4 | TBEP | 0,024 | 0,055 | 0,051 | 0,075 | 0,108 | 0,258 |
| 5 | TDCPP | 0,014 | 0,024 | 0,021 | 0,029 | 0,042 | 0,157 |
| 6 | g-PFOA | < BG | 0,017 | 0,013 | 0,021 | 0,035 | 0,093 |
| 7 | g-PFOS | < BG | 0,014 | 0,010 | 0,016 | 0,030 | 0,091 |
| 8 | PFBA | < BG | 0,010 | < BG | 0,013 | 0,021 | 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 | 0,014 | < BG | 0,016 | 0,029 | 0,250 |
| 12 | H4PFOS | < BG | < BG | < BG | 0,011 | 0,019 | 0,036 |
| 13 | Bezafibrat | < BG | 0,032 | 0,029 | 0,046 | 0,064 | 0,089 |
| 14 | Carbamazepin | 0,040 | 0,069 | 0,065 | 0,092 | 0,130 | 0,190 |
| 15 | Diclofenac | 0,040 | 0,078 | 0,067 | 0,110 | 0,142 | 0,210 |
| 16 | Ibuprofen | < BG | < BG | < BG | < BG | 0,033 | 0,080 |
| 17 | Metoprolol | 0,075 | 0,141 | 0,130 | 0,190 | 0,250 | 0,430 |
| 18 | Sotalol | 0,029 | 0,050 | 0,048 | 0,068 | 0,086 | 0,150 |
| 19 | Sulfamethoxazol | 0,030 | 0,053 | 0,049 | 0,072 | 0,093 | 0,140 |
| 20 | Sulfapyridin | < BG | 0,030 | 0,028 | 0,043 | 0,053 | 0,110 |
| 21 | Primidon | < BG | < BG | < BG | 0,029 | 0,038 | 0,055 |
| 22 | Amidotrizoesäure | 0,089 | 0,275 | 0,250 | 0,420 | 0,552 | 0,780 |
| 23 | Iohexol | < BG | 0,146 | 0,058 | 0,170 | 0,410 | 1,400 |
| 24 | Iomeprol | < BG | 0,371 | 0,200 | 0,580 | 1,000 | 1,800 |
| 25 | Iopamidol | 0,093 | 0,483 | 0,450 | 0,700 | 1,000 | 2,300 |
| 26 | Iopromid | < BG | 0,121 | 0,076 | 0,160 | 0,290 | 0,760 |

Schmerzmittel Tramadol und Naproxen sowie das Beruhigungsmittel Oxazepam in die Untersuchung eingebunden. Auch die Metabolite des Schmerzmittels Metamizol (z. B. No-vaminsulfon®) 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, Guanylarnstoff untersucht. Für diese 18 zusätzlichen Analyte ergeben sich für das Jahr 2015 jeweils 36 Einzelanalysen (n = 4 x 9).

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 30 Beprobungen an den 9 Probenahmestellen. Aufgrund eines hochwasserbedingten Probenausfalls im Januar 2012 summiert sich dies zu 269 Proben für den Zeitraum von 2008 bis 2015. In Tabelle 14.2 werden für die verschiedenen Untersuchungsparameter die Anteile der Positivbefunde über den jeweiligen Bestimmungsgrenzen an der Gesamtzahl der jeweiligen Untersu-

chungen 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 9 PFC, 5 Antibiotika, 7 weitere Pharmaka, ein FSM sowie ein RKM. Dies schließt auch 3 PFC, 3 Antibiotika und 2 Pharmaka ein, die erst in 2015 in die Untersuchung aufgenommen wurden. In mindestens 90 % der Untersuchungen werden 4 Substanzen des ursprünglichen Stoffspektrums über der BG detektiert (in mindestens 242 der 269 Untersuchungen). Darunter fallen 2 FSM und die Arzneimittel Diclofenac und Metoprolol.

Bei den Substanzen, die erst in 2011 oder 2012 in die Untersuchung aufgenommen wurden, zeigen sich nur für Tetrahydroperfluorooctansulfonat (H₄PFOS) und Primidon öfter Positivbefunde. Von den Stoffen, die 2015 in die Untersuchung integriert wurden, zeigen Gabapentin, Metformin und die Metabolite Guanylarnstoff, FAA und AAA in allen 36 Untersuchungen Gehalte über den BG.

Konzentrationsbetrachtungen

In Tabelle 14.3 und Bild 14.1 wird ein Überblick zu Konzentrationsgrößen ausgewählter Substanzen gegeben. Dabei werden 26 Stoffe gezeigt, bei denen in mehr als 20 % der Analysen seit 2008 (n = 269) Befunde über der Bestimmungsgrenze

(BG) festgestellt wurden. Zusätzlich sind Ergebnisse für Stoffe mit einer geringeren Analysenhäufigkeit, H₄PFOS (n = 161) und Primidon (n = 143), 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 TCPP sowie 3 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 8 Substanzen liegen noch die Median-Konzentrationen unter der BG (5 PFC, 2 Pharmaka, 1 FSM). Für Ibuprofen und PFHxA ist dies auch für den 75-Perzentilwert der Fall.

In Tabelle 14.4 sind die Ergebnisse für die Stoffe mit mehr als 20 % Befunden über der BG zusammengestellt, die 2015 in die Untersuchung aufgenommen wurden (n = 36). Während die Mediangehalte für Pregabalin, Tramadol 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.

Bezogen auf die Probenahmeorte werden in Tabelle 14.5 die Medianwerte von 23 Stoffen mit mehr als 20 % Positivbefunden wieder gegeben. Das Auftreten von Ibuprofen, PFHxA und PFPA ist örtlich und zeitlich so vereinzelt, dass für keine

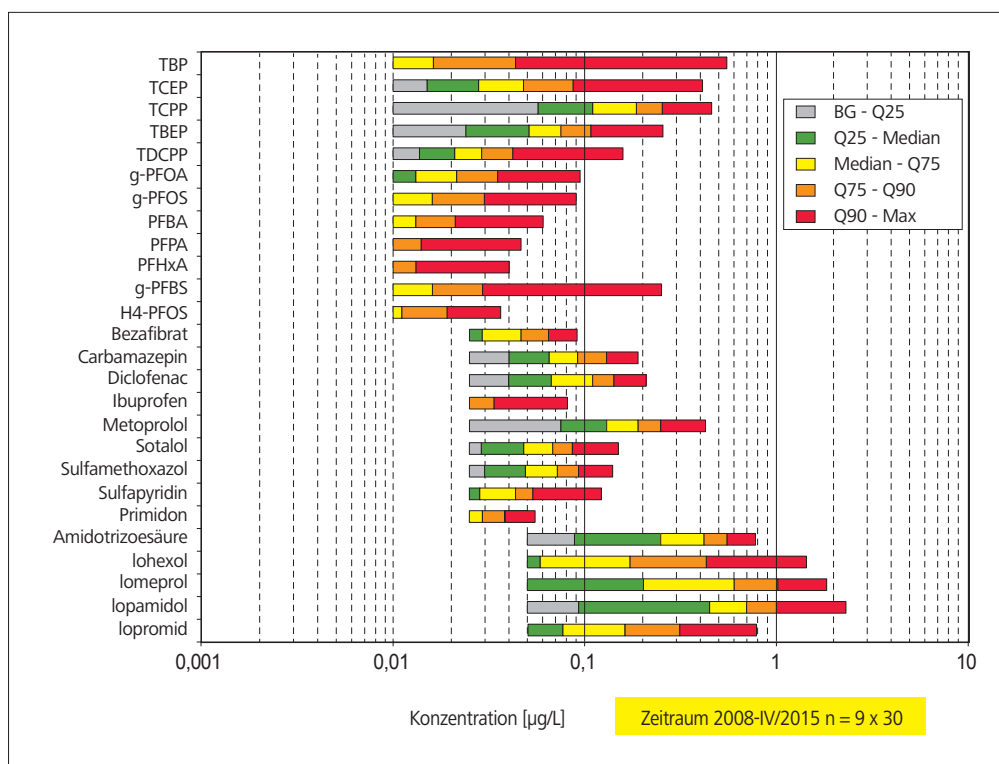


Bild 14.1: Analysen-Ergebnisse für ausgewählte Stoffe (Anteil Positivbefunde > 20 %)

Fig. 14.1: Analytical results for substances with a ratio of results above BG > 20 %

Tabelle 14.4: 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 14.2, 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 14.4: Overview of analytical results for substances with a ratio of results above BG greater than 20 % and integration to the monitoring in the year 2015. Q – percentile, other abbreviations cf. table 14.2. 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 < BG with 0,5 * BG

| Lfd. Nr. | Substanz | Q25 | arithm. Mittelwert | Median | Q75 | Q90 | Maximum |
|----------|-----------------|--------|--------------------|--------|-------|-------|---------|
| | | [µg/L] | | | | | |
| 1 | Guanylharnstoff | 2,375 | 3,565 | 3,650 | 4,700 | 5,300 | 7,600 |
| 2 | Metformin | 0,620 | 0,741 | 0,745 | 0,920 | 0,980 | 1,100 |
| 3 | Gabapentin | 0,298 | 0,471 | 0,440 | 0,670 | 0,835 | 0,930 |
| 4 | Pregabalin | < BG | 0,025 | < BG | 0,036 | 0,041 | 0,072 |
| 5 | Tramadol | < BG | 0,030 | 0,029 | 0,042 | 0,062 | 0,067 |
| 6 | Naproxen | < BG | < BG | < BG | < BG | 0,030 | 0,035 |
| 7 | FAA | 0,130 | 0,273 | 0,255 | 0,388 | 0,505 | 0,680 |
| 8 | AAA | 0,190 | 0,249 | 0,255 | 0,310 | 0,355 | 0,380 |

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 2 RKM (Amidotrizoesäure, Iopamidol) und der Beta-Blocker Metoprolol, während in Fröndenberg TCPP dazu kommt. Weiter ruhrabwärts treten mit einem weiteren Pharmaka, Carbamazepin, und 3 weiteren RKM insgesamt 8 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, kann Perfluoroctanoat (PFOA) und Perfluorbutanoat (PFBA) unterhalb der Lennemündung im Mittel nur unter der Bestimmungsgrenze detektiert werden (Tabelle 14.5).

Wie auch in den Vorjahren seit 2012 unterschreitet in den 4 Untersuchungen des Jahres 2015 die maximale Summenkonzentration aller 16 analysierten PFC den Wert von 0,1 µg/L deutlich (Bild 14.2). In 11 der 36 Einzelproben des Jahres 2015 werden für alle analysierten PFC keine Positivbefunde > BG festgestellt. Immer noch tragen vor allem die Verbindungen PFOA und PFOS zu der PFC-Summenkonzentration bei. Die maximale Summe der PFOA- und PFOS-Gehalte beträgt im Jahr 2015 0,027 µg/L.

Bei den RKM liegen die mittleren Konzentrationen oberhalb von Wickede fast immer unter der Bestimmungsgrenze, während ab Wickede Mediankonzentrationen über 0,1 µg/L zu finden sind (Tabelle 14.5). Iodierte Röntgenkontrastmittel nehmen im Ruhrverlauf in ihrer Konzentration zu. So liegen 2015 in Schwerte und weiter flussabwärts mittlere Konzentrationen von 5 RKM über 0,1 µg/L. Wie im Vorjahr werden 2015 für die RKM Iomeprol (2 Proben, Bochum und Essen) und Iopamidol (5 Proben, Wickede und Fröndenberg) in der Ruhr vereinzelt Konzentrationen über 1 µg/L im Oberflächenwasser gefunden.

Die Pharmaka, die erst 2015 in das Monitoring integriert und gleichzeitig häufig über der BG gefunden wurden, sind mit den Medianwerten für die einzelnen Probenahmeorte in Tabelle 14.6 zusammengestellt. Das Antidiabetikum Metformin, der Krampflöser Gabapentin sowie die Arzneimittel-Metabolite Guanylharnstoff, FAA und AAA treten bereits in Meschede im Oberstrom im Mittel über der Bestimmungsgrenze auf, wobei für Metformin, Gabapentin, Guanylharnstoff und AAA die Mediangehalte aus den 4 Bestimmungen hier bereits über 0,1 µg/L liegen. Für Guanylharnstoff wird bereits in Meschede ein Median von 3,2 µg/L ermittelt. Dieser Medianwert steigt im Ruhrverlauf bis auf 6 µg/L in Schwerte an, um danach wieder etwas abzunehmen. Guanylharnstoff-Einträge scheinen durch einen Abbau im Gewässer oder durch den Zustrom unbelasteten Wassers verringert zu werden. So sinkt zwischen Meschede und Arnsberg der Guanylharnstoff-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. Ob die gesamte Guanylharnstoff-Konzentration von der Transformation von Metformin herrührt, kann derzeit noch als fraglich angesehen werden. Als weitere mögliche Quelle wird der Umbau von Dicyandiamid, einem Nitrifikationshemmer in der

Tabelle 14.5: Ergebnisübersicht der Mediangehalte [$\mu\text{g/L}$] in den einzelnen Probenahmestellen ($k = 30$, Essen $k = 29$). Abkürzungen vgl. Tabelle 14.2. 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 14.5: Median concentrations [$\mu\text{g/L}$] in every sampling point ($k = 30$) abbreviations cf. table 14.2. 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 $< \text{BG}$ with $0,5 * \text{BG}$

| Merkmal | Median 07/08 – 10/15 [$\mu\text{g/L}$] | | | | | | | | |
|-----------------|--|-------------|---------|-------------|----------|-------|--------|-------|---------|
| | Probestelle | Bezeichnung | | | | | | | |
| | Meschede | Arnsberg | Wickede | Fröndenberg | Schwerte | Hagen | Bochum | Essen | Mülheim |
| TBP | <BG | <BG | 0,011 | 0,015 | 0,011 | <BG | <BG | <BG | <BG |
| TCEP | 0,015 | 0,019 | 0,022 | 0,019 | 0,042 | 0,027 | 0,046 | 0,045 | 0,029 |
| TCPP | 0,032 | 0,027 | 0,073 | 0,157 | 0,117 | 0,105 | 0,175 | 0,171 | 0,185 |
| TBEP | <BG | 0,010 | 0,051 | 0,060 | 0,066 | 0,052 | 0,069 | 0,071 | 0,063 |
| TDCPP | 0,026 | 0,020 | 0,019 | 0,018 | 0,019 | 0,015 | 0,027 | 0,027 | 0,025 |
| g-PFOA | 0,024 | 0,013 | 0,015 | 0,015 | 0,014 | <BG | <BG | <BG | <BG |
| g-PFOS | <BG | <BG | <BG | <BG | 0,013 | 0,016 | 0,016 | 0,015 | 0,013 |
| PFBA | <BG | <BG | 0,014 | 0,013 | 0,012 | <BG | <BG | <BG | <BG |
| g-PFBS | <BG | <BG | <BG | <BG | 0,012 | 0,015 | 0,016 | 0,015 | 0,013 |
| H4PFOS | <BG | <BG | <BG | <BG | <BG | 0,016 | 0,010 | <BG | 0,013 |
| Bezafibrat | <BG | <BG | 0,027 | <BG | 0,041 | 0,036 | 0,051 | 0,055 | 0,044 |
| Carbamazepin | 0,036 | 0,028 | 0,059 | 0,055 | 0,076 | 0,074 | 0,093 | 0,100 | 0,120 |
| Diclofenac | 0,088 | 0,034 | 0,059 | 0,061 | 0,110 | 0,060 | 0,082 | 0,082 | 0,090 |
| Metoprolol | 0,074 | 0,044 | 0,110 | 0,110 | 0,160 | 0,110 | 0,190 | 0,215 | 0,230 |
| Sotalol | 0,038 | <BG | 0,050 | 0,050 | 0,056 | 0,046 | 0,063 | 0,069 | 0,069 |
| Sulfamethoxazol | 0,040 | <BG | 0,043 | 0,042 | 0,059 | 0,051 | 0,069 | 0,083 | 0,089 |
| Sulfapyridin | <BG | <BG | <BG | <BG | 0,049 | 0,028 | 0,040 | 0,038 | 0,029 |
| Primidon | <BG | <BG | <BG | <BG | 0,027 | <BG | 0,027 | 0,032 | 0,037 |
| Amidotrizesäure | <BG | <BG | 0,180 | 0,200 | 0,280 | 0,330 | 0,440 | 0,465 | 0,510 |
| Iohexol | <BG | <BG | <BG | <BG | <BG | 0,078 | 0,190 | 0,190 | 0,480 |
| Iomeprol | <BG | <BG | 0,080 | 0,091 | 0,250 | 0,300 | 0,800 | 0,805 | 0,700 |
| Iopamidol | <BG | <BG | 0,630 | 0,690 | 0,590 | 0,350 | 0,420 | 0,440 | 0,610 |
| Iopromid | <BG | <BG | <BG | 0,066 | 0,063 | 0,150 | 0,170 | 0,185 | 0,160 |

Landwirtschaft und Ausgangsverbindung für chemische Prozesse in der Papier- und Textilindustrie, diskutiert [14.3 bis 14.6]. Für Metformin liegen die Mediankonzentrationen für den gesamten Ruhrverlauf zwischen ca. 0,6 und 0,9 $\mu\text{g/L}$ (Tabelle 14.6). Auch die Konzentrationen an einzelnen Probenahmetagen zeigen nur geringe Veränderungen im Lauf der Ruhr (Bild 14.3). Gabapentin zeigt längs des Verlaufs der Ruhr eine weitgehend beständige Zunahme der Konzentration zwischen 0,2 und 0,9 $\mu\text{g/L}$, wobei sowohl in Arnsberg als auch in Hagen die Gehalte gegenüber den jeweiligen oberstromigen Probenahmestellen geringfügig abnehmen (Bild 14.4). Dies deutet ebenfalls einen Abbau oder eine Verdünnung im Gewässer an. Die Metamizol-Metaboliten FAA und AAA weisen im Ruhrverlauf Gehalte zwischen 0,04 und 0,7 bzw. 0,09 und 0,4 $\mu\text{g/L}$ auf.

Bei den übrigen Pharmaka werden wie in den Vorjahren für drei Pharmaka, Carbamazepin, Diclofenac und Metoprolol, an allen Probenahmestellen Mediangehalte über der Bestimmungsgrenze ermittelt (Tabelle 14.5). Mediangehalte über 0,1 $\mu\text{g/L}$ treten für Arzneimittel jedoch außer für Metoprolol selten auf. Im Jahr 2015 zeigen die 3 vorgenannten Verbindungen die meisten Befunde $> \text{BG}$ 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.

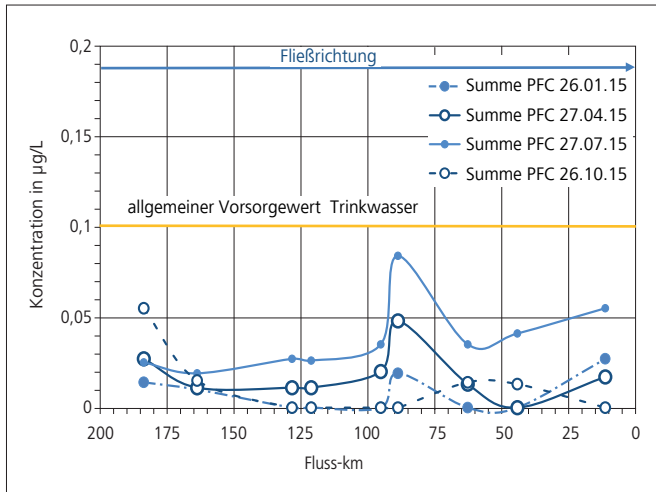


Bild 14.2: Summierte Konzentrationen per- und polyfluorierter Verbindungen in Untersuchungen des Oberflächenwassers im Jahr 2015 im Ruhrlängsverlauf

Fig. 14.2: Concentration sum of PFC in the 2015 analyses in the river Ruhr (surface water)

In den Jahren 2007 bis 2014 wurden viele der in diesem Monitoring-Programm auffälligen Substanzen mit ähnlichen Konzentrationen bei Untersuchungen der AWWR-Mitgliedsunternehmen, des Ruhrverbands sowie des Landesamts für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz NRW in der Ruhr gefunden [14.7 bis 14.11].

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 [14.12, 14.13]. Eine Zusammenstellung der entsprechenden GOW und LW für die betrachteten Substanzen gibt

[14.3] 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)

[14.4] Hallinger, S.; Wallnöfer, P. R.; Goldbach, H.; Amberger, A.: Several aspects of bacterial dicyandiamide degradation.- Naturwissenschaften 77, 332-334 (1990)

[14.5] Kümmerer, K.; Schuster, A.; Längin, A.; Happel, O.; Thoma, A.; Schneider, K.; Hassauer, M.; Gärtner, S.; Hafner, C.: Identifizierung und Bewertung ausgewählter Arzneimittel und ihrer Metaboliten (Ab- und Umbauprodukte) im Wasserkreislauf.- UBA-Texte 46/2011, 195 S. (2011)

[14.6] ter Laak, T.; Baken, K.: The occurrence, fate and ecological and human health risks of metformin and guanilurea in the water cycle - A literature review.- KWR Watercycle Research Institute, Nieuwegein, 24 S. (2014)

[14.7] 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).

[14.8] Ruhrverband: Organische Mikroverunreinigungen in der Ruhr. In: Ruhrverband & AWWR (Hg.): Ruhrgütebericht 2013. Mülheim, Essen, 85-99 (2014).

[14.9] Ruhrverband: Organische Mikroverunreinigungen in der Ruhr. In: Ruhrverband & AWWR (Hg.): Ruhrgütebericht 2014. Mülheim, Essen, 80-95 (2015).

[14.10] Ruhrverband: Die PFT-Situation im Jahr 2009. In: Ruhrverband & AWWR (Hg.): Ruhrgütebericht 2009. Schwerte, Essen, 91-98 (2010).

[14.11] LANUV (Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz Nordrhein-Westfalen, 2011): Verbreitung von PFT in der Umwelt. LANUV-Fachbericht 34, Recklinghausen, 115 S..

[14.12] 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/trinkwassertoxikologie/grenzwerte_leitwerte.pdf (2011)

[14.13] 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

Tabelle 14.6: Ergebnisübersicht der Mediangehalte [µg/L] in den einzelnen Probenahmestellen, Monitoringbeginn 2015 (k = 4). Abkürzungen vgl. Tabelle 14.2. 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 14.6: Median concentrations [µg/L] in every sampling point, start of monitoring 2015 (k = 4). 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 < BG with 0,5 * BG

| Merkmal | Median 2015 (k = 4) [µg/L] | | | | | | | | |
|-----------------|----------------------------|----------|---------|-------------|----------|-------|--------|-------|---------|
| | Meschede | Arnsberg | Wickede | Fröndenberg | Schwerte | Hagen | Bochum | Essen | Mülheim |
| Guanylharnstoff | 3,200 | 1,500 | 3,500 | 3,400 | 5,850 | 3,100 | 5,050 | 4,500 | 3,100 |
| Metformin | 0,630 | 0,650 | 0,570 | 0,655 | 0,770 | 0,870 | 0,840 | 0,875 | 0,825 |
| Gabapentin | 0,260 | 0,155 | 0,315 | 0,315 | 0,435 | 0,475 | 0,755 | 0,785 | 0,820 |
| Pregabalin | <BG | <BG | <BG | <BG | 0,039 | 0,029 | 0,041 | 0,035 | 0,037 |
| Tramadol | <BG | <BG | <BG | <BG | 0,039 | 0,034 | 0,052 | 0,052 | 0,046 |
| FAA | 0,097 | 0,066 | 0,190 | 0,185 | 0,335 | 0,305 | 0,460 | 0,390 | 0,475 |
| AAA | 0,180 | 0,120 | 0,245 | 0,245 | 0,330 | 0,285 | 0,285 | 0,290 | 0,245 |

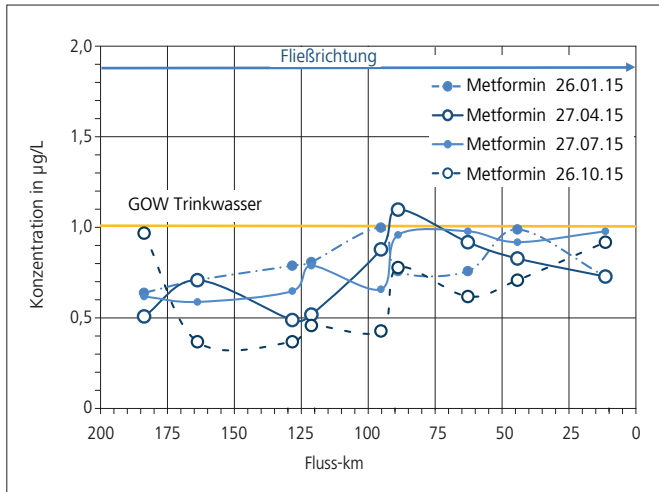


Bild 14.3: Konzentrationen von Metformin im Ruhrlängsverlauf bei den Probenahmen im Jahr 2015
 Fig. 14.3: Concentrations of Metformin in the 2015 analyses in the river Ruhr (surface water)

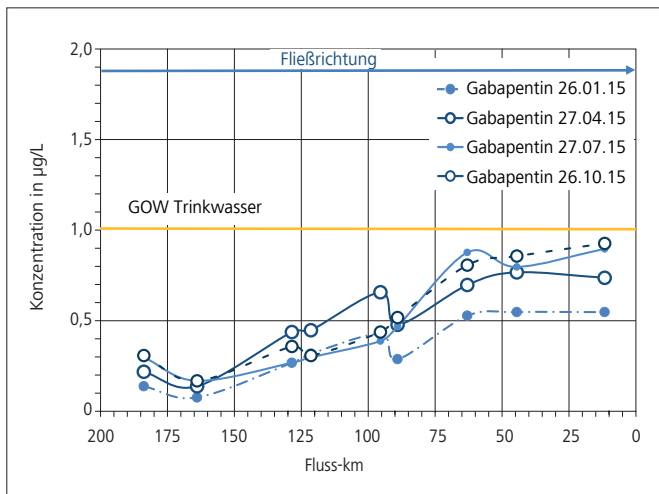


Bild 14.4: Konzentrationen von Gabapentin im Ruhrlängsverlauf bei den Probenahmen im Jahr 2015
 Fig. 14.4: Concentrations of Gabapentin in the 2015 analyses in the river Ruhr (surface water)

Tabelle 14.7. 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.

Im Jahr 2015 wurden die GOW und LW bereits im nicht aufbereiteten Oberflächenwasser für die meisten Untersuchungsparameter mit Ausnahme von Iopamidol, Metformin und Guanylarnstoff unterschritten. Während für Iopamidol und Metformin nur vereinzelte Überschreitungen des GOW von 1 µg/L festgestellt wurden, überschritt die Oberflächenwasserkonzentration von Guanylarnstoff 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 [14.14].

Die gesundheitlichen Orientierungs- und Leitwerte wurden für per- und polyfluorierte Verbindungen im Oberflächenwasser im Jahr 2015 maximal zu 12 % für eine Einzelsubstanz (H4PFOS) erreicht. Der maximale Bewertungsquotient für die Summe aller PFC lag 2015 bei 0,18 (Summenbildung in Anlehnung an TRGS 402 [14.15]). Für die Arzneimittel Carbamazepin und Diclofenac wurden für die Oberflächenwasserkonzentrationen

Tabelle 14.7: Zusammenstellung von gesundheitlichen Orientierungswerten (GOW) und Leitwerten (LW) zur Bewertung von Stoffen im Trinkwasser. Abkürzungen vgl. Tabelle 14.2, n.v. – nicht vorhanden

Table 14.7: Health oriented values (GOW) and guidance values (LW) for the assessment of substances occurring in drinking water. Abbreviations cf. table 14.2. 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 [µg/L] | LW [µg/L] |
|-------------------|------------|-----------|
| TCPP | 1 | 20 |
| PFOA | n.v. | 0,3 |
| PFOS | n.v. | |
| PFBA | n.v. | 7 |
| PFBS | 3 | n.v. |
| PFPA | 3 | n.v. |
| PFPS | 1 | n.v. |
| PFHxA | 1 | n.v. |
| PFHxS | 0,3 | n.v. |
| PFHpA | 0,3 | n.v. |
| H4PFOS | 0,3 | n.v. |
| PFHpS | 0,3 | n.v. |
| Carbamazepin | 0,3 | 3 |
| Clofibrat | 3 | n.v. |
| Diclofenac | 0,3 | 1,75 |
| Gabapentin | 1 | n.v. |
| Guanylarnstoff | 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. |
| Amidotrizoensäure | 1 | n.v. |
| Iopamidol | 1 | n.v. |

trationen im Jahr 2015 Bewertungsquotienten (GOW) von 0,4 bzw. 0,67 erreicht. Der entsprechende Wert für das Flamm- schutzmittel TCPP lag bei 0,45.

Abflussbetrachtung

Für die Betrachtung des Ruhrabflusses an den Probenahme- stellen werden Abflusspegel einbezogen, die in der Nähe der Probenahmestellen liegen. Die Abflusspegel liegen zwischen 2 und 15 km von den Probenahmestellen entfernt (Tabelle 14.1). Die mittleren Abflüsse im gesamten Probenahmezeitraum zwi- schen Juli 2008 und Dezember 2015 fallen niedriger aus als die langjährigen Mittelwerte. Die mittleren Abflüsse des Jahres 2015 unterschreiten diesen 7,5-jährigen Mittelwert nochmals.

Die Tagesabflüsse an den Probenahmeterminen im Jahr 2015 betragen zwischen 26 und 108 % des langjährigen mittleren Abflusses (MQ) an den berücksichtigten Pegeln, wobei bei der Probenahme im Januar 2015 ungefähr mittlere Abflussverhält- nisse vorherrschten, während bei den 3 anderen Probenah- men in der Regel nur 50 % des MQ angetroffen wurden. Bei niedrigen Abflüssen in der Ruhr wird die Beschaffenheit des Oberflächenwassers stärker durch den Zufluss gereinigten Ab- wassers geprägt als bei hohen. Da alle in diesem Monitoring betrachteten Spurenstoffe – mit Ausnahme von PFOA – vor allem mit dem gereinigten Abwasser in das Fließgewässer ein- getragen werden, ist eine sehr gute Korrelation zwischen Ab- fluss und Konzentration zu erwarten. Diese lässt sich jedoch nur ausnahmsweise bestätigen.

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, führen in der Regel durch die stärkere Zu- nahme des Abflusses nicht zu Frachtreduzierungen (Tabellen 14.8 und 14.9). Bei der Berechnung der Tagesfrachten werden Konzentrations-Befunde < 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 Untersu- chungsspektrums im Jahr 2015 werden jedoch für einige Arz- neimittel und Metabolite bereits in den oberstromigen Mess- stellen mittlere Tagesfrachten über 40 g/d beobachtet (Tabelle 14.9). Ab Wickede ruhrabwärts nehmen die Untersuchungs- parameter zu, bei denen die mittlere Tagesfracht je Einzelstoff 100 g/d übersteigt. In Mülheim sind dies dann 22 von 29 rele- vanten Stoffen.

Außer für verschiedene RKM werden im Jahr 2015 für Metfor- min, Guanylarnstoff, Gabapentin und FAA mittlere Tages- frachten über 1 kg/d in Bochum und unterhalb gefunden. Be- reits in Wickede wird im Mittel mehr als 1 kg/d Guanylarn- stoff beobachtet. In Schwerte tritt Metformin und in Hagen

Gabapentin, Amidotrizoesäure und Iopamidol in dieser Klasse hinzu (Tabellen 14.8 und 14.9). Im Gegensatz dazu liegen mittlere Tagesfrachten für einzelne PFC unter 100 g/d.

Aus den jährlichen 4 Probenahmen und den ermittelten Tages- frachten kann der Transport während des gesamten Jahres geschätzt werden. In Bild 14.5 werden die geschätzten Jahres- frachten für ausgewählte Stoffe in Schwerte und Mülheim und die Jahre 2009 und 2015 miteinander verglichen. Bei den PFC werden niedrige Jahresfrachten ermittelt, die teilweise deutlich unter 10 kg/a je Einzelsubstanz liegen. Im Jahr 2015 kann als höchste Jahresfracht bei den per- und polyfluorierten Verbindungen für H4PFOS in Mülheim ein Wert von ca. 32 kg/a ab- geleitet werden. Im Vergleich der Jahre 2009 und 2015 sind für PFC-Verbindungen so starke Abnahmen der Jahresfrachten zu verzeichnen, dass die Werte für 2015 kaum noch darstell- bar sind.

Für das Flammschutzmittel TCPP steigt die Jahresfracht von ca. 80 kg/a in Schwerte auf etwa 270 kg/a in Mülheim. Bei den relevanten Pharmaka ist ebenfalls eine Zunahme von etwa 20 bis 100 kg/a in Schwerte auf ca. 90 bis 500 kg/a in Mülheim zu verzeichnen. Einzelne RKM (Iomeprol, Iopamidol) werden mit ca. 1.000 kg/a in der Ruhr bei Mülheim abgeschätzt. Für die Stoffe, die im Jahr 2015 in das Monitoring aufgenommen wurden, fallen Metformin, Guanylarnstoff und Gabapentin mit abgeschätzten Jahresfrachten über 1.000 kg/a auf.

Im Vergleich der Jahre 2009 und 2015 werden für einige Stoffe in Schwerte Jahresfrachten in sehr ähnlichen Größen- ordnungen ermittelt (Carbamazepin, Sulfamethoxazol und Amidotrizoesäure). Für die Stoffe TCPP, Diclofenac, Metopro- lol, Iomeprol und Iopamidol werden in Schwerte steigende Jahresfrachten im Vergleich der beiden Jahre festgestellt. In Mülheim werden für TCPP, Diclofenac, Metoprolol und Iome- prol im Vergleich der Jahre ebenfalls geringe Frachtzunahmen beobachtet, während die Jahresfrachten für Carbamazepin, Sotalol, Sulfamethoxazol, Amidotrizoesäure und Iopamidol abnehmen.

Zusammenfassung

Mit den Proben im Jahr 2015 wurde im Monitoring auf orga- nische Spurenstoffe das Oberflächenwasser der Ruhr an 9 Probenahmestellen insgesamt 30 Mal (in Essen 29 Mal) un- tersucht. Das Untersuchungsspektrum wurde 2015 von 42 auf 60 Substanzen aus den Stoffgruppen per- und polyfluorierte Kohlenstoffverbindungen und ausgewählte Humanpharmaka erweitert. Zusätzlich wurden wie bisher phosphororganische

[14.14] Wasserwerke Westfalen: Trinkwasseranalyse - Stand Mai 2016; <http://www.wasserwerke-westfalen.de/wasser/trinkwasserqualitaet/>

[14.15] TRGS (Technische Regeln für Gefahrstoffe): TRGS 402 – Ermitteln und Beurteilen der Gefährdungen bei Tätigkeiten mit Gefahrstoffen: Inhalative Exposition.- GMBI. 2010 (12), 231-253 (2010).

Tabelle 14.8: Ergebnisübersicht der Mediane von Tagesfrachten [g/d]. Abkürzungen vgl. Tabelle 14.2. 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 14.8: Median of daily loads [g/d]. Abbreviations cf. table 14.2. 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

| Median Tagesfracht [g/d] 07/08 – 10/15 | | | | | | | | |
|--|------------------|----------|---------|----------|-------|--------|-------|---------|
| Stoff | Probenahmestelle | | | | | | | |
| | Meschede | Arnsberg | Wickede | Schwerte | Hagen | Bochum | Essen | Mülheim |
| TCEP | 6 | 14 | 36 | 56 | 77 | 192 | 140 | 106 |
| TCPP | 12 | 21 | 109 | 142 | 403 | 535 | 572 | 635 |
| TBEP | 0 | 3 | 73 | 114 | 178 | 202 | 273 | 222 |
| TDCPP | 10 | 14 | 25 | 26 | 49 | 85 | 83 | 90 |
| g-PFOA | 11 | 10 | 22 | 22 | | | | |
| g-PFOS | | | | 20 | 56 | 61 | 40 | 43 |
| g-PFBS | | | | 10 | 43 | 50 | 48 | 39 |
| H4PFOS | | | | | 61 | 36 | | 36 |
| Bezafibrat | | | 14 | 39 | 85 | 160 | 153 | 163 |
| Carbamazepin | 15 | 16 | 71 | 88 | 216 | 294 | 317 | 376 |
| Diclofenac | 35 | 25 | 94 | 125 | 211 | 293 | 319 | 382 |
| Metoprolol | 29 | 29 | 152 | 172 | 381 | 628 | 723 | 793 |
| Sotalol | 16 | | 60 | 68 | 114 | 191 | 199 | 219 |
| Sulfamethoxazol | 15 | | 53 | 74 | 143 | 244 | 241 | 286 |
| Sulfapyridin | | | 15 | 54 | 76 | 117 | 114 | 98 |
| Primidon | | | | 21 | 24 | 73 | 87 | 113 |
| Amidotrizoensäure | | | 240 | 356 | 1.043 | 1.509 | 1.492 | 1.683 |
| Iohexol | | | | 18 | 260 | 610 | 631 | 1.840 |
| Iomeprol | | | 97 | 288 | 897 | 2.560 | 2.772 | 3.214 |
| Iopamidol | | | 882 | 673 | 1.283 | 1.523 | 1.529 | 2.365 |
| Iopromid | | | | 74 | 456 | 670 | 707 | 719 |

Tabelle 14.9: Ergebnisübersicht der Mediane-Tagesfrachten [g/d] für relevante Substanzen, die ab dem Jahr 2015 in das Monitoring eingebunden sind. Abkürzungen vgl. Tabelle 14.2. 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 14.9: Median of daily loads [g/d] for substances, which are surveyed first in 2015. Abbreviations cf. table 14.2. 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

| Median Tagesfracht [g/d] 2015 | | | | | | | | |
|-------------------------------|------------------|----------|---------|----------|--------|--------|--------|---------|
| Stoff | Probenahmestelle | | | | | | | |
| | Meschede | Arnsberg | Wickede | Schwerte | Hagen | Bochum | Essen | Mülheim |
| Guanylharnstoff | 944 | 773 | 4.632 | 9.711 | 11.242 | 11.361 | 14.881 | 6.784 |
| Metformin | 189 | 329 | 677 | 1.172 | 3.256 | 3.013 | 2.820 | 2.728 |
| Gabapentin | 79 | 77 | 406 | 703 | 1.437 | 2.451 | 2.559 | 2.653 |
| Pregabalin | | | | 48 | 68 | 116 | 70 | 120 |
| Tramadol | 3 | | 12 | 46 | 89 | 144 | 114 | 132 |
| Oxazepam | | | | | | 29 | 26 | 29 |
| FAA | 40 | 44 | 248 | 455 | 773 | 1.397 | 1.513 | 1.574 |
| AAA | 68 | 78 | 299 | 501 | 879 | 938 | 917 | 818 |

Flammschutzmittel sowie Röntgenkontrastmittel untersucht.

Soweit gesundheitliche Orientierungswerte für einzelne Stoffe als Vorsorgewerte für den menschlichen Trinkwassergenuss formuliert wurden, werden diese zumeist bereits im nicht aufbereiteten Oberflächenwasser eingehalten. Lediglich bei Röntgenkontrastmitteln, Metformin und Guanylarnstoff werden diese Vorsorgewerte im Oberflächenwasser mehrfach überschritten.

Insgesamt 23 Verbindungen aus allen Stoffgruppen wurden bisher entweder gar nicht oder nur vereinzelt im Oberflächenwasser gefunden. Mittlere Konzentrationen übersteigen nur für TCP, 3 RKM, Metoprolol, Metformin und Gabapentin sowie die Metabolite Guanylarnstoff, FAA und AAA den Wert von 0,1 µg/L. Die Muster der Befunde in den verschiedenen Monitoringabschnitten zwischen 2008 und 2015 sind bei vielen Stoffgruppen sowohl hinsichtlich der Auftretenshäufigkeit als auch hinsichtlich der gefundenen Konzentrationshöhen einander ähnlich. Für PFC werden dagegen ab 2012 in immer geringerem Maße Konzentrationen über der Bestimmungsgrenze von 0,01 µg/L festgestellt. Unter den neu in das Monitoring aufgenommenen Stoffen fallen vor allem Metformin, Gabapentin und die Metabolite Guanylarnstoff, FAA und AAA mit Konzentrationen auf, die an fast allen Probenahmestellen häufig den Wert von 0,1 µg/L während aller Probenahmen im Jahr 2015 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 Guanylarnstoff und ab Schwerte zusätzlich für Metformin beobachtet. Unterhalb der Lennemündung bei Hagen treten dann mehrere RKM und Gabapentin sowie schließlich auch der Metabolit N-Formylaminoantipyrin (FAA) in dieser Klasse hinzu.

Die Schätzungen der Jahresfrachten ergeben für alle untersuchten PFC Summen-Werte zwischen 2 und 50 kg/a. Für alle Flammschutzmittel werden Jahresfrachten zwischen 20 und 410 kg/a ermittelt, während die Jahresfrachten für alle untersuchten Pharmaka mit Werten zwischen 0,5 und ca. 10 t/a abgeschätzt werden (jeweils als Summen-Werte für die Stoffgruppen).

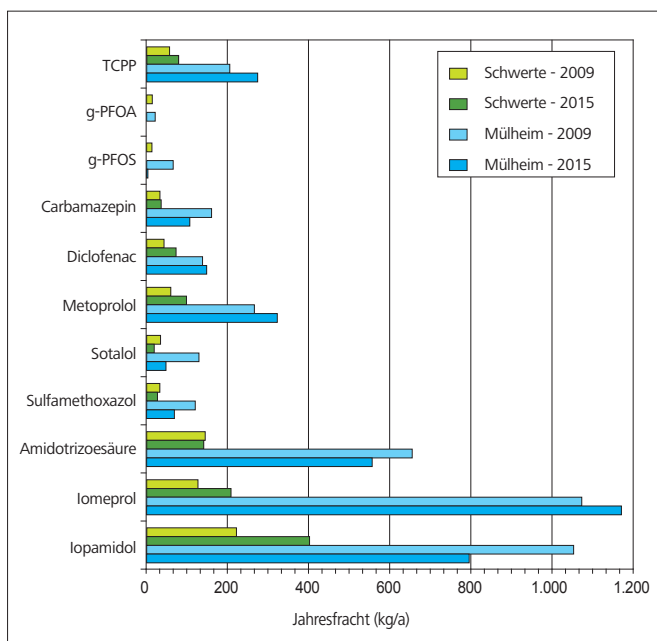


Bild 14.5: Geschätzte Jahresfrachten ausgewählter Verbindungen im Oberflächenwasser der Ruhr im Vergleich der Jahre 2009 und 2015 und der Probenahmestellen Schwerte und Mülheim
 Fig. 14.5: Estimated annual loads for selected substances in comparison between 2009 and 2015 and between the sampling points Schwerte and Mülheim

15 Einbindung eines Non-Target-Screenings in die Routineuntersuchung von Wasserproben auf Spurenstoffe

Elke Redeker, Dr. Claus Schlett, Martin Wittchen,
Westfälische Wasser- und Umweltanalytik GmbH

Durch die Fortschritte in der chemischen Analytik sind die Analysetechniken grundsätzlich vielfältiger geworden. Während bis um 1980 noch sehr intensiv die klassischen Verfahren wie Gravimetrie, Fotometrie, Dünnschichtchromatographie und auch schon die Gaschromatographie (GC) mit den typischen Detektoren wie Elektroneneinfangdetektor (ECD), Flammenionisationsdetektor (FID) oder Wärmeleitfähigkeitsdetektor (WLD) zum Einsatz kamen, haben sich in den letzten Jahren die Möglichkeiten der Flüssigkeitschromatographie (LC) sehr stark erweitert. Durch die Weiterentwicklung der massenspektrometrischen Nachweismöglichkeiten und die Anwendung einer hochauflösenden Detektion (HRMS) ist man heute in der Lage, Stoffeinträge im ng/l-Bereich und darunter zu messen. Erst durch diese Entwicklung war es möglich, Substanzklassen wie Pflanzenschutz- und Schädlingsbekämpfungsmittel, Arzneistoffe, Biozide, Flammschutzmittel, Kosmetika, Umweltstoffe sowie deren Transformationsprodukte in sehr geringen Konzentrationen zu erfassen.

In den letzten Jahren haben sich in einigen Wasserlaboratorien zunehmend neue Untersuchungsmethoden auf Basis der Gaschromatographie und Flüssigkeitschromatographie für Oberflächenwässer, Grund- und Trinkwässer etabliert, die zusätzlich zu der Untersuchung auf vorgegebene „Zielkomponenten“ (Target) unter die Begriffe Suspect-Target- oder Non-Target-Screening eingeordnet werden können. Bei diesen hochspezialisierten Verfahren ist die rein chemisch-analytische Tätigkeit mit den konventionellen Arbeiten zur Quantifizierung nicht mehr ausreichend, sondern bedarf aufgrund der enormen Datenmengen einer intensiven statistischen Nacharbeit.

Zumindest für das Suspect- und das Non-Target-Screening ist ein hochauflösendes Massenspektrometer (HRMS) als Nachweiseinheit zwingend erforderlich. Als chromatographische Trennmethode hat sich die Flüssigkeitschromatographie als universell einsetzbar erwiesen. Durch die Kopplung der beiden Analysenschritte (LC-HRMS-System) lassen sich mit nur ein bis zwei Messungen im Vergleich zu den bisher eingesetzten Analyseverfahren sehr viel mehr unterschiedliche Stoffgruppen und vielfältigere Informationen über die Zusammensetzung einer Probe erfassen und sichern. Die mit LC-HRMS aufgenommenen Daten ermöglichen einen Nachweis von Spurenstoffen, also Komponenten im Bereich von ng/l bis µg/l. Ein Analysenlauf kann nach unterschiedlichen Fragestellungen ausgewertet werden:

- als Target-Screening, evtl. mit einer semiquantitativen Bestimmung (SQ)
- als Suspect-Target-Screening (STS), um nach vielen möglichen Komponenten gleichzeitig zu suchen, und
- als Non-Target-Screening (NTS), bei dem die Peaks evtl. noch nicht näher bekannter Substanzen im Fokus der Auswertung stehen.

Wenn das Vorkommen einer Substanz in Proben nachträglich von Interesse ist, kann eine Auswertung im Bereich STS oder NTS auch rückwirkend erfolgen, vorausgesetzt es wurden zu der Zeit entsprechende Messdaten aufgenommen.

„Mit Non-Target kann man alles erfassen!“ ... oder?

Die Messung mit LC-HRMS ist sowohl durch die Möglichkeiten der Chromatographie, als auch insbesondere durch die Ionisierbarkeit der Substanzen begrenzt. Durch eine Messung in zwei verschiedenen Ionisierungsmodi – Positiv- und Negativ-Modus – wird die Anzahl an erfassbaren Komponenten erweitert.

Der Vorteil eines hochauflösenden Massenspektrometers (in vielen Fällen vom Typ Time-of-Flight, ToF) liegt darin, dass beliebig viele Massen simultan erfasst werden können und die Anzahl der Massen – und damit der Substanzen – nicht, wie bei der bisher sehr häufig eingesetzten MS/MS-Technik, begrenzt ist. Zudem ist die Erfassbarkeit von Komponenten im Gegensatz zur konventionellen MS/MS-Technik nicht durch eine Vorauswahl von für eine Substanz typischen Massenfragmenten festgelegt und begrenzt. Trotzdem können durch die Möglichkeit der Messtechnik zusätzlich vollständige Fragmentenspektren (Massenspektren mit allen charakteristischen Fragmenten einer Substanz) einzelner Massen bzw. Substanzen erfasst werden, oft bis in den ng/l-Konzentrationsbereich.

Vorbereitung und Messprinzip

Die Anforderungen an die Analytik mittels LC-HRMS unterscheiden sich in Hinblick auf die Probenvorbereitung, Datenverarbeitung und Qualitätssicherung aller Daten deutlich von den bisher üblichen Analyseverfahren, auch unter Einbeziehung der Massenspektrometrie. Daher werden die Verfahrensschritte entsprechend der Arbeitsweise bei der Westfälischen Wasser- und Umweltanalytik (WWU) im Folgenden kurz skizziert.

Probenvorbereitung

Jede Form einer Probenvorbereitung ist als Quelle eines ungewollten Substanzeintrags zu sehen oder kann zum Verlust von in der Probe enthaltenen Substanzen führen. Der Verzicht auf jegliche Art der Probenvorbereitung reduziert die Möglichkeit einer Veränderung der Probe durch die Vorbereitungsschritte. Die Proben werden daher lediglich abgefüllt und zur Abtrennung von Partikeln gegebenenfalls zentrifugiert.

Messtechnik

Nach der Injektion der Probe auf einem LC-HRMS-System werden im Anschluss an eine chromatographische Trennung die erfassbaren Komponenten im Positiv- oder Negativ-Modus ionisiert und detektiert.

Unter den in einem Labor optimierten Bedingungen werden bei der Datenaufnahme mehrmals pro Sekunde alle Massen im Bereich 100 bis 1200 g/mol erfasst und mehrfach Fragmentenspektren von den mit zunehmender Intensität auftretenden Massen aufgenommen.

Qualitätssicherung

Ein wesentlicher Schritt der Datenaufnahme sind geeignete Qualitätssicherungsmaßnahmen als Garantie für die Funktionsweise des Systems und verlässliche und reproduzierbare Ergebnisse, da bei der Suspect-Target- und Non-Target-Analytik im Prinzip auf die Anwendung von Kalibrierlösungen verzichtet wird und so das System nicht auf seine Funktionsfähigkeit kontrolliert werden kann. Um den geeigneten Messzustand zu garantieren und diesen nachzuweisen, werden – neben dem Einsatz von isotoptenmarkierten internen Standards und einer Blindwertkontrolle – Referenzlösungen genutzt, z. B. mit einer Auswahl von Pflanzenschutzmitteln oder Arzneistoffen. Dieser Kontrollstandard enthält bei der WWU zurzeit 58 Komponenten.

Durch diese Messung wird exemplarisch überprüft und sichergestellt, dass das System in der Lage ist, grundsätzlich eine Vielzahl von Komponenten chromatographisch zu erfassen und zu trennen. Gleichzeitig wird die Empfindlichkeit des Systems geprüft, die z. B. durch den Einfluss von Begleitstoffen aus den Proben abnehmen kann. Die korrekte Messung der Substanzen in der verwendeten Referenzlösung zeigt, dass das Analysensystem messbereit ist und auch während längerer Messreihen nicht signifikant an Empfindlichkeit verliert.

Auswertung

Die Messtechnik LC-HRMS liefert in einem Lauf umfassende Informationen über die Zusammensetzung einer Wasserprobe. Sowohl die Menge bekannter Substanzen, die Anzahl vermutter Substanzen und die Art unbekannter Substanzen werden zeitgleich erfasst. Damit stehen dauerhaft umfangreiche Informationen über die Zusammensetzung der Probe zur Verfügung. Die Auswertung in den drei Bereichen Target, Suspect-Target oder Non-Target kann jederzeit erfolgen und bei Bedarf (z. B. Erweiterung der eingesetzten Datenbanken oder aktuellen Fragestellungen) wiederholt werden.

Für alle Auswertungen wird der umfangreiche Datensatz („TIC“) entsprechend den Anforderungen (SQ, STS oder NTS) aufgearbeitet, indem einzelne Massen über den zeitlichen Verlauf als separate Chromatogramme dargestellt werden („XIC“). Eine in der Probe enthaltene, messbare Substanz zeigt im

Chromatogramm der zugehörigen Masse eine erhöhte Signalintensität zu einer spezifischen Retentionszeit („Peak“). Meist liegt zu einem Chromatogramm, das einen Peak enthält, auch ein automatisch aufgenommenes Fragmentspektrum vor.

Für die Auswertung der Daten können zwei unterschiedliche Ansätze zum Einsatz kommen. Dabei werden die Fragen nach der Masse und dem Vorhandensein eines Peaks in unterschiedlicher Reihenfolge beantwortet:

- Für das Target- und Suspect-Target-Screening sind die gesuchten Massen bereits bekannt. Die zugehörigen Chromatogramme werden extrahiert, dargestellt und anschließend darauf hin untersucht, ob sie Peaks enthalten oder ob die Substanzen nicht, d. h. unterhalb der Nachweisgrenze, vorhanden sind. Bei der Quantifizierung (Target) wird zusätzlich auch noch die Fläche des Peaks ermittelt.
- Beim Non-Target-Screening wird zunächst eine Peak-Erkennung für jede einzelne Masse im gesamten Messbereich durchgeführt. Nur die Chromatogramme, in denen ein Peak gefunden wird, werden dargestellt und die zugehörigen Massen und Retentionszeiten werden tabellarisch aufgelistet. Diese Liste von Massen kann dann zur weiteren Auswertung verwendet werden.

Target- und Semiquantitative Analytik (SQ)

Die Auswertung und Interpretation der Daten kann im Bereich der Target-Analytik nahezu ebenso erfolgen wie bei den klassischen Methoden (LC-MS, LC-DAD, etc.). Die Proben werden auf bekannte Substanzen untersucht, welche mittels Referenzsubstanzen meist bis zu einer Bestimmungsgrenze von 0,03 µg/l quantifiziert werden können. Bei der semiquantitativen Auswertung werden ebenfalls Referenzsubstanzen eingesetzt. Im Gegensatz zur konventionellen Messtechnik können aber deutlich mehr Komponenten in einem Analysenlauf erfasst werden. Das Labor der Westfälischen Wasser- und Umweltaanalytik (WWU) führt semiquantitative Messungen mit Standards von ca. 250 Komponenten aus dem Bereich der Pflanzenschutzmittel, Arzneistoffe, Umweltchemikalien, etc. durch. Durch die hohe Anzahl an Komponenten in einem Lauf und den Messmodus werden zwar nicht immer Bestimmungsgrenzen von 0,03 µg/l erreicht. Dennoch kann mit deutlich geringerem Aufwand eine schnelle Aussage über Stoffeinträge bzw. einen Abwesenheitsnachweis für Substanzen im Bereich von $\geq 0,1$ µg/l erzielt werden, was z.B. für nicht bewertete bzw. nicht bewertbare Substanzen im Sinne der UBA-Empfehlung von großer Bedeutung sein kann. Der Begriff der „semiquantitativen Auswertung“ begründet sich darin, dass die Messgenauigkeiten etwas niedriger ausfallen können als bei der konventionellen Target-Analytik. Sie sind jedoch ausreichend, um Einträge und Trends sicher erfassen zu können.

Suspect-Target-Screening (STS)

Für die Auswertung des Suspect- oder Non-Target-Screenings bedarf es aufgrund der großen Datenmenge spezieller Software. Für diese qualitative Analytik werden zunächst keine Referenzsubstanzen benötigt.

Für das STS ist eine zuvor erstellte Stoffliste mit Namen und Summenformeln der Substanzen erforderlich. Aus den Summenformeln wird die exakte Masse errechnet, die dann für die Extraktion der Chromatogramme verwendet wird. Solche Stofflisten sind zum Teil im Internet (z. B. aus Stoffident) oder als Spektrenbibliotheken verfügbar. Dennoch muss jedes Labor diese Stoffliste gegebenenfalls um die in einem Einzugsgebiet relevanten Stoffe ergänzen. Die Liste der WWU enthält ca. 4300 Komponenten aus den Bereichen Pflanzenschutzmittel (ca. 1000 Komponenten), Arzneistoffe (ca. 1800 Komponenten), Umweltchemikalien (z. B. Melamin) aber auch Drogen und Genussmittel (z. B. Methadon, Süßstoffe, etc.)

Zur vorläufigen Identifizierung einer Substanz im STS gibt es mehrere Kriterien:

- Zunächst muss die gemessene exakte Masse einer vermuteten Substanz mit der berechneten Molekülmasse aus der Liste übereinstimmen. Geringe Abweichung kann durch die empfindliche Messtechnik entstehen. Höhere Abweichungen sind ein Indiz dafür, dass es sich vielleicht nicht um vermeintliche Komponenten handelt.
- Das Isotopenmuster, eine typische Eigenschaft von Molekülen, kann immer ausgewertet werden, wenn eine Summenformel bekannt ist. Summenformeln, die nur die Elemente C, H, N, O enthalten, haben meist kein spezifisches Isotopenmuster, sodass die Aussagekraft für eine Bestätigung der Substanz eher gering ist.
- Wurde von der Substanz ein Fragmentspektrum aufgenommen, kann ein vermeintliches Vorkommen einer Substanz durch den Abgleich mit einer Spektrenbibliothek bestätigt werden, sofern die vermutete Substanz in der Bibliothek enthalten ist. Besonders bei noch wenig bekannten Substanzen oder Transformationsprodukten ist nur selten ein Bibliotheksspektrum verfügbar. Die Erstellung eigener Bibliotheken ist möglich, erfordert aber die kommerzielle Verfügbarkeit der Referenzsubstanz.
- Die Retentionszeit ist ein weiteres wichtiges Kriterium zur Bestätigung von Substanzen. Sie ist allerdings nur dann bekannt, wenn die entsprechende Referenzsubstanz gemessen werden kann. Für eine erste Plausibilitätskontrolle kann die Größenordnung der Retention aufgrund der Eigenschaften der Substanz abgeschätzt werden.

Letztendlich kann die vollständige Bestätigung einer vermutlich vorhandenen Substanz nur durch den Vergleich mit der authentischen Referenzsubstanz erfolgen.

Non-Target-Screening (NTS)

Beim NTS werden alle Massen, für die ein Peak erkannt wurde, aufgelistet. Abhängig von den Einstellungen für die Peak-Erkennung (z. B. Festlegung zum Schwellenwert einer Mindest-Intensität) und der Art der Probe (Trinkwasser, Oberflächenwasser, Abwasser) variiert die Anzahl der gefundenen Massen zwischen einigen Hundert bis mehreren Tausend. Für eine bessere statistische Sicherheit muss jede Probe mehrfach injiziert werden. Dadurch kann das übliche „Rauschen“ jeder Messung von einem Peak unterschieden werden.

Die Identifizierung einer Substanz aus dem NTS aufgrund einer detektierten Masse ist sehr aufwendig und zeitintensiv. Ein Analysenlauf „produziert“ eine Vielzahl von „Einträgen“. Daher müssen durch statistische Auswertungen, die „interessanten Peaks“ selektiert und gezielt ausgewertet werden. Von „interessanten Peaks“ wird dann gesprochen, wenn diese entweder sehr intensiv sind, regelmäßig über einen längeren Zeitraum oder periodisch auftreten oder im Vergleich von mehreren Proben charakteristisch für eine bestimmte Probe sind. Letzteres kann z. B. auf Peaks bzw. Substanzen zutreffen, die im Verlauf einer Aufbereitung entstehen oder die eventuell bei einer sensorisch auffälligen Probe auftreten, bei einer unauffälligen Vergleichsprobe aber nicht vorhanden sind. Der zeitliche Verlauf auftretender Peaks kann über eine grafische Darstellung erfolgen. Der Vergleich zwischen Proben erfolgt mit der sog. Hauptkomponenten-Analyse (PCA).

Das Prinzip der Auswertung soll anhand einer Probe mit auffälligem Geruch verdeutlicht werden. Hier kann der Vergleich einer Probe mit auffälligen Eigenschaften (z. B. Geruch) mit einer unauffälligen Probe eventuell einen Hinweis auf die Substanzen liefern, die den Geruch verursachen. Bei der PCA werden die Massen (inkl. Retentionszeit und Intensität) in einzelnen Proben verglichen und graphisch dargestellt. In Bild 15.1 sind alle „Punkte“ im Zentrum allen betrachteten Proben gemeinsam, Unterschiede werden durch den größeren Abstand von der Mitte dargestellt. Am aussagekräftigsten sind die Punkte, die sich auf einer Diagonalen in Richtung einer Probe befinden. Diese sind für die Probe besonders charakteristisch. Nachdem einzelne „interessante“ Massen ausgewählt wurden, folgt die Berechnung der Summenformel für jede Masse über die Software. Meist gibt es im Bereich einer geringen Massenabweichung mehr als eine mögliche Summenformel. Eine erste Plausibilitätsprüfung kann über das Isotopenmuster erfolgen.

Mit der Summenformel kann anschließend über Internetportale, z. B. bei ChemSpider, nach entsprechenden Substanzen gesucht werden. Teilweise gibt es dann aber entweder keine Übereinstimmungen oder eine Vielzahl, z. T. bis zu mehreren Hundert. Für eine weitere Eingrenzung der möglichen Substanz kann das Fragmentspektrum weiterhelfen, sofern eines aufgenommen wurde. Ein Verdacht, um welche Substanz es sich handelt, muss letztlich über die Referenzsubstanz abgesichert werden.

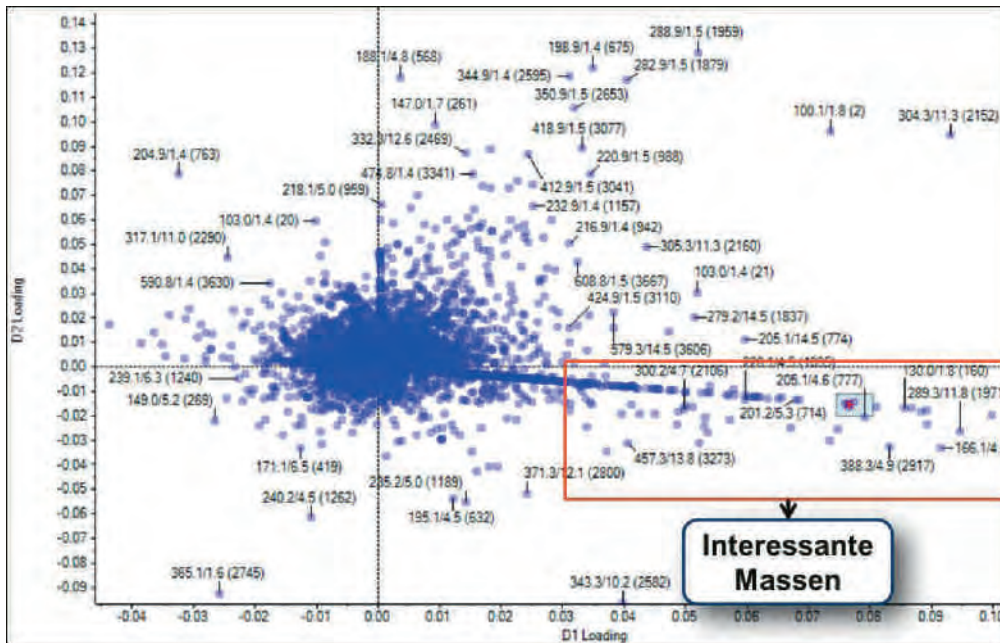


Bild 15.1: PCA-Plot einer Wasserprobe mit auffälligem Geruch (unten rechts) im Vergleich zu unauffälligen Proben (oben links) und Blindwert (unten links)

Fig. 15.1: PCA plot of a water sample with a suspicious smell (lower right) compared to regular samples (upper left) and blank value (lower left)

Diese Technik der Datenauswertung kann auch genutzt werden, um z. B. die Bildung bzw. Entfernung von Transformationsprodukten bei der Wasseraufbereitung zu erkennen. So zeigt der Vergleich von Proben vor und nach Aufbereitungsschritten (z.B. Ozonierung, Einsatz von Aktivkohle) qualitativ an, ob Substanzen entfernt wurden und ob sich neue Substanzen (Transformationsprodukte) gebildet haben.

LC-HRMS-Screening in der Routineuntersuchung

Durch die Vielseitigkeit dieser Analysenmethode und eine relativ schnelle Erfassung von Spurenstoffen auch im niedrigen Konzentrationsbereich, wird diese Messtechnik bei WWU eingesetzt, um Wasserproben auf die An- oder auch Abwesenheit einer Vielzahl von Spurenstoffen in einem Analysengang zu prüfen.

Ab 2016 werden bei der WWU mit dieser Analysetechnik Proben des Oberflächenwassers der Ruhr untersucht. Damit gewinnt man durch einen Analysengang zumindest eine halbquantitative Übersicht über die Einträge von Spurenstoffen und somit eine relativ schnelle und umfassende Aussage zur Qualität des Wassers, das zur Trinkwassergewinnung verwendet wird. Landwirtschaft, Industrie und besonders der Einfluss kommunaler Kläranlagen führen zu einer Belastung des Oberflächenwassers mit einer großen Vielfalt an Spurenstoffen. Ein zeitnahes und möglichst umfassendes Monitoring ist daher von besonderer Bedeutung. Zur Überwachung der Wasserqualität des Oberflächenwassers der Ruhr werden aktuell an zwei Messstellen täglich Stichproben genommen, die als Wochenmischproben gemessen und ausgewertet werden.

Zusätzlich zur Routineüberwachung der Wasserqualität wird die LC-HRMS-Technik dazu eingesetzt akute Auffälligkeiten zu untersuchen und zu beurteilen. So konnte nach einem „Ruhralarm“ gezeigt werden, dass die gemeldete Substanz Caprolactam zwar tatsächlich in der Ruhr enthalten war, wenn auch in geringeren als den vermuteten Konzentrationen. Die Auswertung von archivierten Daten einiger Proben aus den vorangegangenen Wochen und Monaten konnte den zeitlichen Verlauf der Konzentrationen nachträglich aufzeigen.

Fazit

Die Kombination von semiquantitativer Analytik, Suspect-Target-Screening und Non-Target-Screening ermöglicht in einer relativ kurzen Analysenzeit einen umfassenden Überblick über die aktuelle Eintragungssituation mit Spurenstoffen in Wasserproben. Beim Einsatz der zeitaufwendigen Target-Analytik mit einer großen Zahl von Einzelstoffpaketen würde die Bearbeitung deutlich mehr Zeit beanspruchen. Außerdem ermöglicht das STS neben der routinemäßigen Überwachung einen schnellen Überblick über vermutete Substanzen bei akuten Stoffeinträgen (z. B. Havarien, Unfälle). Das NTS in Kombination mit der PCA ist besonders gut geeignet, um Unterschiede zwischen Proben aufzuzeigen (z. B. Bildung bzw. An- oder Abreicherung von Stoffen). Die tatsächliche Identifizierung von „Unbekannten“ aus dem NTS bleibt allerdings weiterhin sehr aufwendig. Hier gibt es noch viel Entwicklungspotenzial, u. a. bei der Verbesserung von Datenbanken, um diese Technik auch für den Routinebetrieb nutzbar zu machen.

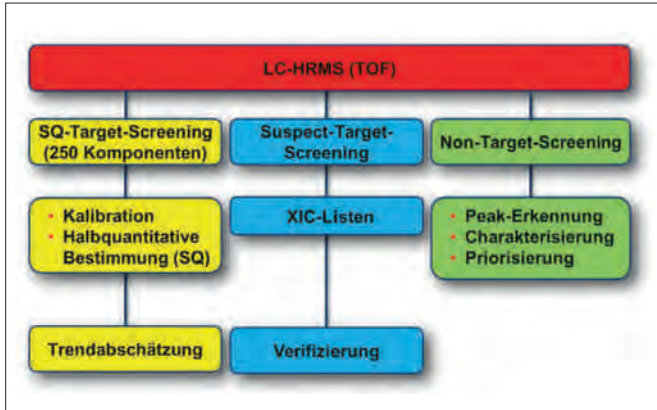


Bild 15.2: Einsatz des LC-HRMS-Systems für die Routineuntersuchung von Wasserproben auf Spurenstoffe
 Fig. 15.2: Using the LC-HRMS system for routine screening of water samples for trace substances

Bei der WWU werden seit 2016 Wasserproben der Ruhr nach dem in Bild 15.2 dargestellten Muster analysiert.

Die Untersuchungen in 2016 dienen in erster Linie einer detaillierten Übersicht über Einträge von Spurenstoffen und deren zeitliche Verläufe. Dabei soll auch die Relevanz der in Proben nachgewiesenen Stoffe besser beschrieben werden. Daher werden die Wasserproben hauptsächlich als Wochenmischproben untersucht. Nach einer weitergehenden Evaluierung des Messsystems, besonders in Hinblick auf NTS, muss über andere Strategien nachgedacht werden, dazu gehören evtl. auch die Analysen auf unbekannte Substanzen oder Konzepte zur Probenahme.

Neben der Messtechnik stellt die Auswertung der Daten sehr hohe Anforderungen an den Analytiker. Da bisher entsprechende Software nicht in ausreichendem Umfang zur Verfügung steht, arbeitet die WWU gemeinsam mit einigen anderen Laboratorien an einer Optimierung der Auswertetechnik. Ziel ist es, die qualitätsrelevanten „Peaks“ in kurzer Zeit zu erkennen.

16 Weitergehende Aufbereitung des Trinkwassers an der Ruhr: Das neue Essener Verfahren

Gregor Langenberg, Andreas Lütz,
 Wassergewinnung Essen GmbH, Essen

Ausgangssituation

Die Gründung der Wassergewinnung Essen GmbH im Jahre 2002 hatten die Gesellschafter Stadtwerke Essen AG und GELSENWASSER AG mit dem Anspruch verknüpft, ihre beiden in Essen getrennt voneinander operierenden Wasserwerke Überuhr und Burgaltendorf/Horst zu einem Verbundwasserwerk zusammenzuführen und damit gemeinsam eine zukunftsweisende Kombination von Wassergewinnung, -aufbereitung und -förderung zu etablieren.

In den folgenden Jahren erarbeiteten die Planer verschiedene Aufbereitungskonzepte zur Realisierung dieser anspruchsvollen Aufgabe. Neben wirtschaftlichen und technischen Randbedingungen kam das im Folgenden beschriebene Gewinnungs- und Aufbereitungskonzept auch unter dem Einfluss der im Jahr 2006 unterzeichneten Arnsberger Vereinbarung und den vorhergegangenen Verunreinigung des Ruhrwassers mit der Chemikalie PFT zur Ausführung.

Die Historie und auch das Konzept der beiden Anlagen hat, wie viele der an der Ruhr gelegenen Gewinnungs- und Aufbereitungsanlagen, einen ähnlichen Werdegang durchlaufen. Die ersten Langsandsandfilterbecken als Keimzelle der heutigen Anlagen entstanden in den ersten Jahrzehnten des 20. Jahrhunderts und wurden in der Folge kontinuierlich ausgebaut. Die in der Wassergewinnung Essen-Burgaltendorf in Betrieb

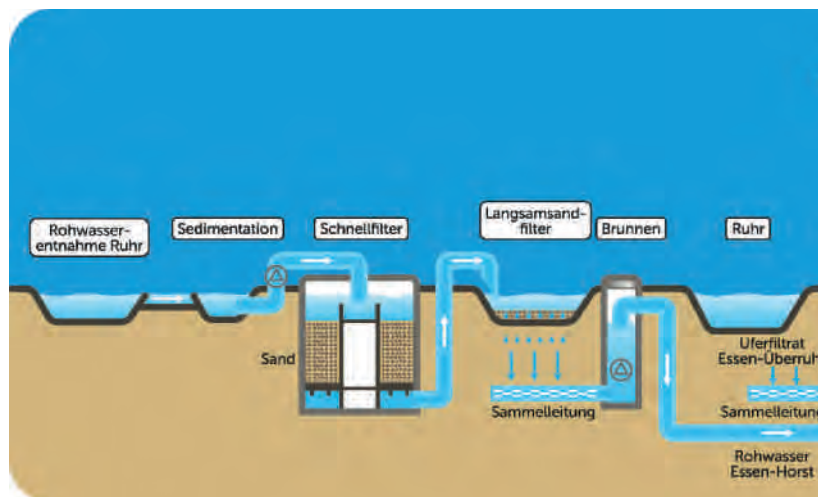


Bild 16.1: Verfahrensfließschema des Neuen Essener Verfahrens
 Fig. 16.1: Process flowing diagram of the new procedure practiced in Essen

befindliche Vorreinigung in Form einer Schnellfiltration über Kiesfilter entstand bereits in den 50er Jahren. Am Standort Überrauch begann die Planung einer Vorreinigung erst später unter dem Einfluss des mit dem heißen Sommer im Jahr 1976 verbundenen Versorgungsengpasses. Die damals unter der Federführung von Prof. Sontheimer (Universität Karlsruhe) durchgeführten Versuche und Planungen führten zum Bau der Wasseraufbereitungsanlage (WAA). Die seinerzeit innovative und mit BMFT-Mitteln geförderte Konzeption erhielt den Namen „Essener Verfahren“ und ging ab 1983 in Betrieb.

Das jetzt realisierte neue Essener Verfahren verbindet, beginnend mit der Wassergewinnung Burgaltendorf, diese zu einem Verbund mit der nun in WAA I umgetauften Anlage in Überrauch, ergänzt um eine neue Wasseraufbereitungsanlage, die WAA II (Bild 16.1).

Das Aufbereitungskonzept des Verbundwasserwerks

Die Gewinnung: Im Oberwasser des Wehrs Dahlhausen in Bochum befindet sich, mithin als Startpunkt für das gesamte Verbundwasserwerk, die Rohwasserentnahme. Sie ist direkt am dortigen Schleusenkanal am linken Ruhrufer angesetzt. Das Ruhrwasser durchfließt zunächst einen rund 2,3 km langen Zuflußgraben, der von verschiedenen Rechen und einem Sedimentationsbecken, welches eine Fläche von ca. 52.500 m² aufweist, unterbrochen wird.

Das Rohwasser fließt somit von groben Sedimenten befreit der Schnellfilteranlage am Standort der Wassergewinnung Burgaltendorf zu. Sie umfasst 4 Rohwasserpumpen, die das Wasser auf 10 offene Schnellfilter heben. Bestückt mit einem Filterkies der Körnung 1,5 - 2,5 mm verfügt die Anlage über eine maximale Kapazität von 10.000 m³/h. Das so vorgereinigte Wasser wird den insgesamt 17 Langsandsandfilterbecken zugeleitet und über eine 50 - 80 cm mächtige Rheinsandschicht in den



Bild 16.2: Das neu erstellte Rohwasser II Pumpwerk
Fig. 16.2: The newly established raw water pumping station II

Untergrund versickert. Zusätzlich zu dem auf diese Weise angereicherten Grundwasser nutzt das neue Essener Verfahren die Kapazität einer auf der gegenüberliegenden Ruhrseite gelegenen Uferfiltratgalerie (ca. 800 m³/h).

Das Rohwasser II Pumpwerk: Diese aus dem ehemaligen Trinkwassersammelschacht vor dem Pumpwerk Horst neu entstandene Fördereinheit ist mit drei frequenzgeregelten Rohrschachtpumpen mit einer maximalen Förderkapazität von jeweils 5.000 m³/h ausgestattet, wobei jeweils zwei Pumpen für den Betrieb vorgesehen sind und eine als Reserve fungiert. (Bild 16.2) Sie führen das in der Wassergewinnung Burgaltendorf gewonnene angereicherte Grundwasser mit anteiligem Uferfiltrat über eine Verbindungsleitung DN 1400 der WAA I in Überrauch zu. Beim Bau dieser Verbindungsleitung sind seiner-

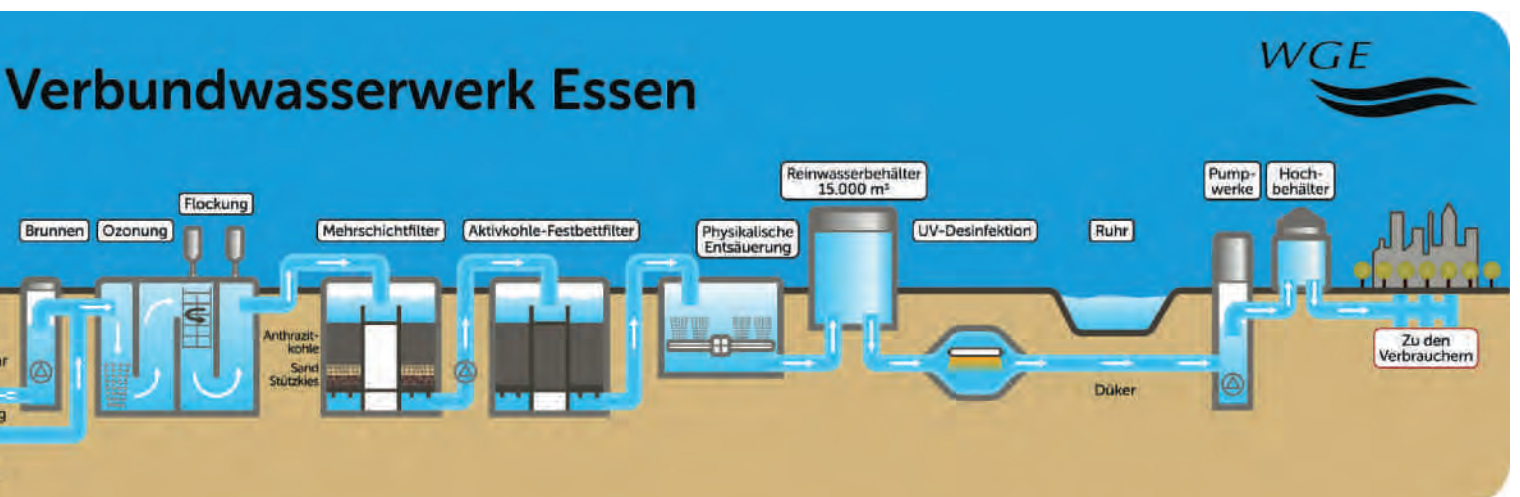




Bild 16.3: Einer der Adsorptionsfilter – noch ohne Aktivkohleschüttung – während der hydraulischen Inbetriebnahmephase

Fig. 16.3: One of the adsorption filters – still without activated carbon – during the hydraulic activation phase

zeit zugleich die Rückleitung, welche das Pumpwerk Horst abschließend mit dem fertigen Trinkwasser versorgt, sowie diverse Energie- und Datenkabel mitverlegt worden. Ein Teil dieser Maßnahme war u.a. die Querung der Ruhr mit einem Doppeldüker (siehe hierzu den Ruhrgütebericht 2009).

Die Wasseraufbereitungsanlage I

Zusätzlich zu den Wassermengen aus der Gewinnung Burgaltendorf wird das Mengenmanagement des Verbundwasserwerks durch zwei Uferfiltratgalerien (Brunnen M und N) aus der ansonsten stillgelegten Gewinnung Überraum um rd. 1.500 m³/h ergänzt. Die in den beiden Brunnen installierten Pumpen fördern das Wasser ebenfalls direkt in die WAA I. Hier wird das einströmende Wasser zunächst mit Ozon in einer Dosierung, die zwischen 0,1 und 0,3 mg O₃/l changieren kann, versetzt. Die bauliche Konzeption der WAA I umfasst für die Reaktion des Ozons und des bedarfsweise eingesetzten Flockungsmittels vier jeweils in vier Kammern unterteilte Reaktionsstraßen. Im Gegensatz zur ursprünglichen Betriebsweise der Anlage mit ungefiltertem Ruhrwasser zieht sich das ozonhaltige Wasser nun deutlich weiter durch die Reaktionskammern. Um ein Einströmen von restozonhaltigem Wasser auf die sich anschließenden offenen Schnellfilter zu verhindern, ist im Zuge des Verbundwasserwerks eine Dosiermöglichkeit von H₂O₂ geschaffen worden, die das Restozon chemisch abbildet. Die erwähnten zehn offenen Schnellfilter sind mit Filterschichten aus Hydroanthrazit mit einer Körnung von 1,4 bis 2,5 mm sowie Quarzsand mit einer Körnung von 0,71 bis 1,25 mm bestückt. Sie dienen im Verbundkonzept hauptsächlich als Sicherheitsstufe zur Entfernung geflockter Trübstoffe im Hochwasserfall. Die zu diesem Zweck erneuerte Flockungsmitteldosieranlage ist für den Einsatz sowohl von Polyaluminiumchlorid als auch von eisenhaltigen Flockungs-

mitteln konzipiert. Beim Hochwasserereignis im Dezember 2015 ist die Anlage erstmalig erfolgreich mit PAC betrieben worden. Die WAA I ist seinerzeit auf eine maximale Aufbereitungsleistung von 15.000 m³/h ausgelegt worden.

Die Wasseraufbereitungsanlage II

Sechs Schnellfiltratpumpen heben das aus der WAA I zuströmende Wasser auf die notwendige geodätische Höhe. Sie sind FU gesteuert und haben eine Höchstfördermenge von jeweils 4.300 m³/h. Zwei dieser Pumpen sind rohrleitungstechnisch so an die folgenden Aktivkohlefilter angeschlossen, dass sie zugleich als Spülwasserpumpen dienen. Das Wasser wird nun



Bild 16.4: Die physikalische Entsäuerung
Fig. 16.4: Physical deacidification

auf die 12 Kornaktivkohlefilter geleitet. Sie sind in offener Bauweise aus Beton errichtet und auf eine maximale Schütthöhe von 3 m Aktivkohle ausgelegt (Bild 16.3). Die augenblicklich zu leistende Höchstfördermenge des Verbundwasserwerks von 12.000 m³/h erlaubte eine verminderte Schütthöhe von 2,4 m und eine Bestückung von nur acht der zwölf Becken. Der Beschaffung der Aktivkohle im EU-Verfahren gingen umfangreiche Testreihen verschiedener Aktivkohlen in halbtechnischen Versuchsanlagen voraus. Der jetzige großtechnische Betrieb der Anlage wird ebenfalls analytisch genau verfolgt. Ein im Düsenboden der Filter installiertes Treibwassersystem erleichtert den Austrag der Aktivkohle aus den Filterbecken nach Beendigung einer Filterreise. Das gewonnene Filtrat aus den Adsorptionsfiltern wird im Anschluss einer physikalischen Entsäuerung zugeführt. Sie ist vierstraßig ausgelegt und besteht aus Flachbettbelüftern, durch die von 16 Hochdruckventilatoren mehrstufig gefilterte Außenluft gedrückt wird (Bild 16.4). Die Anzahl der in Betrieb befindlichen HD-Ventilatoren richtet sich nach der aufbereiteten Wassermenge. Das Aufbereitungsziel der physikalischen Entsäuerung besteht in der pH Wertanhebung von ca. 7,2 auf 7,8. Das auf diese Weise entsäuerte Wasser durchströmt zunächst den in drei Kammern zu je 5.000 m³ unterteilten Reinwasserbehälter, bevor es dann einer Desinfektion mittels UV-Strahlung unterzogen wird. An die somit zum Abschluss gelangte Aufbereitungskette schließen sich das Pumpwerk I, welches das Stadtgebiet Essen versorgt, sowie das Pumpwerk Horst, zu dessen Versorgungsgebiet die Städte Bochum, Essen, Gelsenkirchen,

Hattingen, Herne, Witten, Sprockhövel und Velbert- Langenberg gehören, an (alle Städte teilweise). Beiden Pumpwerken ist eine eigene UV-Anlage zugeordnet, die aus jeweils 10 UV-Modulen mit einem maximalen Durchsatz von rd. 1.000 m³/h. bestehen (Bild 16.5). Auf Grundlage der in den Pumpwerken benötigten Mengen wird die benötigte Anzahl von Modulen zu- bzw. abgeschaltet. Diese Sicherheitsdesinfektion bildet den letzten Schritt des neuen Essener Verfahrens, mit dessen Trinkwasser rund eine Millionen Kunden versorgt werden.

Kosten

Die Gesamtkosten des Projektes betragen 56 Mio. €, wovon ca. 63 % auf Bautechnik und Rohrleitungsbau, 30 % auf Maschinen- und Verfahrenstechnik sowie 7 % auf EMSR-Technik verwendet wurden.

Zusammenfassung

Die Wassergewinnung Essen GmbH führt die beiden bislang autark betriebenen Wasserwerke Übrerruhr und Horst/Burgaltendorf zu einem Verbundwasserwerk zusammen und ergänzt bzw. ersetzt die bestehende Aufbereitungstechnik durch die Verfahrensschritte Aktivkohlefiltration, physikalische Entsäuerung und UV-Desinfektion. Das somit geschaffene neue Essener Verfahren stellt ein zukunftsicheres und weitestgehend chemikalienfreies Konzept zur Versorgung von rd. 1 Mio. Menschen mit Trinkwasser dar.



Bild 16.5: Ein Teil der UV-Anlage für das Pumpwerk I zur Versorgung des Stadtgebietes Essen
 Fig. 16.5: Part of the UV facility for the pumping station I, supplying the city of Essen

17 Fischdurchgängigkeit an der mittleren Ruhr – Die Projekte der Wasserwerke Westfalen GmbH (WWW)

Ingo Becker, Wasserwerke Westfalen GmbH, Schwerte

Einleitung

Die Europäische Union hat mit der seit Dezember 2000 gültigen Wasserrahmenrichtlinie einheitlich geltende Umweltziele für den Schutz des Grundwassers und der Oberflächengewässer aufgestellt (Bild 17.1). Als Hauptziel wird angestrebt, dass Flüsse, Seen, Grundwasser sowie Küstengewässer nach Möglichkeit bis 2015, spätestens jedoch bis 2027 den guten ökologischen Zustand erreichen. Ausgenommen von dieser Zielvorgabe sind erheblich veränderte oder künstliche Gewässer. Diese müssen lediglich ein gutes ökologisches Potential erreichen.

Ein Kernelement des guten ökologischen Zustands der Fließgewässer ist deren flussaufwärts gerichtete Durchgängigkeit für die aquatische Fauna. Hier befinden sich die Akteure an der Ruhr – und nicht nur dort – allerdings in einem Spannungsfeld zwischen gesellschaftlich erwünschten bzw. sogar notwendigen Gewässernutzungen wie z.B. der Energieerzeugung aus Wasserkraft, aber auch der Trinkwassergewinnung einerseits sowie dem ökologischen Verbesserungsbedarf andererseits. Querverbauungen in Gewässern, die der Gewinnung von Trinkwasser oder der Erzeugung von Ökostrom dienen, behindern in starkem Maße grundsätzlich jene gewünschte Durchwanderbarkeit für Kurz- und Langdistanzwanderfische.

In Nordrhein-Westfalen wurde dieser Zielkonflikt schon früh erkannt und versucht, im Rahmen der Studie „Querbauwerke und nachhaltige Wasserkraftnutzung in NRW“ Regeln für ein nachhaltiges, verträgliches Nebeneinander der Ziele Gewässerschutz und Erzeugung regenerativer Energie zu formulieren. Das aus der Studie entstandene „Handbuch Querbauwerke“



Bild 17.1: Die Wasserwerke Westfalen GmbH hat alle Wasserkraftanlagen umweltorientiert mit Fischaufstiegen aufgerüstet (hier WKA Echthausen). Die ökologische Durchgängigkeit an der Ruhr ist somit auf den 60 Flusskilometern, an denen WWW Wasserwerke und Stauanlagen betreibt, gegeben.

Fig. 17.1: In order to preserve the environment, the Wasserwerke Westfalen GmbH have equipped all their hydropower stations with fish migration facilities (here hydropower station Echthausen). An ecological continuity can thus be guaranteed along the 60 kilometres of the river, where the Wasserwerke Westfalen GmbH operates waterworks and impounding facilities.

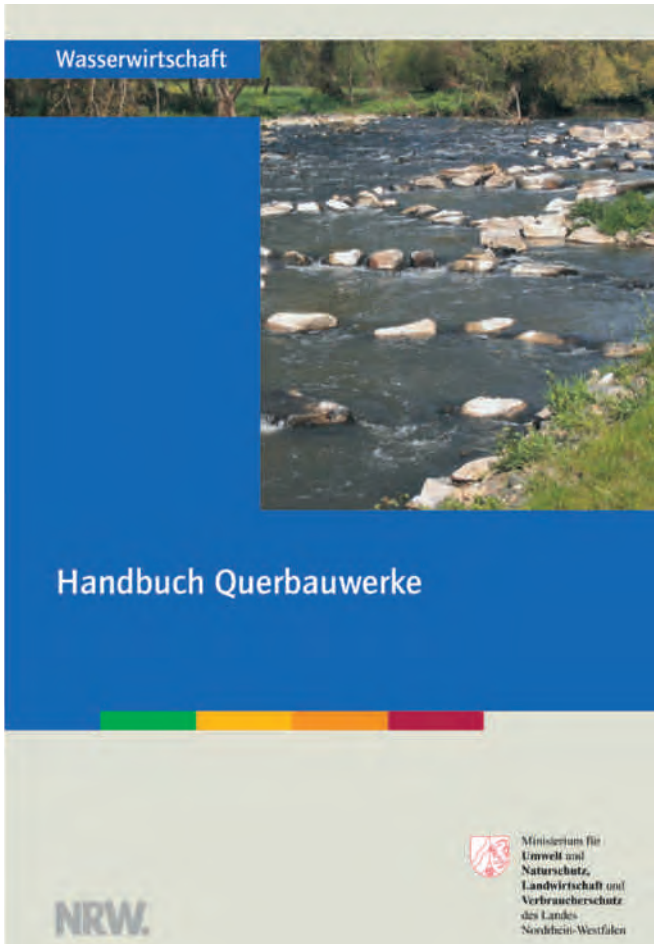


Bild 17.2: Planungsgrundlage: Handbuch Querbauwerke des Landes NRW
 Fig. 17.2: Planning based on the "Handbook of Weirs" of the State of North Rhine-Westphalia

gilt heute als Standardwerk, wenn es darum geht, durch gezielte Maßnahmen die beiden auf den ersten Blick gegensätzlichen Ziele in Einklang zu bringen (Bild 17.2).

Der genannte Zielkonflikt ist bereits lange vor Entstehen der Wasserrahmenrichtlinie erkannt worden. Nicht ohne Grund sind die meisten Querverbauungen schon bei deren Entstehung mit technischen Einrichtungen für den Fischaufstieg ausgestattet worden. Seit Anfang des 20. Jahrhunderts bereits wurde die Bedeutung der Durchgängigkeit der Gewässer für die Fisch- und Nährtierfauna erkannt und z.B. schon 1914 an der WWWW-Stauanlage Fröndenberg ein betonierter, damals üblicher Beckenpass als Fischaufstieg in die Mitte der Wehranlage integriert. Im Vordergrund stand insbesondere, den Wanderfischen den Aufstieg zu ermöglichen. Nach heutigem Kenntnisstand ist die Lage und die Bemessung des damals angelegten Beckenpasses als nicht günstig zu bewerten. Das Aufstiegsbauwerk befand sich nicht im Hauptströmungsbereich der Wehranlage, zudem fehlten sohlennahe Öffnungen für die bodenorientiert lebenden Fischarten. Der Pass wurde vermutlich, wenn überhaupt, nur während einzelner sehr kurzer Zeitintervalle von Fischen zum Aufstieg genutzt.

Maßnahmen bei den Wasserwerken Westfalen

Die Wasserwerke Westfalen betreiben an der Ruhr neben noch 6 von ehemals 8 Wasserwerken zurzeit fünf Stauwehre, die allesamt mit Wasserkraftanlagen ausgestattet sind (Bild 17.3). Die Wehre sind in der Regel so alt wie die Wasserwerke, zu denen sie gehören (also bis zu rd.100 Jahren). Sie dienen ihrem ursprünglichen Zweck nach der Beschickung der Wassergewinnungs- und Aufbereitungsanlagen mit Rohwasser aus der Ruhr. Das hier jeweils entstandene Potentialgefälle der Ruhr wurde zusätzlich für die Erzeugung elektrischer Energie

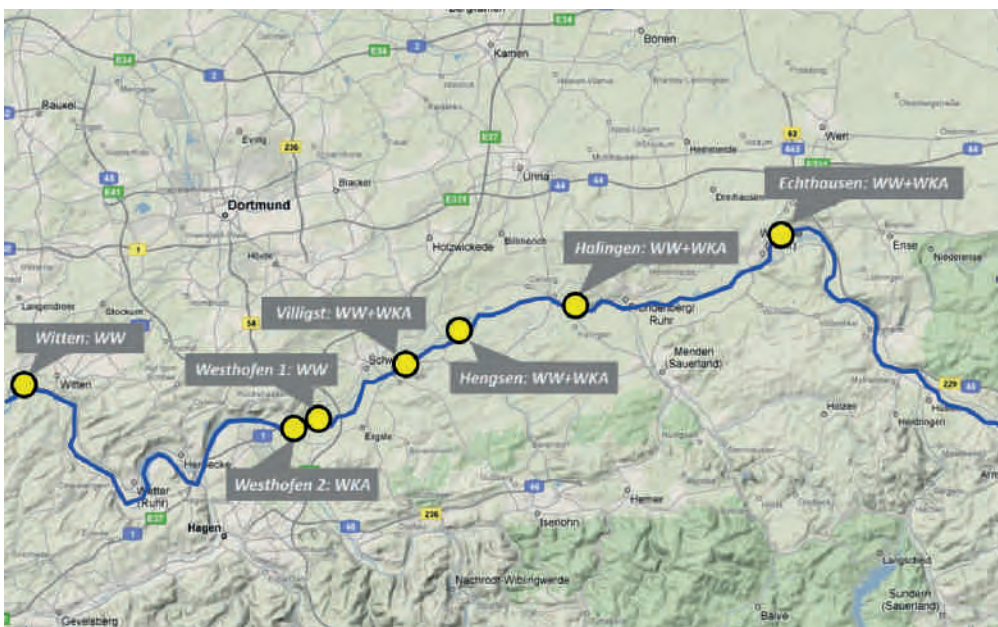


Bild 17.3: Standorte der Wasserwerke Westfalen GmbH
 Fig. 17.3: Sites of the Wasserwerke Westfalen GmbH

genutzt. Der in der Regel in einem aus Kaplan turbine und Generator bestehenden Maschinensatz erzeugte Strom wurde bis zur Einführung des Erneuerbare Energien Gesetz (kurz: EEG) bei WWW unmittelbar zur Förderung des fertigen Trinkwassers über den Haarstrang bzw. das Ardeygebirge ins zugehörige Versorgungsgebiet verwendet.

Zum Teil wurde und wird bis heute die Kraft der fließenden Welle der Ruhr auch über direkt angetriebene Pumpen, wie in den Wasserwerken Westhofen (bis 2010) oder bis vor wenigen Tagen noch in Villigst, genutzt.

Erste Fischtreppe neuerer Bauart am Standort Fröndenberg

Bereits 1996 - also einige Jahre vor Inkrafttreten der Wasser-rahmenrichtlinie - haben sich die Wasserwerke Westfalen mit dem Thema Verbesserung der Fischdurchgängigkeit an ihren



Bild 17.4: Mäander-Fischpass am Standort Fröndenberg (Fertigstellung 2001)

Fig. 17.4: Meander fish pass at Fröndenberg (completed in 2001)

Stauhaltungen auseinandergesetzt. Anlass dazu war ein damaliger Kontakt zur Universität/Gesamthochschule Paderborn, in deren Wasserbaulabor die hydraulischen Besonderheiten des sich seinerzeit in der Entwicklung befindlichen Mäander-Fischpasses wissenschaftlich untersucht wurden. Die Technik selbst, aber auch das Thema einer Diplomarbeit, die sich spezieller Fragestellungen der seinerzeit noch jungen Technik annahm, waren entscheidende Grundlagen dafür, dass schon kurz danach der großtechnischen Umsetzung jener neuen Erkenntnisse an der Stauanlage Fröndenberg zugestimmt wurde. Die Stauanlage aus dem Jahr 1914 verfügte zwar von Anfang an über einen Beckenpass historischer Bauart, der jedoch nicht funktionsfähig war.

Im Spätsommer des Jahres 2001 konnte nach neun Monaten Planungs- und Bauzeit schließlich der Mäander-Fischpass an der Stauanlage Fröndenberg in Betrieb genommen werden (Bild 17.4). Nach anfänglichen Schwierigkeiten bei der Optimierung der Lockströmung im Auslass des Fischpasses sowie der Hydraulik im Passinneren konnten in den darauffolgenden Jahren im Rahmen sporadischer Kontrollen regelmäßig aufsteigende Fische und auch Makrozoobenthos festgestellt werden. Eine der letzten Überprüfungen fand im Jahr 2010 statt. Über die durchweg zufriedenstellenden Ergebnisse dieser Kontrolle wurde ausführlich im Ruhrgütebericht des darauffolgenden Jahres berichtet [17.1].

Aktivitäten der Wasserwerke Westfalen nach 2010

Zwischen dem Bau des Fischaufstiegs am Standort Fröndenberg und den für die Herstellung der kompletten Durchgängigkeit im WWW-Gebiet noch zu erstellenden Fischpässen an den Stauanlagen Westhofen, Echthausen, Hengsen und Villigst vergingen dann immerhin noch fast 10 Jahre. Dies war im Wesentlichen der Unsicherheit geschuldet, die durch die sich über einen langen Zeitraum erstreckenden Diskussion über die Maßnahmenpläne nach Wasserrahmenrichtlinie und deren Umsetzung entstanden war. Zum anderen musste abgewartet werden, ob sich für EEG-Anlagen eine mittelbare Fördermöglichkeit für ökologische Verbesserungsmaßnahmen aus einer entsprechenden Anpassung des Erneuerbare Energien Gesetzes zur Refinanzierung der Investitionen heranziehen ließe. Schließlich standen auch Erneuerungen von Staurechten an, deren Nebenbestimmungen bezüglich einer Verbesserung der jeweiligen Durchgängigkeit im Bescheid ebenfalls zunächst abgewartet werden mussten.

Nachdem die wesentlichen Voraussetzungen und Randbedingungen für die Investitionen in neue Fischaufstiegsanlagen schließlich gegeben waren, wurde im Jahr 2010 im Rahmen der Umrüstung des damaligen turbinengetriebenen Kolbenpumpwerks Westhofen II zu einer Wasserkraftanlage zur Erzeugung elektrischen Stroms mit dem Bau der ersten Fischaufstiegsanlage gemäß Handbuch Querbauwerke begonnen. Mit der Fertigstellung der Fischaufstiegsanlage am Standort Villigst und deren Inbetriebnahme Ende 2014 / Anfang 2015 konnte schließlich ein mehrjähriges Investitionsprogramm zur Herstellung der Fischdurchgängigkeit an allen Stauwehren der



Bild 17.5: Fischeaufstiegsanlage am „Bunker“ Villigst
 Fig. 17.5: Fish migration facility at the Villigst “bunker”

Wasserwerke Westfalen erfolgreich abgeschlossen werden (Bild 17.5). Dazwischen lagen Planung, Bau und Inbetriebnahme der Fischeaufstiegsanlagen an den Standorten Echthausen sowie Hengsen (beide zeitgleich 2012-2014).

Gemeinsam mit dem Bau der Fischtrepfen fanden weitere ökologische Verbesserungsmaßnahmen statt; so wurden u.a. die bestehenden weitmaschigen Rechenanlagen durch solche mit einem geringeren lichten Stababstand von nur 2 cm ersetzt. Die ursprüngliche Befürchtung, eine Verringerung des Durchtrittsquerschnitts würde zu Lasten der Stromausbeute gehen, konnte widerlegt werden, da strömungsoptimierte Stabprofile verwendet wurden (Bild 17.6).



Bild 17.6: Neue Rechenanlagen mit strömungsoptimierten Profilen und verringertem Stababstand
 Fig. 17.6: New screening system with profiles optimized for flow and smaller gaps between the bars

Neben den genannten Maßnahmen wurden zur Verbesserung der flussabwärts gerichteten Aalwanderung sog. Zick-Zack-Rohre verbaut. Diese sollen gewährleisten, dass die adulten Blankaale bei ihrer Wanderung Richtung Nordsee nicht durch die Turbinen in den Wasserkraftanlagen geschädigt werden. Diese Technik befindet sich zurzeit in der Felderprobung (u.a. bei WNW), zeigte aber im Wasserbaulabor der Universität Kassel bisher schon ausgezeichnete Ergebnisse (Bild 17.7).

Ein wesentlicher Antrieb für den Entschluss zur Umsetzung des Programms aber war neben der Wasserrahmenrichtlinie auch das EEG, das mit der Novelle 2009 bei einer ökologischen Verbesserung bzw. Modernisierung von Wasserkraftanlagen als Anreiz eine Erhöhung der gesetzlichen Einspeisevergütung für den darin erzeugten Strom in Aussicht stellte.

Dem eigentlichen Bau der Fischeaufstiegsanlagen ist für jeden Standort ein umfangreicher Planungs- und Genehmigungsprozess vorausgegangen, der jeweils mit einer Machbarkeitsstudie begonnen hat. Die Studien sollten in Anlehnung an das Handbuch Querbauwerke die verschiedenen technischen Möglichkeiten des Aufstiegs untersuchen, angefangen von naturnahen Lösungen in Form von Umgehungsgerinnen bis hin zu rein technischen Einrichtungen als Vertical-Slot- oder Beckenpass. Aufgrund der räumlich sehr beengten Gegebenheiten an jedem einzelnen Standort, verbunden mit der Notwendigkeit, eine Vielzahl bestehender Wassergewinnungs- und Trinkwas-

[17.1] Szymaszak, R., Westphal, B., Becker, I.: Der Mäander-Fischpass – zehn Jahre Fischeaufstieg an der Stauanlage Fröndenberg der Wasserwerke Westfalen GmbH. Ruhrgütebericht 2011, S. 161 ff., Essen

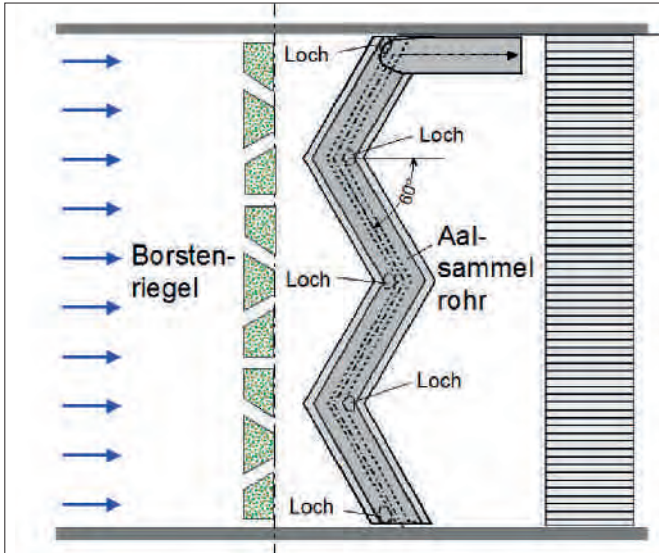


Bild 17.7: Schematische Draufsicht der sog. Aalröhre, Modell Hassinger - Universität Kassel
 Fig. 17.7: Schematic top view of the so-called eel pipe, Hassinger type, University of Kassel

serdruckleitungen im unmittelbaren Umfeld der Wasserkraftanlage möglichst konfliktfrei kreuzen zu müssen, wurde schließlich für alle Standorte die Ausführung als Vertical-Slot-Pass empfohlen und umgesetzt (Bild 17.8).

Funktionskontrollen

Nach Fertigstellung der Fischaufstiegsanlagen waren die am Projekt Beteiligten natürlich neugierig, in welchem Umfang die Anlagen von Fischen sowie der bodenlebenden Fauna ange-

nommen werden. Die Ergebnisse – dies sei hier vorweggenommen – übertrafen alle Erwartungen.

Nachdem eine im Jahr 2012 am Standort Westhofen II bereits durchgeführte Kontrollbefischung der Aufstiegsanlage hervorragende Ergebnisse gezeigt hatte, wurden also im Juni 2015 die Anlagen in Echthausen, Villigst und Hengsen hinsichtlich ihrer Durchwanderbarkeit näher in Augenschein genommen. Die Kontrollen erfolgten durch Elektrofischung als Momentaufnahme. Es wurden für die Region typische Fische nachgewiesen; in erster Linie Bachforellen unterschiedlicher Größenklassen. Erstaunlich war, dass bei allen drei untersuchten Fischaufstiegsanlagen etwa die gleiche Anzahl Bachforellen erfasst wurden (jeweils etwa 40). Das Gleiche gilt für das Vorkommen von Aalen, wo jeweils etwa 10 Tiere erfasst werden konnten. Erfreulich war, dass keiner der gefangenen Aale Verletzungen, wie sie etwa durch Kontakt mit dem vor der Wasserkraftanlage installierten Rechen hervorgerufen werden könnten, aufwies.

Zahlenmäßig am stärksten vertreten waren in den Fischaufstiegen Echthausen und Villigst die Elritzen. Dieser kleine Schwarmfisch wurde in Bereichen mit Pflanzenbewuchs und/oder Feinsediment (Beruhigungszone) verstärkt angetroffen. In der Fischaufstiegsanlage Echthausen kamen in der Beruhigungszone zudem viele Vertreter der dreistacheligen Stichlinge vor (etwa 350 Tiere). Weiterhin belegt der Nachweis von Äschen, Barben, Schmerlen, Gründlingen und Mühlkoppen, dass diese Fische in die Fischpässe einwandern können, auch wenn zum Zeitpunkt der Momentaufnahme die Bestandsdichte eher gering war. Selbst bei dem kontrollbedingt minimalen Abfluss in der Anlage konnte beobachtet werden, wie Fische die Beckendurchlässe problemlos passieren.

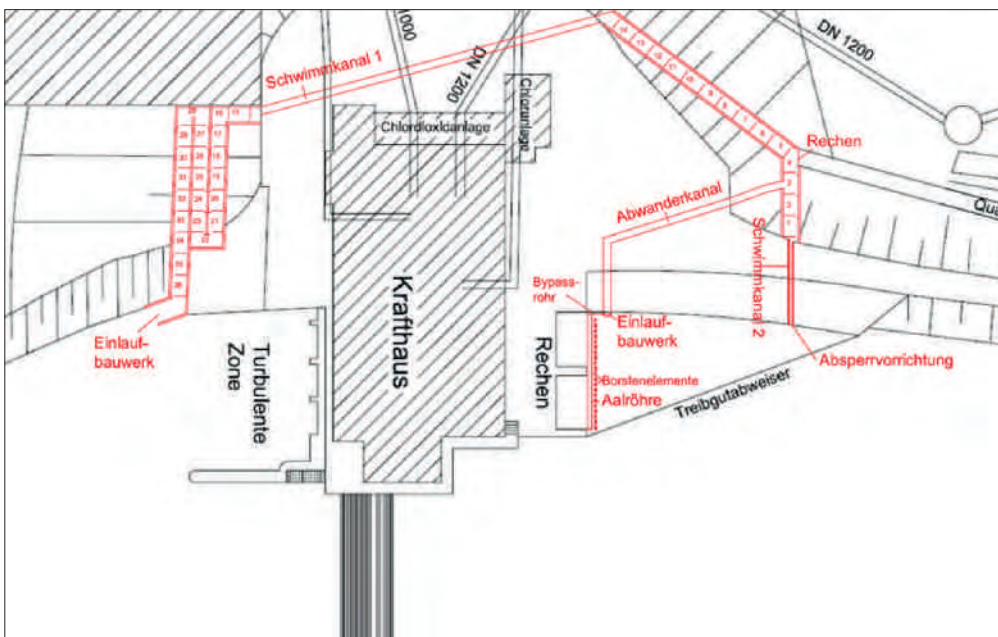


Bild 17.8: Fischaufstiegsanlage Villigst, beengtes Baufeld mit Störfaktoren
 Fig. 17.8: Fish migration facility Villigst, confined construction area with disrupting factors

Es muss an dieser Stelle erwähnt werden, dass durch die Art der Kontrolle nur Fische erfasst werden, die sich zum Zeitpunkt der Absperrung des Fischpasses innerhalb der Anlage befanden. Auch von diesen Fischen wurde nur ein Teil erfasst. Der tatsächliche Fischbestand zum Zeitpunkt der Aufnahme, insbesondere bei den kleinen Fischen, lag sicherlich höher [17.2], (Bild 17.10).

Fazit

Die Anstrengungen der WWV in den vergangenen Jahren haben sich gelohnt: Die durch WWV-Anlagen zwischen Schwerte-Westhofen und Wickede-Echthausen genutzten Ruhrabschnitte sind seit der Herstellung der Fischdurchgängigkeit am Standort Villigst zum Jahreswechsel 2015 hin komplett fischdurchgängig – trotz zahlreicher Querverbauungen. Die bisher durchgeführten Funktionskontrollen haben an allen Standorten den Nachweis der Durchwanderbarkeit erbracht.

Die Gesamtkosten in Höhe von 5 Mio. Euro sind hinsichtlich ihrer Wirkung für die Gewässerökologie gut angelegtes Geld. Denn ein ökologisch intaktes Gewässer ist Voraussetzung für eine Trinkwassergewinnung, deren Kernprozess bis heute und auch in Zukunft die Künstliche Grundwasseranreicherung von Oberflächenwasser aus eben diesem Gewässer ist.

Dass die Projekte zeitlich und kostenmäßig im geplanten Rahmen umgesetzt werden konnten, ist der reibungslosen Zusammenarbeit aller Beteiligten zu verdanken. Stellvertretend hierfür ist hier die Aufsichts- und Genehmigungsbehörde bei der Bezirksregierung Arnsberg zu nennen, die die Projekte ausgesprochen konstruktiv begleitet und für einen problemlosen Genehmigungsprozess gesorgt hat.



Bild 17.9: Eintagsfliegenlarve auf dem Beckengrund
Fig. 17.9: Dayfly larva on the bottom of the pass

[17.2] Szymczak, R.: Laborbericht Neue Fischauf- und -abstiegsanlagen an den Wasserkraftanlagen der WWV – Momentaufnahme des Fischvorkommens, Westfälische Wasser- und Umweltanalytik Gelsenkirchen (unveröffentlicht)

| | | FAA Westhofen 29.08.2012 | FAA Villigst 29.06.2015 | FAA Hengsen 24.06.2015 | FAA Echthausen 15.06.2015 |
|------------------------------|---------------------------|-----------------------------|----------------------------|---------------------------|------------------------------|
| Lachsfische (Salmoniden) | Bachforelle | 18 | 38 | 39 | 40 |
| | Äsche | | | 2 | 14 |
| Karpfenartige (Cypriniden) | Barbe | 8 | | 5 | |
| | Döbel | 3 | | | |
| | Rotauge | 3 | 1 | | 1 |
| | Gründling | 82 | 2 | 1 | |
| | Elritze | 135 | 950 | 1 | 1289 |
| Schmerlenartige (Cobitoidae) | Schmerle | 23 | 1 | 3 | |
| Groppen (Cottidae) | Mühlkoppe | 16 | 1 | 2 | 19 |
| Aal (Anguillidea) | Aal | 25 | 7 | 8 | 14 |
| Barschartige (Perciformes) | Flussbarsch | 2 | | | |
| | Kaulbarsch | 1 | | | |
| Stichlinge (Gasterosteidae) | dreistacheliger Stichling | 5 | | 1 | 350 |
| | Anzahl Fischarten | 12 | 7 | 9 | 7 |
| | Summe | 321 | 1000 | 62 | 1727 |

Bild 17.10: Ergebnisse der Kontrollbefischungen (FAA = Fischaufstiegsanlage)
Fig. 17.10: Results of fishing activities for monitoring purposes (FAA = fish migration facility)

18 Organisation der Arbeitsgemeinschaft der Wasserwerke an der Ruhr e.V. (AWWR)

Stand 31. Dezember 2015

Mitglieder und ständige Gäste

Präsidium:

Robert Dietrich, Hochsauerlandwasser GmbH, Meschede
Dr. Christoph Donner, RWW Rheinisch-Westfälische Wasserversorgungsgesellschaft mbH, Mülheim an der Ruhr
Roland Rütther, Mark-E Aktiengesellschaft, Hagen
Hansjörg Sander, VWW Verbund-Wasserwerk Witten GmbH
Helmut Sommer, Wasserwerke Westfalen GmbH, Schwerte (Vorsitzender)

Mitglieder:

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
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
Helmut Sommer, Wasserwerke Westfalen GmbH, Schwerte
Jürgen Schwarberg, Stadtwerke Sundern
Dietmar Spohn, Stadtwerke Bochum GmbH
Dr. Dirk Waider, Wasserbeschaffung Mittlere Ruhr GmbH

Ständige Gäste:

Prof. Dr. Harro Bode, Ruhrverband, Essen
Christine Elhaus, Bezirksregierung Arnsberg
Heidmarie Ohlhoff, Bezirksregierung Düsseldorf
Gerhard Odenkirchen, Ministerium für Klimaschutz, Umwelt, Landwirtschaft, Natur- und Verbraucherschutz NRW, Düsseldorf
Dr. Wolfgang van Rienen, BDEW/DVGW Landesgruppe NRW, Bonn
Dr. Carsten Schmitt, ARW Arbeitsgemeinschaft Rhein-Wasserwerke e.V., Köln
Priv. Doz. Dr. Georg Joachim Tuschewitzki, Hygiene-Institut des Ruhrgebiets, Gelsenkirchen
Prof. Dr. Ralf Klopp, Ruhrverband

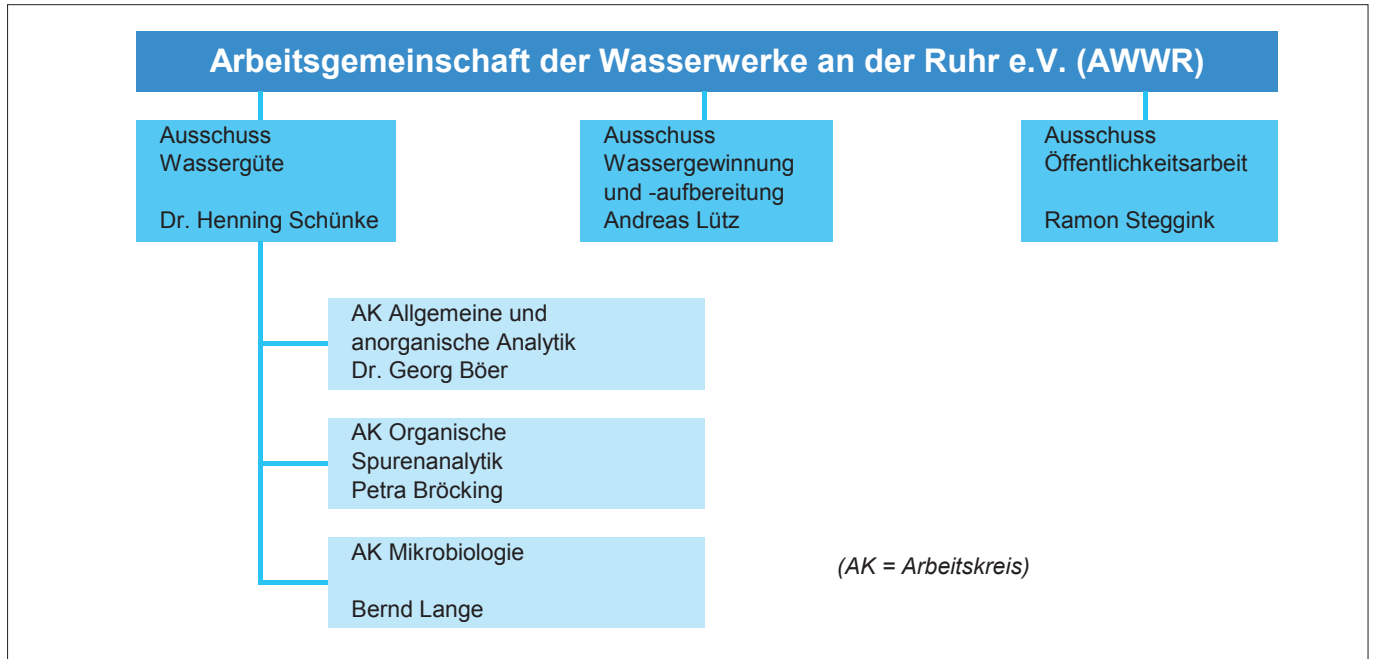
Kontakte

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
 Ortwin Rodeck, Gelsenwasser AG, Gelsenkirchen
 Dr. Mathias Schöpel, RWW Rheinisch-Westfälische Wasserwerksgesellschaft 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
Guido Lens, RWW Rheinisch-Westfälische Wasserwerksgesellschaft mbH, Mülheim
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
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

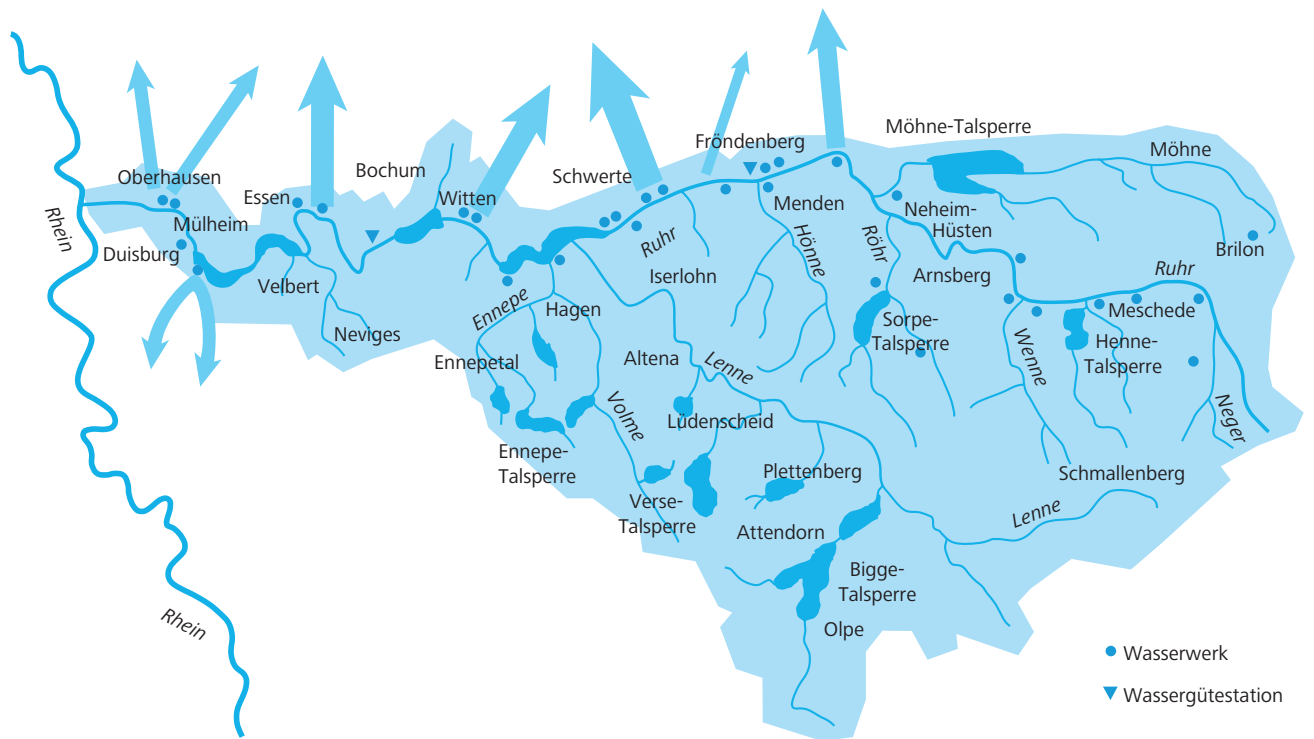
Thomas Bock, Wasserwerke Westfalen GmbH, Schwerte
Thomas Brenne, Mark-E Aktiengesellschaft, Hagen
Robert Dietrich, Hochsauerlandwasser GmbH, Meschede
Klaus Döhmen, AVU Aktiengesellschaft für Versorgungsunternehmen, Gevelsberg
Dr. Peter Evers, Ruhrverband, Essen
Christian Finger, Stadtwerke Brilon, Brilon
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 (ab 20.10.2015)

Ausschuss Öffentlichkeitsarbeit

Obmann: Ramon Steggink, RWW Rheinisch-Westfälische Wasserwerksgesellschaft mbH, Mülheim an der Ruhr

Jörg Fröhling, Hochsauerlandwasser GmbH, Meschede
Cornelia Helm, Stadtwerke Hamm GmbH, Hamm
Kai Krischnak, Stadtwerke Bochum GmbH, Bochum
Dirk Pomplun, Stadtwerke Essen AG, Essen
Jörg Prostka, AVU Aktiengesellschaft für Versorgungsunternehmen, Gevelsberg
Uwe Reuter, Mark-E-AG, Hagen
Markus Rüdell, Ruhrverband, Essen
Christian Skark, Wasserwerke Westfalen GmbH, Schwerte
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

19 Die AWWR in Zahlen



Mitglieder der AWWR

Anzahl der Wasserwerke

Gesamt-Wasserförderung

| | | |
|--|-------------------------------------|--------------------------------|
| AVU Gevelsberg | 1 | ca. 240 Mio. m ³ /a |
| Dortmunder Energie- und Wasserversorgung GmbH | siehe WWW | |
| Gelsenwasser AG (s. auch WWW/WMR) | 1 | |
| Hochsauerlandwasser GmbH | 6 | |
| Mark-E Aktiengesellschaft | 1 | |
| RWW Rheinisch-Westfälische Wasserwerksgesellschaft mbH | 4 | |
| Stadtwerke Arnsberg GmbH | 1 | |
| Stadtwerke Bochum GmbH | siehe WMR | |
| Stadtwerke Brilon AöR | 1 | |
| Stadtwerke Essen AG | 1 | |
| Stadtwerke Fröndenberg GmbH | 1 | |
| Stadtwerke Hamm GmbH | 1 | |
| Stadtwerke Menden GmbH | 1 | |
| Stadtwerke Sundern | 2 | |
| VWW Verbund -Wasserwerk Witten GmbH | 1 | |
| Wasserbeschaffungsverband Arnsberg | 1 | |
| Wassergewinnung Essen GmbH (WGE) | s. Stadtwerke Essen/Gelsenwasser AG | |
| Wasserwerke Westfalen GmbH (WWW) | 6 | |

20 Analysergebnisse des Ausschusses Wassergüte

Einführung

von Dr. Henning Schünke,
Westfälische Wasser- und Umweltanalytik GmbH

Allgemeines

Die nachfolgend dokumentierten und ausgewerteten Analysergebnisse der Ruhrwasserbeschaffenheit aus dem Jahr 2015 wurden von den folgenden Unternehmen für diesen Bericht zur Verfügung gestellt

- Mark-E Aktiengesellschaft, Hagen
- Ruhrverband, Essen
- RWW Rheinisch-Westfälische Wasserwerksgesellschaft mbH, Mülheim
- Stadtwerke Hamm GmbH, Hamm
- Wassergewinnung Mittlere Ruhr GmbH, Bochum
- Wasserwerke Westfalen GmbH, Schwerte

Die Untersuchungen erfolgten in den unternehmenseigenen Laboratorien bzw. für die Wassergewinnung Mittlere Ruhr und die Wasserwerke Westfalen durch die Westfälische Wasser- und Umweltanalytik GmbH. Weiterhin wurden Messungen im Ruhrverlauf durch den Ruhrverband und 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, bei der die Auswertung erfolgte.

Gemäß der seit 2006 geänderten Messstrategie erfolgte an zehn vereinbarten Messstellen eine zeitlich dichte Überwachung durch die Wasserversorger und den Ruhrverband, die mindestens eine monatliche Messung umfasste. Darüber hinaus wurden die Ruhr und ihre acht wichtigsten Nebenflüsse (meist im Mündungsbereich) quartalsweise hinsichtlich verschiedener physikalischer, chemischer und biologischer Größen in Form von Längsprofilen untersucht, um örtliche Veränderungen festzustellen. Die Daten für die Probenahme der Ruhrlängsuntersuchungen werden in Tabelle 20.1 aufgeführt. Eine Übersicht über die beprobten Messstellen und die untersuchenden Laboratorien gibt Tabelle 20.2 wieder.

Tabelle 20.1: Mittlere Abflüsse während der Längsuntersuchungen
Table 20.1: Average flows during examinations along the course of the river

| Längsuntersuchung Untersuchungslabor | Untersuchungs- zeitraum | Abfluss am Pegel Hattingen m ³ /s |
|---|----------------------------|---|
| Winter / Hygiene-Institut (HYG) | 16.02.2015 | 74,7 |
| Frühjahr / Ruhrverband (RV) | 09.–11.03.2015 | 74,6 |
| Sommer / Hygiene-Institut (HYG) | 10.08.2015 | 25,2 |
| Herbst / Ruhrverband (RV) | 05.–07.10.2015 | 27,5 |

Für die Messstellen der Nebengewässer ist in der Spalte Ruhr km in Klammern die Kilometrierung aufgeführt, bei der die Gewässer in die Ruhr münden. In Tabelle 20.3 sind für 40 untersuchte Kenngrößen die Mittelwerte zu acht Nebenflüssen/-bächen der Ruhr aufgeführt.

Seit 2006 gelten für die Ruhr überarbeitete Zielwerte, die als 90-Perzentile festgelegt wurden. Eine Ausnahme bilden die coliformen Bakterien, deren Zielwert als geometrisches Jahresmittel definiert ist. In Tabelle 20.4 sind für die 13 vereinbarten Stoffe bzw. Stoffgruppen die Zielwerte mit den in 2015 festgestellten Überschreitungen zusammengefasst.

Die untersuchten Pflanzenschutzmittel werden in Tabelle 20.5 gesondert betrachtet und zusammenfassend ausgewertet. Zur besseren Auffindbarkeit der dokumentierten Messgrößen enthält Tabelle 20.6 am Ende des Kapitels die Analysennachweise in alphabetischer Reihenfolge.

Ruhrlängsuntersuchungen

Die Auswertung und Dokumentation stützt sich auf knapp 5600 Werte, die im Rahmen der Längsuntersuchungen durch den Ruhrverband und das Hygiene-Institut erhoben wurden. Der Ruhrverband entnahm und analysierte an 31 Probenahmestellen Wasserproben hinsichtlich maximal 40 Kenngrößen (ohne Pflanzenschutzmittel), während das Hygiene-Institut mit der Untersuchung an 15 Stellen beauftragt wurde. Während der vier Längsuntersuchungen konnten am Pegel in Hattingen die in Tabelle 20.1 zusammengestellten Abflüsse bestimmt werden.

Die Analysergebnisse aus den Ruhrlängsuntersuchungen sind nachfolgend in Form von Ganglinien dargestellt (Bild 20.1 bis 20.7). Es wurden jeweils sechs Kenngrößen zu einem Block zusammengefasst. Die 42. dargestellte Größe in Bild 20.7 ist der mittlere Abfluss am Pegel in Hattingen während der Längsuntersuchungen. Werte unterhalb der Bestimmungsgrenze wurden mit dem Betrag der Bestimmungsgrenze in den Grafiken berücksichtigt und sind durch das Symbol „*“ kenntlich gemacht. Die senkrecht verlaufenden gestrichelten Linien kennzeichnen die Probenahmestellen. Die Abkürzungen RV bzw. HYG stehen für Ruhrverband respektive Hygiene-Institut.

Die Grafiken der Längsuntersuchung enthalten nur die Analysergebnisse der Ruhr, da in den Mündungen der Nebenbäche z.T. wesentlich höhere Messwerte vorlagen. Ergänzend zu den zusammengefassten Mittelwerten der acht Nebenflüsse/-bäche der Ruhr (Tabelle 20.4) zeigen in Bild 20.8 die sechs Längsprofile die Mittelwerte der ausgesuchten Kenngrößen als Punkte, die in den Grafiken dem Mittelwert der Größen in der Ruhr als Ganglinie gegenüber gestellt werden.

Tabelle 20.2: Übersicht über die Messstellen und die untersuchenden Laboratorien
 Table 20.2: 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 Kernnade |
| (67,35) | 1,33 | X | | | Ölbach, unterhalb Teich 3, 1330 m vor Mündung in die Ruhr |
| 62,65 | | X | X | WWU | Ruhr, Oberwasser Kraftwerk Stiepel WMR |
| 51,28 | | X | | | Ruhr, Schwimmbrücke Dumberg |
| 47,42 | | X | X | | Ruhr, Steele-Horst, Pumpwerk Gelsenwasser |
| 42,76 | | X | | RV | Ruhr, Essen-Rellinghausen, Zornige Ameise |
| 38,35 | | X | | | Ruhr, Einlauf Baldeneysee |
| 31,18 | | X | | | Ruhr, Auslauf Baldeneysee |
| 23,47 | | X | X | RWW | Ruhr, Auslauf Stausee Kettwig |
| (23,24) | 0,02 | X | | | Rinderbach, 20 m vor Mündung in die Ruhr |
| 14,43 | | X | | | Ruhr, Kraftwerk Mülheim-Kahlenberg |
| 11,35 | | | | RWW | Ruhr, Wasserwerk Styrum-Ost |
| 5,43 | | X | | | Ruhr, Duisburg Aackerfähre |

Mark E Mark-E Aktiengesellschaft, Hagen
 RV Ruhrverband, Essen
 RWW Rheinisch-Westfälische Wasserwerksgesellschaft mbH, Mülheim
 SWH Stadtwerke Hamm GmbH, Hamm
 WWU Westfälische Wasser und Umweltanalytik GmbH, Gesenkirchen und Schwerte

Zeitlich dichte Ruhrüberwachung

Die zeitlich dichte Überwachung der Ruhr erfolgte an zehn Probenahmestellen hinsichtlich maximal 24 Messgrößen. Aufgrund der unterschiedlichen Kapazitäten oder Monitoringstrategien der beteiligten Laboratorien wurden je nach Kenngröße in der Regel eine wöchentliche oder monatliche Untersuchung durchgeführt. In Einzelfällen betrug die jährliche Untersuchungshäufigkeit bis zu 132 Proben, teilweise wurden bestimmte Kenngrößen aber auch nicht bestimmt. Der Auswertung lagen mehr als 9200 Messwerte (ohne Pflanzenschutzmittel) aus der zeitlich dichten Ruhrüberwachung zugrunde.

Die Analyseergebnisse wurden zu statistischen Parametern wie Mittel-, Extrem- und Perzentilwerten verdichtet und nachfolgend in einer kombiniert tabellarisch/grafischen Form dokumentiert (Bild 20.9 bis 20.32). Innerhalb der Rechenalgorithmen wurden Werte unterhalb der Bestimmungsgrenze mit 30 % der Bestimmungsgrenze mit berücksichtigt. Bei den Mittelwerten und Perzentilen, deren errechneter Betrag unterhalb der Bestimmungsgrenze lag, wurde ersatzweise die Bestimmungsgrenze mit einem vorangestellten „<“ angegeben. Die Minimal- und Maximalwerte sind jeweils mit ihrem Messdatum angegeben. Sofern ein Extremwert mehrfach 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 entsprechenden Spalten. Welche Ganglinie zu welcher Spalte gehört, ist mittels einer farbigen Linie unterhalb der Tabellenspalten kenntlich gemacht. Zur besseren Vergleichbarkeit sind alle Grafiken zu einer Kenngröße gleich skaliert. Als ergänzende Information ist jeweils links der zeitliche Verlauf des Abflusses der Ruhr am Pegel in Hattingen dargestellt. Liegen Zielwertüberschreitungen vor, werden diese bei den 90-Perzentilen bzw. beim geometrischen Jahresmittel (nur coliforme Bakterien) durch eine fette Schrift hervorgehoben.

Pflanzenschutzmittel

Pflanzenschutzmittel (PSM) sind chemische Substanzen, die in erster Linie Nutzpflanzen vor Schädlingsbefall (meist Insekten oder Pilzen) schützen oder den konkurrierenden Pflanzenwuchs unterbinden sollen. Diese hochwirksamen Verbindungen, die z.T. nur langsam abgebaut werden, dürfen in Lebensmitteln, wie dem Trinkwasser, nur in äußerst geringen Konzentrationen vorkommen. Der Gesetzgeber hat für Einzelsubstanzen im Trinkwasser einen Grenzwert von 100 ng/l festgelegt, sowie für die Summe der Einzelsubstanzen, die über der Bestimmungsgrenze liegen, einen Wert von 500 ng/l.

Im Rahmen der Längsuntersuchungen und zeitlich dichten Ruhrüberwachung wurden 2015 knapp 5500 Bestimmungen von Pflanzenschutzmitteln durchgeführt. Von den 44 ausge-

werteten PSM wurden für vier Verbindungen Werte im Arbeitsbereich der Analyseverfahren gemessen, die übrigen Werte lagen unterhalb der jeweiligen Bestimmungsgrenze. Bei keiner Substanz wurde ein Messwert oberhalb des Trinkwassergrenzwertes von 100 ng/l nachgewiesen. In Tabelle 20.5 ist die Überschreitungsstatistik zusammengestellt.

Die nachfolgend dargestellten Ergebnisse zu Nährstoffen und Pflanzenschutzmitteln dienen gleichzeitig der Berichterstattung der Kooperation Landwirtschaft/Wasserwirtschaft an der Ruhr für das laufende 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.

Kommentierung der Ergebnisse 2015

Niederschläge und Abfluss: Nach den zwei sehr trockenen Jahren lagen die Niederschläge im Ruhreinzugsgebiet im Jahr 2015 erneut unter dem 30-jährigen Mittel, erreichten aber mit gut 90 % einen deutlich höheren Wert als zuvor (2013 ca. 70 %, 2014 ca. 75 %; DGJ-Seite Ruhrverband). Die Niederschläge traten im Vergleich zu den vorangehenden Jahren im Sauerland vor allem in den Sommermonaten auf, nach einigen Spitzenwerten zu Beginn des Winters fielen dann zum Ausklang des Winters nur relativ geringe Niederschläge (DWD-Daten).

Die Niederschläge wirkten sich entsprechend auf den Abfluss der Ruhr aus: vor allem im ausklingenden Winter lagen die mittleren Abflüsse auf Grund der geringeren Niederschläge unterhalb der langjährigen Mittelwerte. Aber auch in den Sommermonaten und dem Spätherbst wurden unterdurchschnittliche Abflüsse am Pegel Hattingen registriert. Nur in den Monaten April, Juli, September und Dezember erreichte bei höheren Niederschlägen auch der Abfluss die langjährigen Mittelwerte oder überschritt sie geringfügig. Erst zum Jahresende stieg der Abfluss mit den zunehmenden Niederschlägen deutlich an. Im Monat Dezember wurden im Ruhrverlauf die Informationsstufen für Hochwasser einmalig überschritten (LANUV-NRW). Am zentralen Pegel in Hattingen wurden die höchsten Abflüsse im Januar, April, August und Dezember gemessen. Der maximale Abfluss lag im Dezember bei 586 m³/s. Zur Einordnung der Ergebnisse wird der Ruhrabfluss am Pegel Hattingen als ergänzende Information in den Abbildungen 20.9 bis 20.32 mit aufgeführt.

Temperaturen: Der Verlauf der Wassertemperaturen folgte einem normalen Jahresgang, der gegenüber den relativ niedrigen Temperaturen des Vorjahres leicht höhere Werte aufwies. Insgesamt blieb die Temperatur trotz der etwas höheren Spitzenwerte im gesamten Ruhrverlauf stets unterhalb der 25 °C-Marke (Bild 20.9). Auch die vier Längsuntersuchungen über den Ruhrverlauf wiesen für die Temperaturen nur eine moderate Zunahme in der Messreihe der Sommerkampagne auf (Bild 20.1).

Tabelle 20.3: Mittelwerte ausgewählter Gütemerkmale von acht Nebenflüssen der Ruhr
 Table 20.3: Means of selected quality parameters for eight tributaries of the Ruhr

| Kenngröße | Zufluss / Ruhr-km | | | | | | | | |
|---|-------------------|---------------------|-----------------|----------------|----------------|--------------------|-----------------|-----------------|----------------|
| | Einheit | Rinderbach 23,24 | Ölbach 67,35 | Volme 87,67 | Lenne 92,72 | Baarbach 106,96 | Hönne 116,58 | Möhne 137,35 | Röhr 141,83 |
| Wassertemperatur | °C | 10,3 | 12,9 | 10,1 | 9,6 | 12,3 | 10,0 | 9,5 | 8,3 |
| pH-Wert | | 8,45 | 7,70 | 8,10 | 8,00 | 7,65 | 8,40 | 8,15 | 7,95 |
| Elektrische Leitfähigkeit | µS/cm | 606 | 2610 | 346 | 332 | 1358 | 628 | 388 | 372 |
| Trübung | FNU | 6,9 | 5,9 | 6,4 | 2,4 | 10,2 | 2,2 | 1,5 | 4,1 |
| Spektr. Absorptionskoeff. bei 254 nm | 1/m | 5,1 | 9,9 | 5,1 | 3,6 | 11,4 | 2,9 | 8,8 | 2,9 |
| Spektr. Absorptionskoeff. bei 436 nm | 1/m | 0,40 | 0,75 | 0,45 | 0,30 | 0,85 | 0,25 | 0,40 | 0,20 |
| Biochem. Sauerstoffbedarf in 5 Tagen | mg/l | 2,1 | 2,3 | < 3,0 | < 3,0 | 2,2 | 1,4 | 1,1 | 1,2 |
| Chemischer Sauerstoffbedarf (CSB) | mg/l | 10,9 | 29,9 | 9,8 | 7,0 | 21,1 | 4,9 | 9,2 | 4,7 |
| Gelöster organ. gebund. Kohlenstoff (DOC) | mg/l | 2,4 | 5,3 | 2,6 | 1,7 | 5,2 | 1,5 | 3,6 | 2,0 |
| Gelöster Sauerstoff | mg/l | 11,7 | 9,2 | 11,3 | 11,0 | 9,9 | 11,0 | 11,0 | 11,4 |
| Chlorophyll-a | µg/l | 26,2 | 15,7 | 4,9 | 7,5 | 5,9 | 2,6 | 2,7 | 1,2 |
| Gesamter gelöster Phosphor als PO4 | mg/l | 0,35 | 0,38 | 0,26 | 0,12 | 0,81 | 0,17 | < 0,5 | 0,12 |
| Borat-Bor | mg/l | | | 0,05 | < 0,05 | | | | |
| Ethylendinitrilotetraessigsäure (EDTA) | µg/l | 3,8 | 6,9 | 2,0 | 3,1 | 16,5 | 1,7 | < 1,0 | < 1,0 |
| Nitritotriessigsäure (NTA) | µg/l | < 1,0 | < 1,0 | < 2,0 | < 2,0 | < 1,0 | < 1,0 | < 1,0 | < 1,0 |
| Diethylenitrilotriessigsäure (DTPA) | µg/l | < 1,0 | < 1,0 | < 1,0 | < 1,0 | < 1,0 | < 1,0 | < 1,0 | < 1,0 |
| Ammonium | mg/l | 0,02 | 0,42 | 0,06 | 0,03 | 0,15 | < 0,0 | 0,02 | 0,03 |
| Nitrat | mg/l | 21,7 | 7,8 | 15,1 | 11,3 | 29,2 | 20,7 | 6,9 | 13,3 |
| Nitrit | mg/l | < 0,20 | < 0,20 | < 0,20 | < 0,20 | 0,76 | < 0,20 | < 0,20 | < 0,20 |
| Organisch gebundener Stickstoff | mg/l | 0,55 | 0,90 | 0,41 | < 0,40 | 1,10 | 0,23 | 0,35 | < 0,20 |
| Mangan | µg/l | 28 | 145 | 24 | 15 | 123 | 14 | 24 | 35 |
| Gelöstes Mangan | µg/l | < 10,0 | 117 | < 10,0 | 15,3 | 75 | < 10,0 | < 10,0 | < 10,0 |
| Eisen | mg/l | 0,26 | 0,31 | 0,19 | 0,10 | 0,53 | 0,08 | 0,05 | 0,36 |
| Gelöstes Eisen | mg/l | 0,02 | 0,03 | 0,04 | 0,03 | 0,06 | 0,01 | 0,02 | 0,01 |
| Natrium | mg/l | 49 | 460 | 25 | 22 | 98 | 40 | 29 | 11 |
| Kalium | mg/l | 7,2 | 22,0 | 4,0 | 3,2 | 21,5 | 4,0 | 2,5 | 2,0 |
| Magnesium | mg/l | 13,0 | 30,0 | 6,2 | 7,0 | 13,0 | 7,8 | 5,9 | 6,9 |
| Calcium | mg/l | 73 | 89 | 33 | 35 | 160 | 82 | 42 | 54 |
| Barium | µg/l | 13 | 435 | < 50 | < 50 | 25,5 | 37,5 | 23,5 | 39,5 |
| Kupfer | µg/l | 2,3 | 2,6 | 3,6 | 2,5 | 6,5 | 2,3 | 1,4 | 2,1 |
| Nickel | µg/l | 2,4 | 4,3 | 2,2 | 1,2 | 12,6 | 1,3 | 2,2 | 3,1 |
| Chrom | µg/l | < 1,0 | < 1,0 | < 1,0 | < 1,0 | 2,1 | < 1,0 | < 1,0 | < 1,0 |
| Zink | µg/l | 23,5 | 16,5 | 37,7 | 18 | 80,5 | 10,9 | 2,4 | 5,2 |
| Blei | µg/l | 2,5 | 0,5 | 1,2 | < 1,0 | 1,6 | 0,3 | < 0,1 | 2,6 |
| Cadmium | µg/l | 0,06 | < 0,10 | < 0,10 | < 0,10 | 0,14 | < 0,10 | < 0,10 | < 0,10 |
| Chlorid | mg/l | 73 | 554 | 33 | 29 | 223 | 64 | 38 | 16 |
| Sulfat | mg/l | 59 | 95 | 33 | 29 | 101 | 41 | 24 | 46 |
| Fluorid | mg/l | 0,13 | 0,17 | 0,07 | 0,06 | 0,20 | 0,08 | 0,10 | 0,07 |
| Polycyclische aromat. Kohlenwasserstoffe | ng/l | 4 | 4 | 21 | 4 | 0 | 1 | 0 | 2 |
| Adsorb. org. geb. Halogene (AOX) | µg/l | 9,0 | 26,0 | < 10,0 | < 10,0 | 21,0 | < 10,0 | 9,5 | < 5,0 |
| Coliforme Bakterien | 1/100 ml | 6609 | 9506 | 16702 | 941 | 24196 | 650 | 88 | 4306 |

Tabelle 20.4: Zielwerte für die Qualität des Ruhrwassers mit Überschreitungen im Jahr 2015
 Table 20.4: Target values for the quality of Ruhr water and exceedings in 2015

| Kenngröße | | Überschreitungen der Zielwerte 2015 | Einheit | Zielwert als 90 Perzentil | Trinkwasser-Grenzwert (TrinkwV. 2001) |
|----------------------------------|-----------------|-------------------------------------|----------|---------------------------|---------------------------------------|
| Cadmium | Cd | keine | µg/l | 1 | 5 |
| Nickel | Ni | keine | µg/l | 10 | 20 |
| Ammonium | NH ₄ | keine | mg/l | 0,6 | 0,5 |
| Nitrat | NO ₃ | keine | mg/l | 25 | 50 |
| Phosphat gesamt gelöst | PO ₄ | keine | mg/l | 0,5 | |
| Gel. org. geb. Kohlenstoff | DOC | keine | mg/l | 5 | |
| Tetrachlorethen | | keine | µg/l | 1 | 10 für die Summe aus beiden |
| Trichlorethen | | keine | µg/l | 1 | |
| Diethyltrinitrilopentaessigsäure | DTPA | keine | µg/l | 10 | |
| Ethylendinitrilotetraessigsäure | EDTA | an einer Stelle | µg/l | 10 | |
| Nitrilotriessigsäure | NTA | keine | µg/l | 10 | |
| PSM ¹⁾ | | keine | ng/l | 50 | 100 |
| Coliforme Bakterien | | keine | 1/100 ml | 15000 ²⁾ | 0 |

¹⁾ Organisch-chemische Stoffe zur Pflanzenbehandlung und Schädlingsbekämpfung.

²⁾ Zielwerte als geometrisches Jahresmittel.

Leitfähigkeit und Salze: Bei den Leitfähigkeiten lagen für das Jahr 2015 keine Untersuchungen in der unteren Ruhr an den Standorten Essen-Kettwig und Mülheim-Styrum vor. Trotz der höheren Abflüsse zeigten die Leitwerte in der Ruhr nur wenig Abweichungen von den Werten aus den beiden vorangehenden Jahren, in denen durch die geringeren Niederschläge mit höheren Leitwerten zu rechnen war. So wurden in den Spitzen nicht nur an der Messstelle in Essen-Rellinghausen die Werte aus den Vorjahren sogar noch überschritten. Mit Ausnahme der starken Abnahme Ende November / Anfang Dezember, bedingt durch die hohen Niederschläge, lagen die Leitfähigkeiten weitgehend auf einem ausgeglichenem Niveau. Entsprechend der ausgeglichenen Abflüsse traten nur geringe Schwankungen bei der Leitfähigkeit auf. Die Leitfähigkeit zeigte über den Verlauf der Ruhr die übliche Zunahme (Bild 20.10), wie sie auch bei der Längsuntersuchung diese Zunahme im Ruhrverlauf nachgewiesen werden konnte und vor allem in der Sommer- und der Herbstmessung auftrat. Auffällig war bei der Herbstmessung ein stufenweiser Verlauf: Nach einem stetigen Anstieg im oberen Bereich erfolgte eine Abnahme durch den Zustrom der Lenne (Bild 20.1). Dieses niedrigere Niveau blieb bis zum Zustrom des Ölbaches erhalten, stieg hier aber durch den Zustrom deutlich an und wurde im weiteren Verlauf durch Verdünnung erneut verringert.

Ein wichtiger Beitrag zur Leitfähigkeit mit einem vergleichbaren Verlauf stellt die Konzentration des Chlorids dar (Bild 20.26). Auch hier wurden die Schwankungen in Abhängigkeit der Abflüsse beobachtet. Der Verlauf entsprach erwartungsgemäß dem der Leitfähigkeit. Der detaillierteste Verlauf, in dem die höchsten auftretenden Schwankungen erfasst wurden, liegt für die Messstelle Essen-Rellinghausen vor, die am häufigsten probiert wurde.

Die Konzentrationen der übrigen Ionen zeigten bei den Längsuntersuchungen einen dem Chlorid entsprechenden Verlauf (Bild 20.6): Die Konzentrationen nahmen über den Ruhrverlauf meist durchgehend zu. In der Messung im Herbst trat dagegen im Bereich des Ölbachs ein sprunghafter Konzentrationsanstieg bei Natrium, Barium und Chlorid auf, der auf eine zeitlich begrenzte starke Salzfracht hindeutet, da in den übrigen Messungen an dieser Messstelle kein überhöhter Konzentrationsanstieg zu messen war und auch im weiteren Ruhrverlauf fallende Konzentrationen auf ein zeitlich begrenztes Ereignis hindeuten.

Trübung: Auch für die Trübung besteht durch die Mobilisierung von Sedimenten ein enger Zusammenhang mit den Abflüssen der Ruhr. In der Überwachung durch die Wasserversorger traten 2015 bei der Trübung nur wenige Spitzen auf, die mit den hohen Abflüssen korreliert waren. Überwiegend lagen die Werte in einem niedrigen Bereich (Bild 20.12). Besonders ausgeglichen waren die Messwerte in der mittleren Ruhr. Dagegen wurden an der Messstelle Essen-Rellinghausen bei den sehr häufigen Untersuchungen des Ruhrverbands die höchsten Schwankungen festgestellt, die auch hier sehr eng mit den Abflüssen korreliert waren. In den Längsuntersuchungen wurde ein ausgeglichener Verlauf der Trübung nur in der Winter- und Sommermessung durch das Hygiene-Institut bestätigt. Dabei wurde eine Abnahme über den Ruhrverlauf beobachtet, die durch die Stauhaltungen bewirkt worden sein dürfte. In der Frühjahrs- und der Herbst-Messung durch den Ruhrverband wurden dagegen hohe Schwankungen im Ruhrverlauf gemessen (Bild 20.1). Der Hintergrund dieser Schwankungen dürfte in lokalen Ereignissen begründet sein. Aus den vorliegenden Daten konnten hierfür keine eindeutigen Gründe abgeleitet werden.

Chlorophyll, Sauerstoff und pH-Werte: Der Gehalt an Chlorophyll a (Bild 20.13) gilt als Maß für die Primär-Produzenten – die Algen – und trat mit einem jahreszeitlichen Maximum im Frühjahr in der mittleren und unteren Ruhr ab der Messstelle Hengsen auf. Im Oberlauf wurden dagegen nur minimale Chlorophyllgehalte gemessen, die keine deutliche Entwicklungsdynamik aufwiesen. Die Wachstumsphase erstreckte sich von März bis in den Juni, während im weiteren Jahresverlauf keine relevanten Chlorophyllkonzentrationen mehr nachweisbar waren. Die Spitzenwerte für Chlorophyll a wurden am Ablauf des Hengsteysees gemessen. In der Ruhrlängsuntersuchung wurden bei der Frühjahrsmessung ebenfalls die höchsten Chlorophyllgehalte nachgewiesen. Auch hierbei wies der Ablauf des Hengsteysees den Spitzenwert auf (Bild 20.1). Im Gegensatz zu den Vorjahren wurden 2015 auch im oberen Ruhrverlauf höhere Werte in der Frühjahrsmessung registriert. Dagegen traten im weiteren Ruhrverlauf mit seinen Stauhaltungen bei der Längsuntersuchung nur geringe Konzentrationen auf.

Das Wachstum von Algen beeinflusst weitere Parameter im Flusssystem: während des Hauptwachstums wird durch die Photosynthese das gelöste Kohlendioxid gezehrt und Sauerstoff freigesetzt (Bild 20.15). Aus den zeitdichten Untersuchungen wurden in der oberen und mittleren Ruhr diese Änderungen bei den Konzentrationen an Sauerstoff nur an der Messstelle Hengstey deutlich. In den übrigen Messstellen folgten die Sauerstoffgehalte vor allem der Löslichkeit des Gases auf Grund der Wassertemperaturen der Ruhr.

Den gegenteiligen Effekt auf diesen Parameter erwartet man beim Abbau der Biomasse im Anschluss an die Algenblüte durch die Destruenten, die eine Zehrung des Sauerstoffs bewirken sollten. Auch hier wurde keine eindeutige Zehrung festgestellt, sondern trat eine Überlagerung durch den Einfluss der Temperaturen in den Sommermonaten auf. In der Untersuchung der Wasserversorger wurde an keiner Untersuchungsstelle eine für Fische kritische Konzentration an Sauerstoff (4 mg/L) gemessen oder gar unterschritten.

Dagegen zeigte sich in der Längsuntersuchung im Sommer ein deutlicher Zehrungseffekt im Bereich der mittleren Ruhr, der mit der vorangehenden starken Entwicklung der Algen in diesem Bereich zusammenhängen dürfte. In diesem Ruhrabschnitt bewirkte die Zehrung zum Messzeitpunkt eine Abnahme der Sauerstoffkonzentration, wobei 4 mg/L geringfügig unterschritten wurde (Bild 20.2).

Neben der Produktion von Sauerstoff als Nebenprodukt des Algenstoffwechsels wird beim Aufbau der Biomasse im Wachstum auch gelöstes Kohlendioxid gebunden. Auf Grund des Gleichgewichts von Kohlendioxid und Kohlensäure wird dadurch indirekt der pH-Wert des Gewässers angehoben. Dieser erwartete Effekt konnte in der zeitdichten Überwachung in der mittleren Ruhr an der Probenahmestelle Hengstey beobachtet werden (Bild 20.11), trat aber auch in der Frühjahrsmessung bei der Längsuntersuchung auf (Bild 20.1).

Nährstoffe, gebundener Kohlenstoff und UV-Absorption: Die Biomasse-Produktion durch die Algen entzieht neben dem Kohlendioxid dem Gewässer auch Nährstoffe, die neben dem Kohlenstoff für den Aufbau der Zellsubstanz benötigt werden. Dabei wird am ehesten ein Effekt bei den Makroelementen sichtbar. Als wichtigster Nährstoff ist hier das Phosphat für die Algenentwicklung zu nennen. In der Ruhr konnten entsprechend der Wachstumsphase die geringsten Gehalte an Phosphaten vor allem an den Orten des Algenwachstums im Frühjahr festgestellt werden (Bild 20.21). Nach der Wachstumsphase stiegen ab Juni die Gehalte wieder auf höhere Phosphatkonzentrationen an. An der Messstelle Essen-Rellinghausen waren zwischen Mitte Juni und Ende September auf Grund eines Geräteausfalles keine Messwerte verfügbar. Der herabgesetzte Phosphatgehalt wurde auch bei den Längsuntersuchungen deutlich, da in der Frühjahrsuntersuchung durchgehend deutlich reduzierte Gehalte nachgewiesen wurden, die nur etwa die Hälfte der im Sommer bestimmten Konzentrationen erreichten (Bild 20.3).

Neben dem Phosphat sind die Stickstoffe und hier vor allem das Nitrat und Nitrit als Nährstoffe entscheidend für das Wachstum. Das Nitrat zeigte einen deutlichen jahreszeitlichen Gang von den höchsten Werten im ausklingenden Winter über einen leichten Anstieg zu Beginn des Frühjahrs, der auf einen Eintrag durch die Düngung zurückzuführen sein dürfte, bis hin zu einer kontinuierlichen Abnahme zum Ende des Frühjahrs und in den Sommermonaten (Bild 20.20). Nach einem ersten Anstieg im Spätsommer trat Mitte November eine deutliche Mobilisierung des Nitrates auf, so dass eine Verdoppelung der Konzentrationen in den Wintermonaten nachgewiesen werden konnte. Die Freisetzung von Nitrat im Sommer und zum Winter dürfte durch eine Mobilisierung von Nährstoffen nach der Wachstumsperiode, aber auch durch weitere Düngemaßnahmen vor der Winterpause bedingt sein. Die unterschiedlichen Niveaus an Nitrat waren auch in den Längsuntersuchungen nachweisbar (Bild 20.3). Hier zeigten sich in der Wintermessung (16.02.2016) die höchsten Konzentrationen, während die Werte über das Frühjahr (11.03.2016) und den Sommer (10.08.2016) abnahmen, in der Herbstmessung (05.10.2016) aber bereits wieder anstiegen.

Als weitere Stickstoffkomponente wurde das Ammonium sowohl im zeitdichten Monitoring als auch bei der Ruhrlängsuntersuchung untersucht. Als Stickstoffkomponente wird Ammonium beim Abbau von Biomasse freigesetzt oder als Produkt bei einer unvollständigen Klärung auf Grund von niedrigen Temperaturen oder hohem Durchfluss aus den Kläranlagen emittiert. Dieser Zusammenhang kann sowohl in der zeitdichten Untersuchung (Bild 20.19) als auch in der Längsuntersuchung (Bild 20.3) nachvollzogen werden. Nach leicht erhöhten Konzentrationen in den Wintermonaten nahm der Gehalt im Frühjahr ab und wies in den Sommermonaten starke Schwankungen auf (Bild 20.19). An der Messstelle in Essen-Rellinghausen ließ sich in der zeitdichten Überwachung der Einfluss eines Starkregens Ende März auf die Abwasserklärung feststellen. Trotz der hohen Schwankungen blieb die Konzentration

an Ammonium deutlich unter dem Trinkwassergrenzwert, dem Zielwert der AWWR und des Fließgewässermemorandums. Eine fast durchgängig niedrige Konzentration von Ammonium konnte in den Längsuntersuchungen festgestellt werden (Bild 20.3). Nur in der Sommer- und der Herbstmessung wurden höhere Konzentrationen gemessen, die auf den Abbau von Biomasse aus den vorangehenden Algenblüten zurückzuführen sein dürften.

Ein weiterer Parameter, der von den Algen als Primärproduzenten mit beeinflusst wird, ist der gelöste organische Kohlenstoff (DOC), der sowohl in der zeitdichten als auch in der Längsuntersuchung untersucht wird. Bei der zeitdichten Untersuchung war ein jahreszeitlicher Verlauf feststellbar, der nach niedrigen Werten in den Winter- und Frühjahrsmonaten einen leicht ansteigenden Verlauf im Sommer aufwies (Bild 20.16). Insgesamt unterliegt dieser Parameter jedoch kurzzeitigen Schwankungen, die wohl durch örtlich begrenzte Ereignisse ausgelöst werden.

Ein paralleler Verlauf wurde bei der Untersuchung der UV-Absorption festgestellt (Bild 20.17), da hier über den indirekten fotometrischen Nachweis die Kohlenstoffe mit erfasst werden. Auch hier trat ein jahreszeitlicher Gang auf.

In den Längsuntersuchungen zeigten diese beiden Parameter einen ähnlichen Verlauf, wobei für die Werte der UV-Absorption deutlichere Unterschiede auftraten. Für die vier Längsuntersuchungen wurden unterschiedliche Niveaus im Sommer, Herbst und Winter/Frühjahr bestimmt (Bild 20.2). Die Messungen wiesen einen auffälligen sprunghaften Anstieg hinter dem Zustrom der Möhne auf, der in den Vorjahren nicht auftrat. Als Ursache für den sprunghaften Anstieg käme dabei der Zustrom aus dem Nebenfluss oder eine andere örtliche Beeinflussungen in Frage. Eine weitere Kontrolle des Anstieges scheint deshalb ratsam.

Metalle: Bei den Metallbestimmungen wurden durch die unterschiedlichen Bestimmungsgrenzen der Labore die Konzentrationsverläufe in der Ruhr nicht immer erfasst. Nur für das Mangan konnten an allen Messstellen durchgängige Konzentrationsverläufe bestimmt werden (Bild 20.25). Für Nickel wiesen zwei Probestellen (Bild 20.24) und für Chrom und Cadmium nur die Probestelle in Essen auf Grund der niedrigen Nachweisgrenzen oder des zeitlich engeren Messintervalls einen Verlauf über das Jahr auf (Bild 20.23 und 20.22).

Bei dem gelösten Mangan wurde in der zeitdichten Untersuchung neben dem Einfluss der Ruhrabflüsse und ein daraus resultierendes Rücklösen aus den Sedimenten zum Anfang des Jahres 2015 auch ein auffällig hoher Gehalt an der Messstelle Hengstey mit einer deutlich geringeren Auswirkung an der Messstelle Witten und Essen festgestellt (Bild 20.25). Dabei lagen die Konzentrationen an Mangan selbst in den Zeiten des niedrigen Abflusses bis etwa Mitte September deutlich über den anderen Messstellen. Die Ursache könnte hier in der Einleitung der Komplexbildner an der Mündung der Lenne be-

dingt sein, die im Gewässer zu einer Rücklösung des Metalls aus Sedimenten führen. Die weitere Diskussion über die Komplexbildner erfolgt bei den Spurenstoffen. Auch in der Längsuntersuchung war bei dem gelösten Mangan ein deutlicher Anstieg im Bereich zwischen dem Lennezfluss und dem Volmezufluss im Winter, Frühjahr und Sommer messbar (Bild 20.5). Dagegen wies die Wintermessung keinen Anstieg bis zum Auslauf des Baldeneysees auf. Der an dieser Stelle auftretende Konzentrationsprung war auch in der Frühjahrmessung messbar. Ein Hintergrund für diese Erhöhung konnte nicht ermittelt werden.

Beim Nickel (Bild 20.24) wiesen die Messstellen mit höheren Bestimmungsgrenzen meist Median-Werte an der Bestimmungsgrenze auf. Vor allem zu den Zeiten mit niedrigen Abflüssen lagen die Werte an der Bestimmungsgrenze und es gab nur wenige Spitzenwerte darüber. In den Messstellen mit niedrigerer Bestimmungsgrenze wurden diese niedrigen Werte bestätigt. In Essen wies der Ruhrverband durch die häufige Beprobung eine strenge Korrelation mit den Abflüssen und damit die Mobilisierung aus den Sedimenten nach. Auch in den Längsuntersuchungen (Bild 20.4) wurden nur in einer Untersuchungsreihe höhere Werte für Nickel ermittelt. Vor allem bei der Herbstmessung wurden Werte oberhalb der Bestimmungsgrenzen detektiert. Dabei trat nach der Mündung der Möhne eine deutliche Zunahme dieses Metalls auf. Ähnliche Anstiege wurden bereits in den letzten Jahren nachgewiesen. Die Ursache hierfür könnte im Zustrom der Möhne oder aber einer anderen Einleitung im Bereich der Mohnemündung liegen.

Auch das Cadmium konnte nur an zwei Messstellen mit niedriger Bestimmungsgrenze gemessen werden. In Essen wurden dabei mit den häufigen Messungen einige Spitzen bei den Konzentrationen erfasst, die mit den Abflüssen korrelierten (Bild 20.22). In den übrigen Messstellen waren keine Konzentrationsgänge in der Ruhr messbar. Auch im Jahr 2015 zeigten die Längsuntersuchungen vor allem in der Sommeruntersuchung im Ruhrverlauf starke Konzentrationsspitzen für Cadmium im mittleren Ruhrabschnitt. Nach 2014 war hier der Spitzenwert allerdings wieder deutlich erhöht (Bild 20.4). Eine Ursache für die Spitzenbelastung konnte nicht identifiziert werden.

Für das Chrom wurden in der zeitdichten Untersuchung ähnliche Verläufe wie beim Cadmium nachgewiesen (Bild 20.23). Auch bei Chrom hing die Konzentration deutlich mit den Abflüssen zusammen. In der Längsuntersuchung wurde Chrom im Bereich der Bestimmungsgrenze allerdings ohne die Spitzenwerte wie beim Cadmium gemessen (Bild 20.4).

In den Längsuntersuchungen wurden noch weitere Metalle wie Kupfer, Blei, Zink und Eisen erfasst (Bild 20.4 und 20.5). Dabei traten für das Zink in der oberen Ruhr höhere Konzentrationen auf, die auf der geogenen Belastung aus dem ehemaligen Bergbau beruhen. Für das Eisen wurde v.a. das gelöste Metall im Bereich der mittleren Ruhr um die Lennemündung

in höheren Konzentrationen nachgewiesen (Bild 20.5). Als Auffälligkeit liegt beim Magnesium eine deutliche Zunahme nach dem Zustrom des Ölbachs in der Herbstmessung vor, während das Calcium im Bereich des Lennezufusses bei der Frühjahrs- und der Herbstmessung eine Abnahme aufwies. Für den Calciumrückgang lässt sich rechnerisch der Zufluss der Lenne verantwortlich machen.

Anthropogene Spurenstoffe: Organische Halogenverbindungen werden als Summenparameter durch den AOX-Gehalt (adsorbierbare organische Halogene) erfasst. Die Medianwerte lagen an allen Messstellen bei der zeitdichten Untersuchung unter der üblicherweise angewendeten Bestimmungsgrenze von 10 µg/L (Bild 20.27). In Essen wurde mit einer niedrigeren Bestimmungsgrenze (5 µg/L) ein Wert von 7 µg/L als Median bestimmt. Messwerte oberhalb von 10 µg/L traten nur selten auf. Allerdings waren trotz der höheren Abflüsse bei diesem Parameter in einigen Messstellen höhere Spitzenwerte als im Vorjahr nachweisbar. In der Längsuntersuchung wurden die geringen Konzentrationsschwankungen bei dem Parameter bestätigt (Bild 20.7).

Die kurzkettigen Chlorkohlenwasserstoffe Tetrachlorethen (Bild 20.28) und Trichlorethen (Bild 20.29) lagen unter der verwendeten Bestimmungsgrenze von 0,1 µg/L. Nur in Essen konnten auf Grund der niedrigeren Bestimmungsgrenze Werte ermittelt werden, die ebenfalls deutlich unter der allgemein verwendeten Bestimmungsgrenze lagen.

Bei den Komplexbildnern wurden drei Komponenten untersucht: neben dem abbaubaren NTA wurden DTPA und das EDTA bestimmt. Nach der Belastung unterhalb des Lennezufusses der letzten Jahre konnte für das DTPA eine deutlich niedrigere Konzentration an der Probestelle Hengstey gemessen werden, die im Laufe des Jahres noch weiter zurückging. Im weiteren Ruhrverlauf war diese Substanz durch ihre Umsetzung zu EDTA nur noch in geringen Spuren auffindbar (Bild 20.30).

Ebenfalls in nur geringen Spuren wurde zeitweilig das abbaubare NTA nachgewiesen (Bild 20.32).

Dagegen wurde für EDTA mit einem durchgehenden Nachweis über den Verlauf der Ruhr ein diffuser Eintrag nachgewiesen (Bild 20.31). Im oberen Verlauf lag erneut wie in den Vorjahren eine Grundbelastung mit ca. 2 µg/L aus diffusen Einträgen vor. Ab der Messstelle Hengstey waren jedoch wieder deutlich erhöhte Lasten durch den Eintrag an der Lennemündung festzustellen, die auch eine Erhöhung bis nach Essen nach sich zogen. Im Unterschied zu den Vorjahren wurden aber reduzierte Konzentrationen bestimmt. Neben zwei Spitzenlasten konnte aus den gemessenen Werten aber ein abnehmender Trend ermittelt werden. Eine Überschreitung des Zielwertes der AWWR wurde deshalb nur an der Messstelle Hengstey gefunden. Insgesamt war eine deutlich reduzierte Belastung festzustellen, die im Jahresgang weiter abnahm. Trotzdem bleibt diese Stoffgruppe auf Grund der Punkteinleitung Ursache für

die einzige Überschreitung der AWWR-Zielwerte (Tabelle 20.2). Nach der leichten Verbesserung im letzten Jahr sind die Belastungen im Jahr 2015 nochmals deutlich zurückgegangen. Eine weitere Verbesserung sollte für diesen bekannten punktuellen Eintrag umgesetzt werden.

Die Längsuntersuchungen ergänzen dieses Bild bei den Komplexbildnern und bestätigen den Rückgang im Jahresverlauf (Bild 20.7). Allerdings trat an den Messstellen hinter dem Zustrom des Ölbachs in der Sommermessung ein deutlicher Spitzenwert auf, der auf eine zeitlich begrenzte Einleitung hinweist. Die Komplexbildner sind überdies mit verantwortlich für die erhöhten Werte bei dem gelösten Mangan (s. Metalle). Da vergleichbare Effekte auch bei Schwermetallen vorliegen dürften, sollte eine weitere Reduktion der Komplexbildner auch positive Effekte auf die Metalllasten mit sich bringen.

Pflanzenschutzmittel (PSM) spielen bei der Wassergüte in der Ruhr seit Jahren eine untergeordnete Rolle. Auch 2015 wurden nur wenige Befunde bei PSM in den Analysen nachgewiesen (Tabelle 20.5). Von den untersuchten Pflanzenschutzmitteln wurden nur vier Substanzen nachgewiesen, wobei alle Konzentrationen unter der 0,1 µg/L-Grenze lagen. Dabei waren zwei Wirkstoffe nur einmalig nachweisbar (Isoproturon und Metamitron). Am häufigsten wurde in 2015 erneut das MCPA in 3,6 % der Proben gemessen. Dieser Wirkstoff wird neben der Landwirtschaft auch im Gartenbau eingesetzt. In 2,7 % der Proben wurde Mecoprop nachgewiesen, ein Wirkstoff, der ebenfalls im Gartenbau eingesetzt wird.

Gewässerhygiene: Als Parameter für den hygienischen Zustand wurde das Vorkommen von coliformen Bakterien bestimmt (Bild 20.14). Die zeitdichten Untersuchungen wiesen Spitzenbelastungen vor allem in der oberen und mittleren Ruhr nach. Dagegen wurden in der unteren Ruhr nach den Stauhaltungen deutlich weniger Spitzenbelastungen gefunden. Die nachgewiesenen Spitzenwerte korrelierten nicht mit den Abflüssen in Hattingen. Für diese Korrelation müssten die lokalen Niederschlagsereignisse für die jeweiligen Messstellen in der oberen und mittleren Ruhr vorliegen. Die ausgeglichenen Koloniezahlen in der unteren Ruhr dürften durch die zusätzliche Reinigungsleistung sowie den deutlich besseren Ausgleich in den Stauhaltungen bedingt sein. Bei den statistischen Werten wird für die bakterielle Belastung das geometrische Mittel für den AWWR-Zielwert von 15.000 KBE/100mL genutzt. Bei dieser Auswertung ist seit Jahren keine Überschreitung mehr festgestellt worden. Bei den Längsuntersuchungen im Frühjahr und Herbst (Bild 20.1) wurden jedoch über den gesamten Verlauf der Ruhr Werte festgestellt. Die Verteilung unterschied sich deutlich zwischen der Frühjahrs- und Herbstkampagne: im Frühjahr trat in der oberen Ruhr eine Spitze auf, während im Herbst drei Werte in der unteren Ruhr messbar waren. Die auftretenden Spitzen erreichten nicht die Höchstwerte der zeitdichten Untersuchungen, zeigen aber auch, dass die hygienische Belastungen im gesamten Verlauf der Ruhr vorkommen.

Nebengewässer: Neben der Ruhr werden vom Ruhrverband vier Untersuchungen der Nebengewässer vorgenommen, deren Ergebnisse als Mittelwerte tabellarisch zusammengefasst (Tabelle 20.4) und für ausgesuchte Parameter in Bild 20.8 mit den Werten der Ruhr verglichen wurden. Tabelle 20.4 zeigt deutlich die hohen Belastungen einiger Nebengewässer, die auch als Vorflut für große Kläranlagen dienen. Mit einer hohen Belastung durch Salze, Metalle und Stickstoffe konnte das Wasser aus dem Ölbach charakterisiert werden. Noch höhere Belastungen wies der Baarbach auf, der als kleines Nebengewässer durch die Schwerpunktkläranlage besonders belastet wird, wie aus den Werten abzulesen ist. Auch hier ist ein deutlicher Einfluss von organischer Belastung und Metallen ablesbar. Daneben sind hier auch Komplexbildner nachweisbar. Diese Belastung wird auch in Bild 20.8 verdeutlicht. Im Baarbach wurden hohe Werte für EDTA, Kalium, AOX und coliforme Bakterien gefunden, die auf den starken Einfluss von Abwässern hinweisen. Ähnlich erhöhte Konzentrationen gegenüber den Ruhrwerten sind auch für die anderen Substanzen aus Tabelle 20.3 zu erwarten. Aus dem Ölbach wurden ebenfalls entsprechende Konzentrationen nachgewiesen, aber auch die Halogenen weisen eine deutliche Belastung in Bild 20.8 auf. Auffällig war auch eine Belastung der Volme mit Polyzyklischen Kohlenwasserstoffen.

Bei den Nebengewässern wird der hauptsächliche Eintrag der Komplexbildner im Mündungsbereich der Lenne nicht erfasst, da die Messstelle deutlich oberhalb der Mündung liegt (2,74 km oberhalb der Mündung, Tabelle 20.1). Die Auswirkungen werden deshalb erst am Ausgang des Hengsteysees deutlich, also nach der Vermischung mit dem Wasser der Ruhr.

Zusammenfassung

Im Jahr 2015 fielen nach den letzten sehr trockenen Jahren wieder höhere Niederschläge, die jedoch die langjährigen Mittelwerte nicht erreichten. Im Jahresverlauf traten nur wenige und sehr moderate Spitzenabflüsse auf, so dass nicht über Hochwässer oder starke Mobilisierung von Sediment zu berichten war.

Überwiegend wurde eine geringe Belastung der Ruhr bei den untersuchten Parametern festgestellt. Im Jahresdurchschnitt war der punktuelle Eintrag von Komplexbildnern in Hagen noch immer für den überwiegenden Frachtanteil dieser anthropogenen Stoffklasse verantwortlich. Die Zielwerte der AWWR wurden dadurch bei EDTA am Auslauf Hengsteysee überschritten. Im Jahresverlauf ließ sich allerdings ein deutlicher Rückgang nachweisen. Die weitere Beobachtung wird klären, ob dieser positive Trend anhält.

An verschiedenen Messstellen konnten anhand von Konzentrationssprüngen Einflüsse auf die Ruhr nachgewiesen werden, die einer weiteren Klärung zugeführt werden sollten. Auch für die zufließenden Nebengewässer wurden z.T. hohe Konzentrationen gemessen, die für die Ruhr eine zusätzliche Belastung darstellten und als Ziele für eine Qualitätsverbesserung in Betracht kommen.



Bild 20.1: Die Wasserbeschaffenheit der Ruhr nach Analysen des AWWR-Ausschusses „Wassergüte“
 Fig. 20.1: Water condition of the Ruhr according to analyses of the AWWR water quality committee



Bild 20.2: Die Wasserbeschaffenheit der Ruhr nach Analysen des AWWR-Ausschusses „Wassergüte“
 Fig. 20.2: Water condition of the Ruhr according to analyses of the AWWR water quality committee



Bild 20.3: Die Wasserbeschaffenheit der Ruhr nach Analysen des AWWR-Ausschusses „Wassergüte“
 Fig. 20.3: Water condition of the Ruhr according to analyses of the AWWR water quality committee

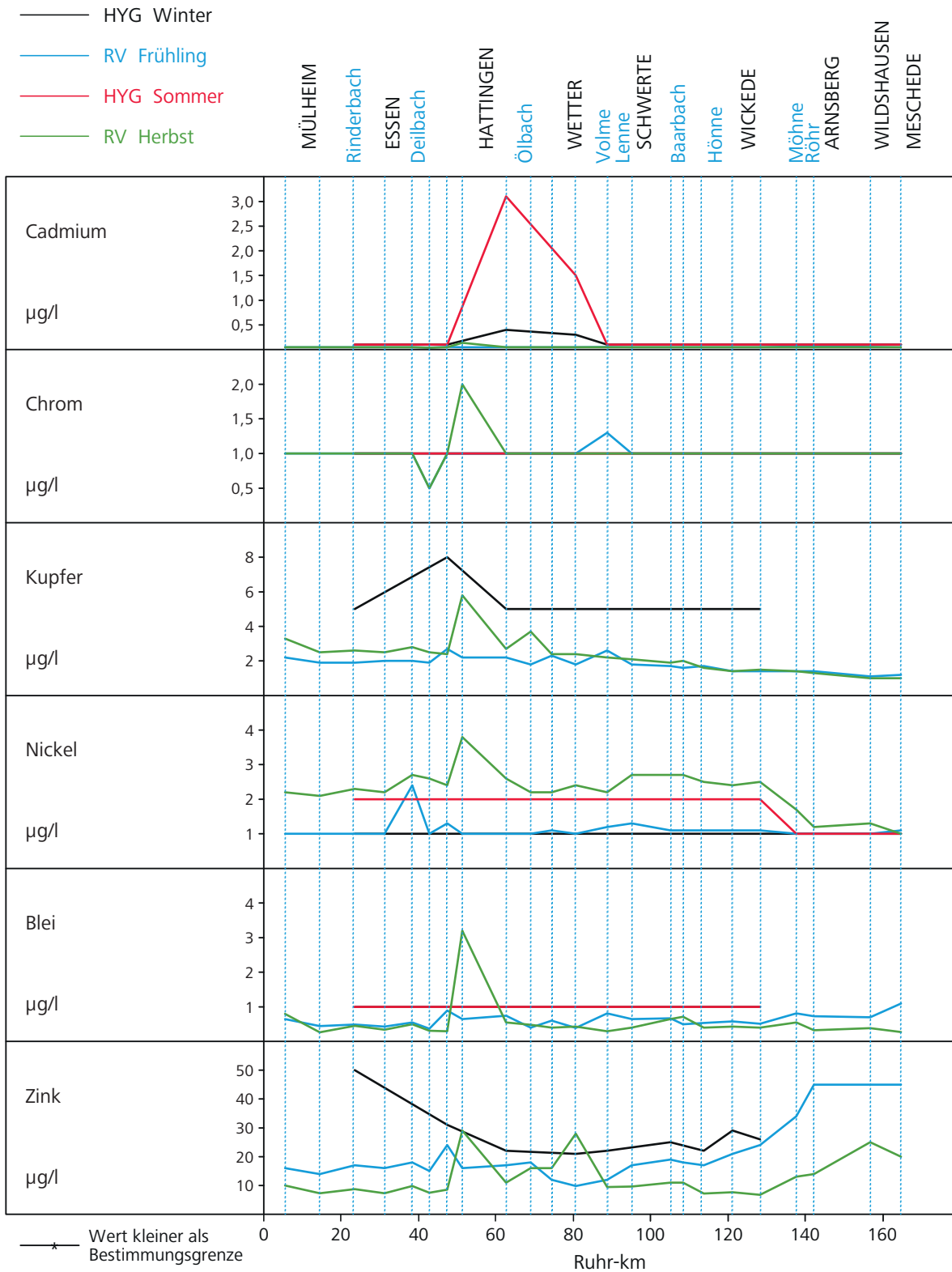


Bild 20.4: Die Wasserbeschaffenheit der Ruhr nach Analysen des AWWR-Ausschusses „Wassergüte“
 Fig. 20.4: Water condition of the Ruhr according to analyses of the AWWR water quality committee



Bild 20.5: Die Wasserbeschaffenheit der Ruhr nach Analysen des AWWR-Ausschusses „Wassergüte“
 Fig. 20.5: Water condition of the Ruhr according to analyses of the AWWR water quality committee

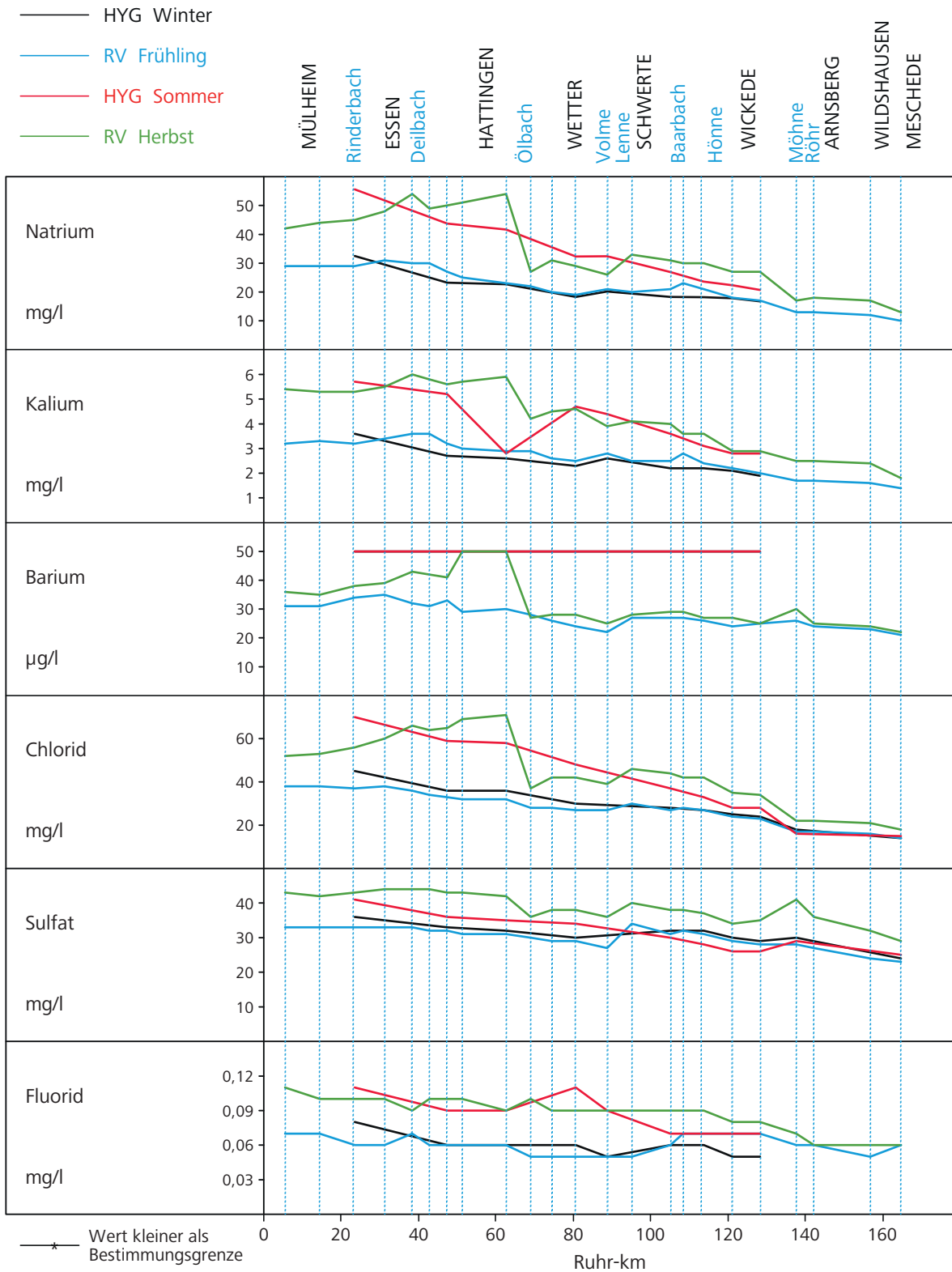


Bild 20.6: Die Wasserbeschaffenheit der Ruhr nach Analysen des AWWR-Ausschusses „Wassergüte“
 Fig. 20.6: Water condition of the Ruhr according to analyses of the AWWR water quality committee

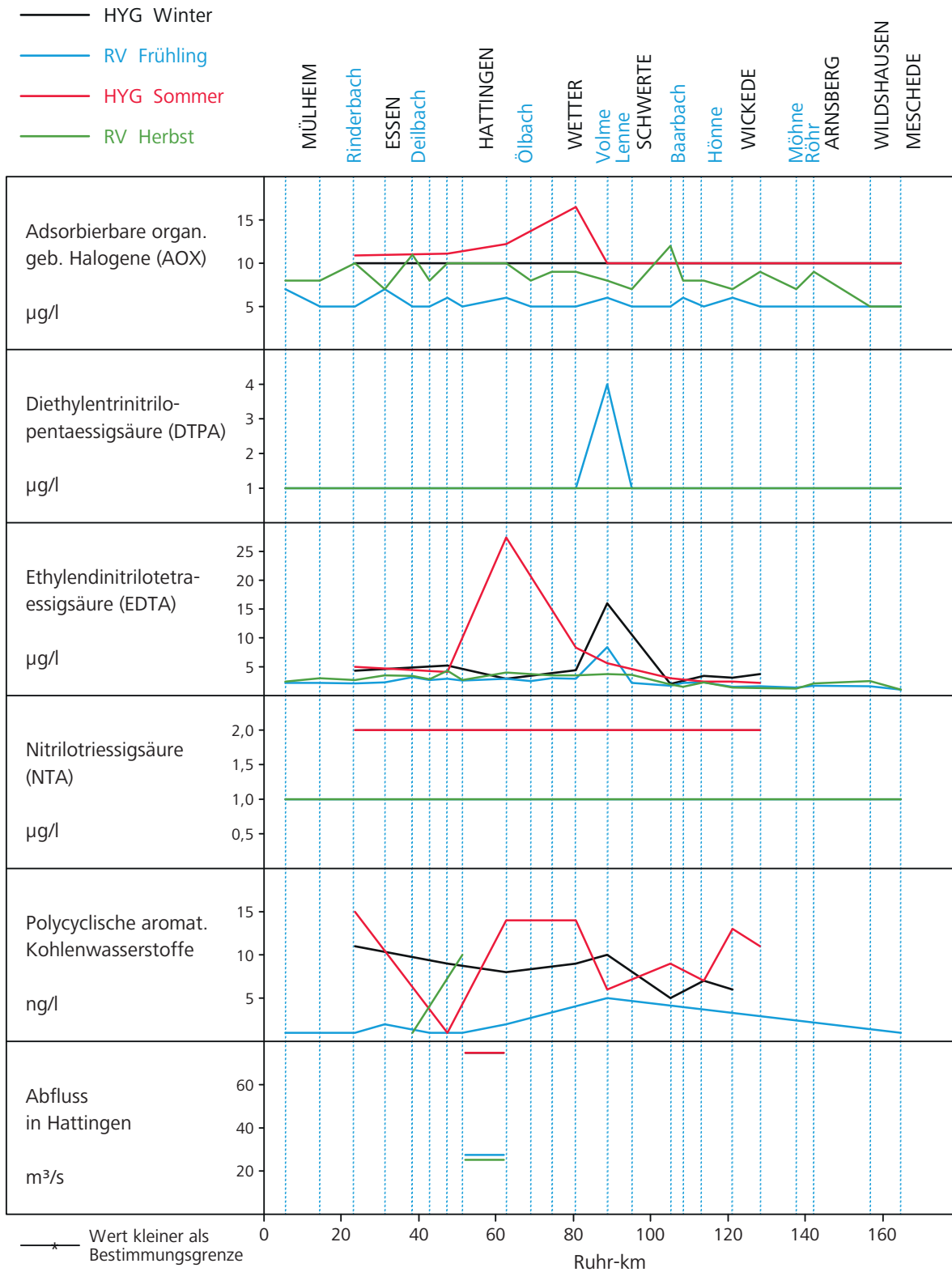


Bild 20.7: Die Wasserbeschaffenheit der Ruhr nach Analysen des AWWR-Ausschusses „Wassergüte“
 Fig. 20.7: Water condition of the Ruhr according to analyses of the AWWR water quality committee

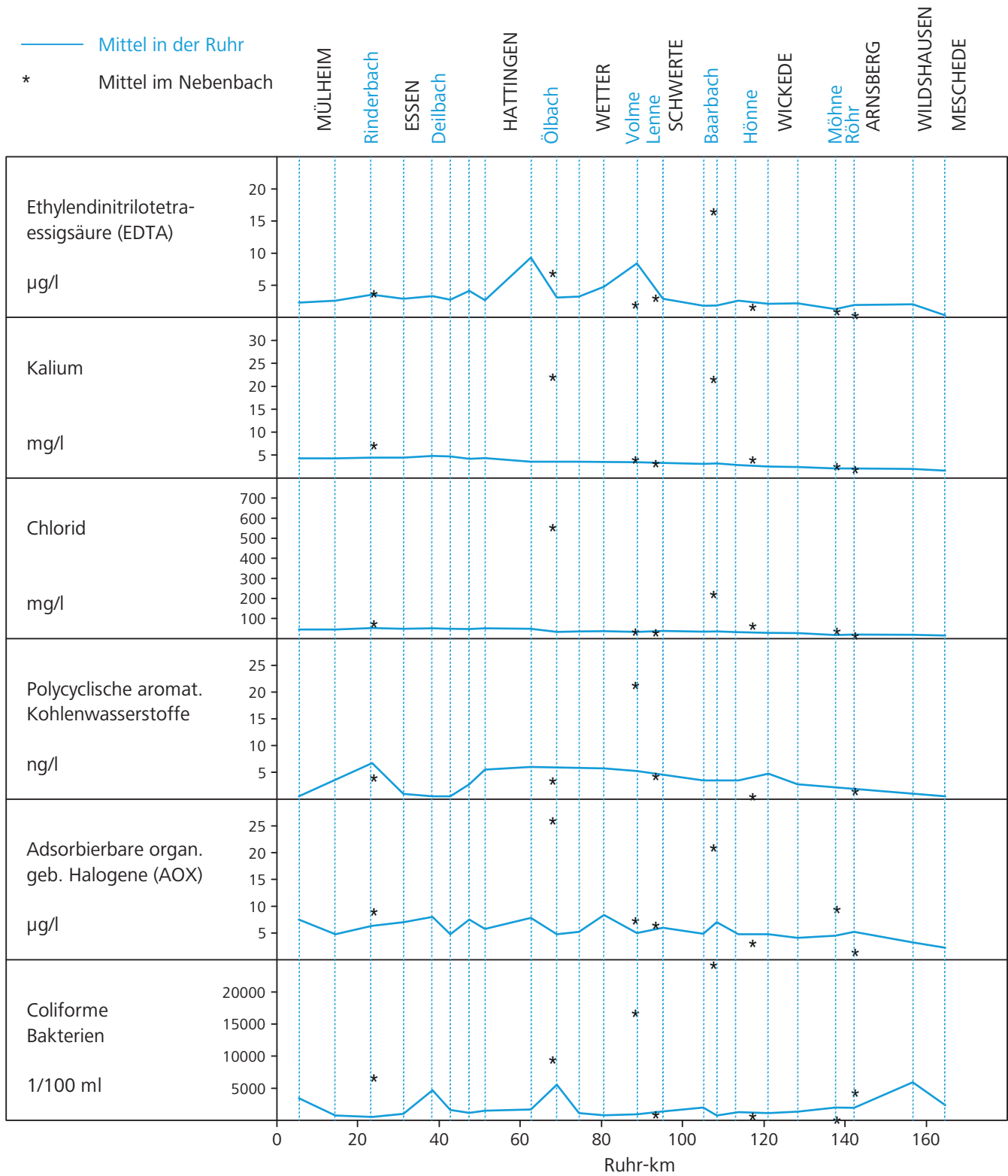


Bild 20.8: Die Wasserbeschaffenheit der Ruhr und ihrer Nebenbachmündungen anhand von sechs ausgesuchten Gütemerkmalen
 Fig. 20.8: Water condition of the Ruhr and its tributaries at their inflows indicated by six selected parameters

Kenngröße: Wassertemperatur

Einheit: °C

Zielwert:

| Probenahmestelle Ruhr-km | Styrum 11,35 | Kettwig 23,47 | Rellingh. 42,76 | Stiepel 62,65 | Witten 71,91 | Hengstey 88,75 | Westhof. 95,15 | Hengsen 108,39 | Warmen 121,17 | Echthau. 128,31 |
|-----------------------------|-----------------|------------------|--------------------|------------------|-----------------|-------------------|-------------------|-------------------|------------------|--------------------|
| Anzahl der Werte | 20 | 12 | 132 | 55 | 59 | 52 | 58 | 55 | 62 | 70 |
| Arith. Jahresmittel | 9,6 | 13,2 | 12,5 | 12,8 | 12,4 | 12,1 | 11,4 | 11,1 | 11,0 | 10,8 |
| Geom. Jahresmittel | 8,1 | 11,7 | 11,1 | 11,3 | 10,9 | 10,9 | 10,2 | 10,0 | 10,1 | 9,7 |
| Geom. Sommermittel | 15,5 | 16,4 | 16,7 | 16,3 | 16,5 | 15,8 | 14,6 | 13,9 | 13,7 | 14,1 |
| Geom. Wintermittel | 6,1 | 8,3 | 7,4 | 7,0 | 7,2 | 7,5 | 6,9 | 6,9 | 7,2 | 6,9 |
| Maximalwert | 23,1 | 24,6 | 24,2 | 24,6 | 23,9 | 22,2 | 20,9 | 19,4 | 18,5 | 19,6 |
| Datum des Max. | 06.07 | 06.07 | 03.07 | 06.07 | 06.07 | 06.07 | 06.07 | 06.07 | Mehrere | 31.08 |
| 90-Perzentil | 18,8 | 20,1 | 20,2 | 19,7 | 19,9 | 19,3 | 17,6 | 17,0 | 17,0 | 16,4 |
| 50-Perzentil | 7,2 | 12,6 | 12,4 | 13,6 | 11,6 | 11,4 | 11,2 | 11,2 | 11,1 | 11,0 |
| 10-Perzentil | 4,2 | 6,1 | 5,0 | 4,9 | 4,9 | 5,9 | 4,6 | 4,9 | 5,2 | 4,6 |
| Minimalwert | 3,7 | 5,5 | 3,0 | 3,6 | 3,1 | 4,6 | 3,5 | 3,7 | 3,8 | 3,0 |
| Datum des Min. | 02.02 | 02.02 | 06.02 | 04.02 | 05.01 | Mehrere | 09.02 | 09.02 | 05.02 | 19.01 |

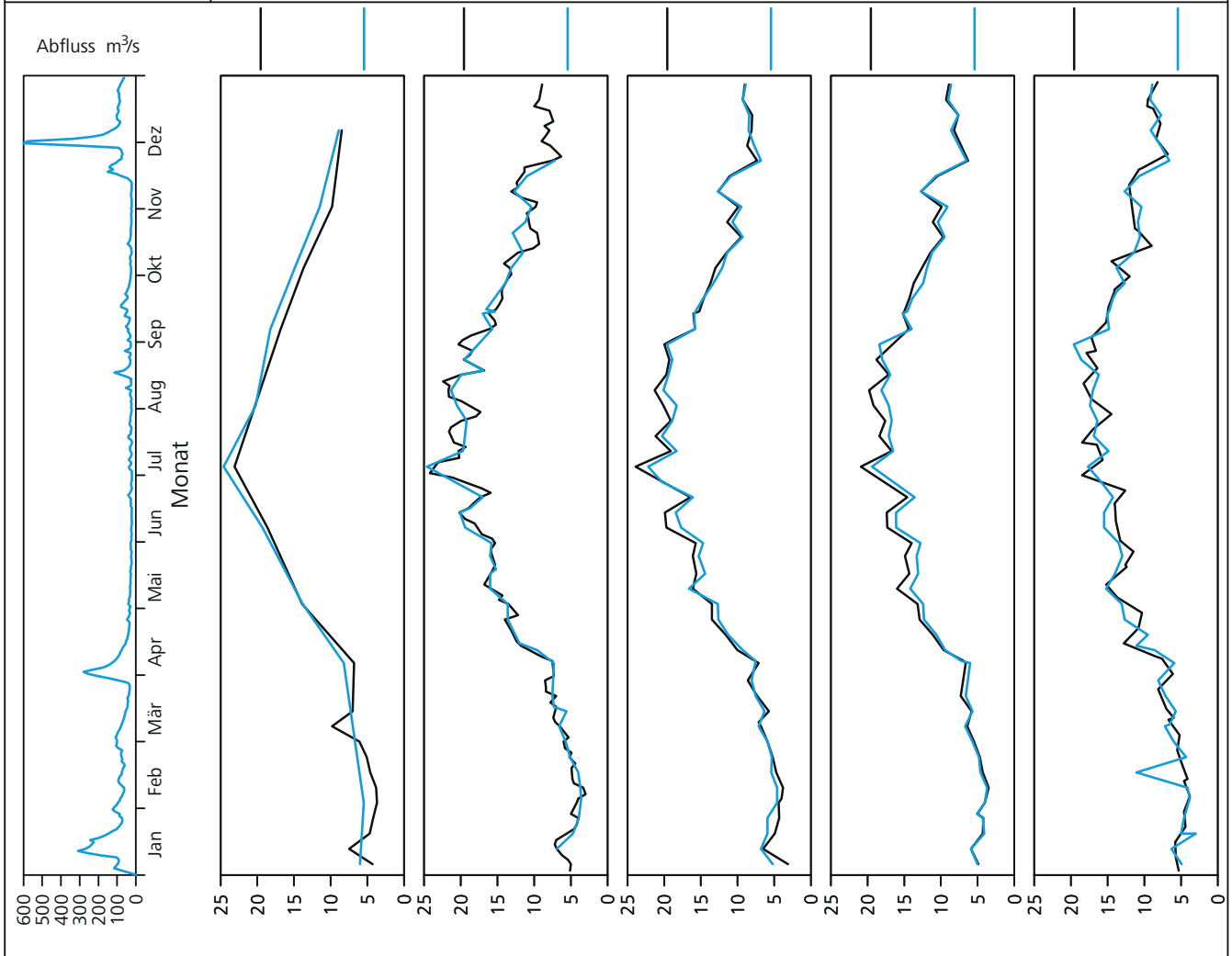


Bild 20.9: Analysenstatistik verschiedener Kenngrößen im Ruhrwasser
 Fig. 20.9: Statistics on the analysis of selected parameters in Ruhr water

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 | | | 132 | | 48 | 52 | 48 | 48 | 62 | 53 |
| Arith. Jahresmittel | | | 462 | | 393 | 382 | 430 | 414 | 366 | 365 |
| Geom. Jahresmittel | | | 452 | | 388 | 376 | 427 | 411 | 364 | 363 |
| Geom. Sommermittel | | | 486 | | 401 | 398 | 445 | 428 | 375 | 378 |
| Geom. Wintermittel | | | 448 | | 374 | 356 | 409 | 395 | 353 | 351 |
| Maximalwert | | | 665 | | 588 | 503 | 528 | 495 | 428 | 430 |
| Datum des Max. | | | 13.11 | | 28.12 | 09.11 | 09.11 | 09.11 | 18.06 | 02.11 |
| 90-Perzentil | | | 576 | | 461 | 450 | 488 | 462 | 409 | 411 |
| 50-Perzentil | | | 468 | | 396 | 398 | 438 | 422 | 368 | 372 |
| 10-Perzentil | | | 331 | | 305 | 284 | 350 | 348 | 326 | 315 |
| Minimalwert | | | 224 | | 250 | 236 | 304 | 296 | 271 | 281 |
| Datum des Min. | | | 02.12 | | 12.01 | 12.01 | 12.01 | 12.01 | 03.12 | 12.01 |

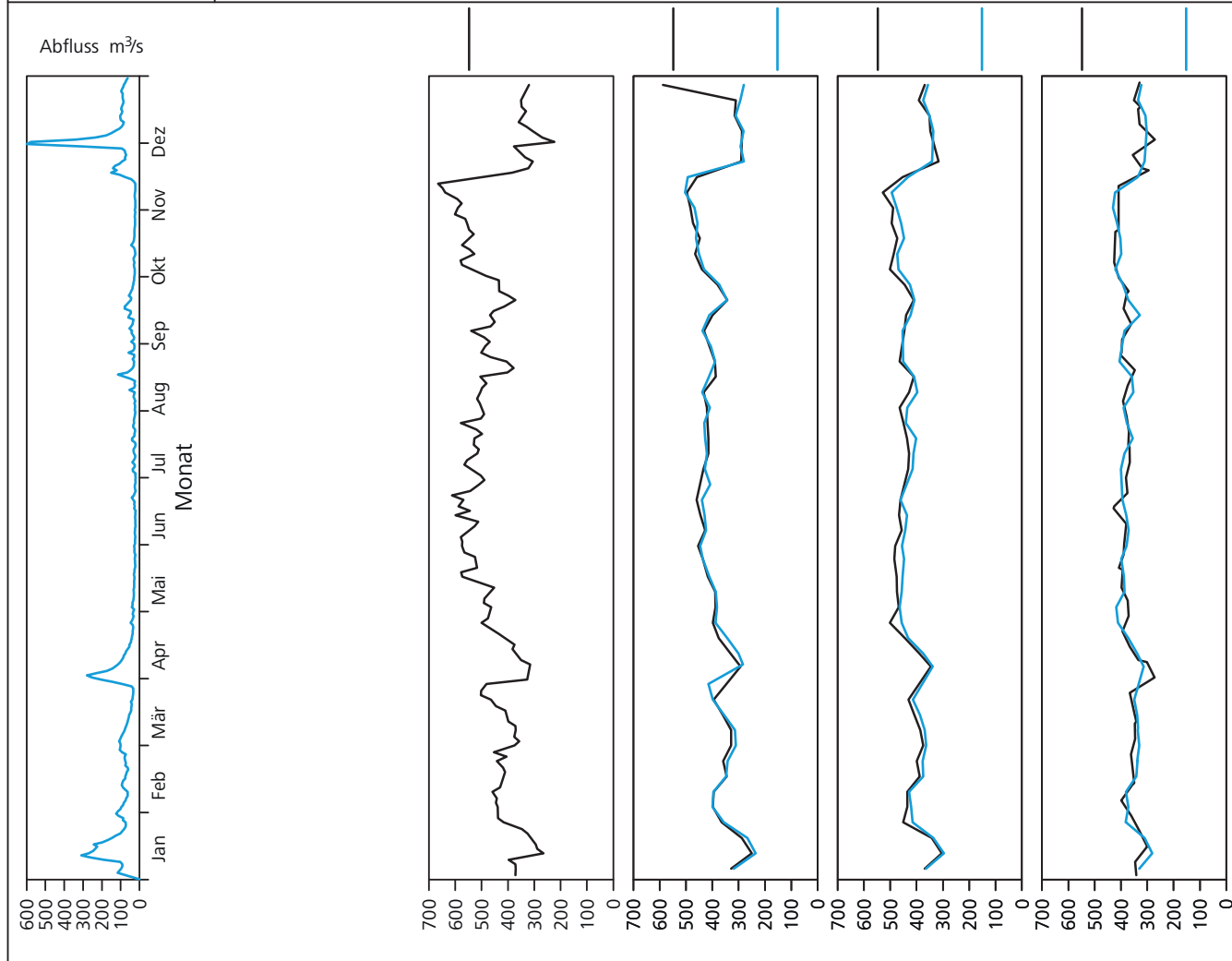


Bild 20.10: Analysenstatistik verschiedener Kenngrößen im Ruhrwasser
 Fig. 20.10: Statistics on the analysis of selected parameters in Ruhr water

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 | 20 | 12 | 132 | | 48 | 52 | 48 | 48 | 62 | 53 |
| Arith. Jahresmittel | 7,74 | 7,64 | 7,92 | | 7,84 | 7,95 | 7,88 | 7,96 | 7,91 | 7,99 |
| Geom. Jahresmittel | 7,74 | 7,64 | 7,92 | | 7,84 | 7,95 | 7,88 | 7,96 | 7,91 | 7,99 |
| Geom. Sommermittel | 7,64 | 7,63 | 7,90 | | 7,81 | 7,98 | 7,84 | 7,92 | 7,90 | 7,97 |
| Geom. Wintermittel | 7,79 | 7,65 | 7,94 | | 7,87 | 7,92 | 7,91 | 7,99 | 7,92 | 8,00 |
| Maximalwert | 7,94 | 7,83 | 8,50 | | 8,24 | 9,04 | 8,04 | 8,14 | 8,31 | 8,29 |
| Datum des Max. | 05.10 | 02.02 | 22.04 | | 20.04 | 29.06 | Mehrere | Mehrere | 17.03 | 05.10 |
| 90-Perzentil | 7,88 | 7,81 | 8,10 | | 8,02 | 8,22 | 8,02 | 8,09 | 8,02 | 8,10 |
| 50-Perzentil | 7,75 | 7,70 | 7,90 | | 7,86 | 7,95 | 7,87 | 7,97 | 7,91 | 8,00 |
| 10-Perzentil | 7,62 | 7,41 | 7,80 | | 7,69 | 7,63 | 7,76 | 7,86 | 7,80 | 7,83 |
| Minimalwert | 7,37 | 7,11 | 7,50 | | 7,26 | 7,50 | 7,52 | 7,60 | 7,72 | 7,76 |
| Datum des Min. | 07.09 | 07.09 | Mehrere | | 08.06 | 28.12 | 06.07 | 06.07 | 08.10 | 06.07 |

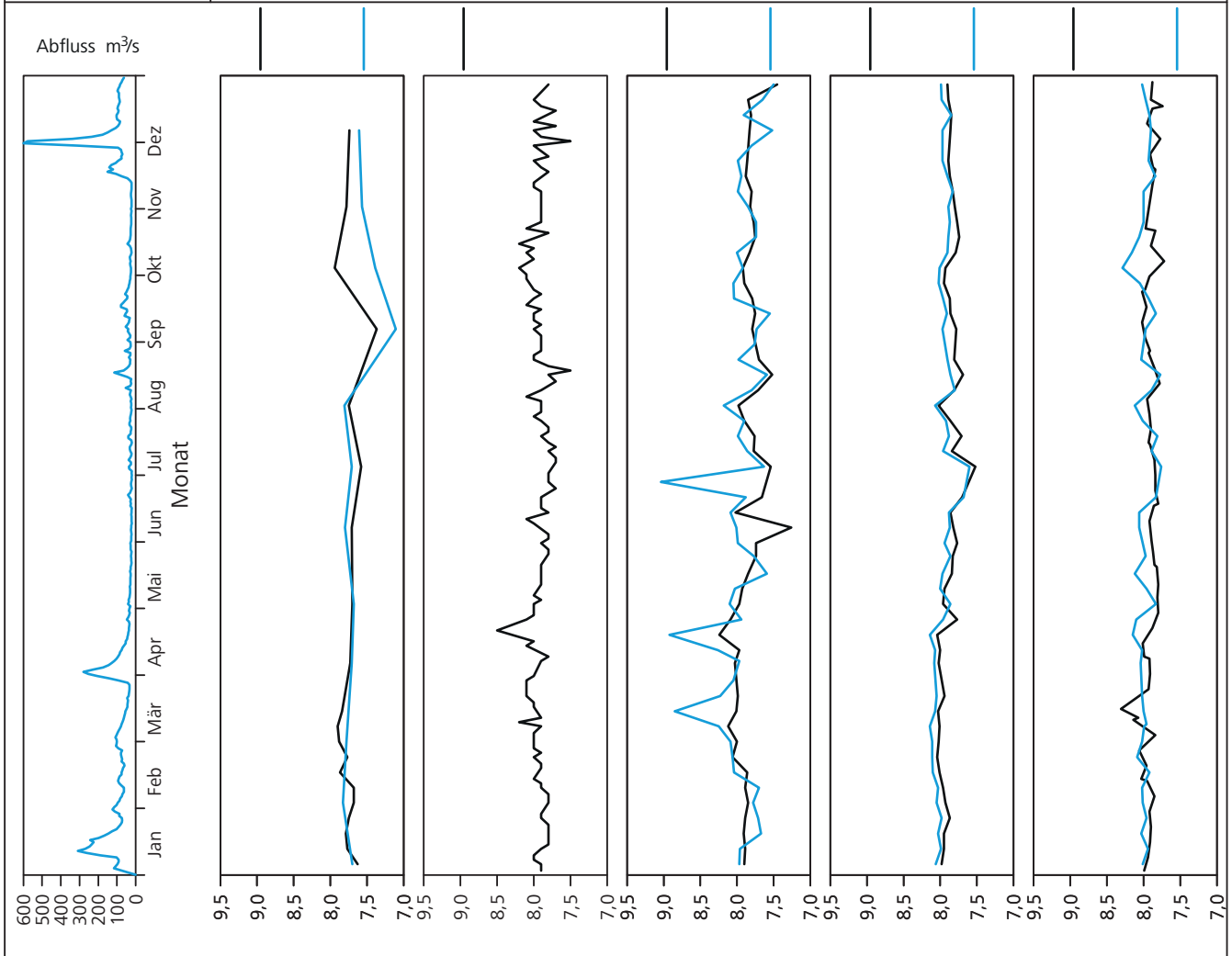


Bild 20.11: Analysenstatistik verschiedener Kenngrößen im Ruhrwasser
 Fig. 20.11: Statistics on the analysis of selected parameters in Ruhr water

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 | 20 | 12 | 132 | | 24 | 52 | 24 | 24 | 62 | 24 |
| Arith. Jahresmittel | 4,1 | 4,5 | 7,0 | | 3,5 | 3,6 | 4,4 | 4,6 | 5,5 | 2,6 |
| Geom. Jahresmittel | 2,8 | 3,9 | 4,2 | | 2,9 | 2,4 | 3,1 | 3,6 | 3,7 | 2,3 |
| Geom. Sommermittel | 2,2 | 3,7 | 3,7 | | 3,4 | 2,1 | 3,2 | 4,1 | 3,4 | 2,1 |
| Geom. Wintermittel | 3,0 | 4,1 | 4,7 | | 2,5 | 2,9 | 3,0 | 3,1 | 4,1 | 2,5 |
| Maximalwert | 26,8 | 9,0 | 150,0 | | 7,5 | 29,1 | 37,0 | 30,0 | 43,3 | 7,4 |
| Datum des Max. | 12.01 | 07.12 | 02.12 | | 01.06 | 30.11 | 12.01 | 12.01 | 03.12 | 16.11 |
| 90-Perzentil | 6,2 | 8,0 | 8,3 | | 5,6 | 5,1 | 4,6 | 5,9 | 8,5 | 4,3 |
| 50-Perzentil | 2,6 | 4,2 | 3,8 | | 3,6 | 2,6 | 3,1 | 3,4 | 3,4 | 2,2 |
| 10-Perzentil | 1,0 | 2,4 | 1,8 | | 1,0 | 1,0 | 1,6 | 2,0 | 1,7 | 1,3 |
| Minimalwert | 0,7 | 1,1 | 0,7 | | 0,7 | 0,7 | 1,3 | 1,7 | 1,3 | 1,2 |
| Datum des Min. | 02.11 | 05.10 | 07.10 | | 05.10 | 02.11 | 09.11 | Mehrere | 23.10 | 16.03 |

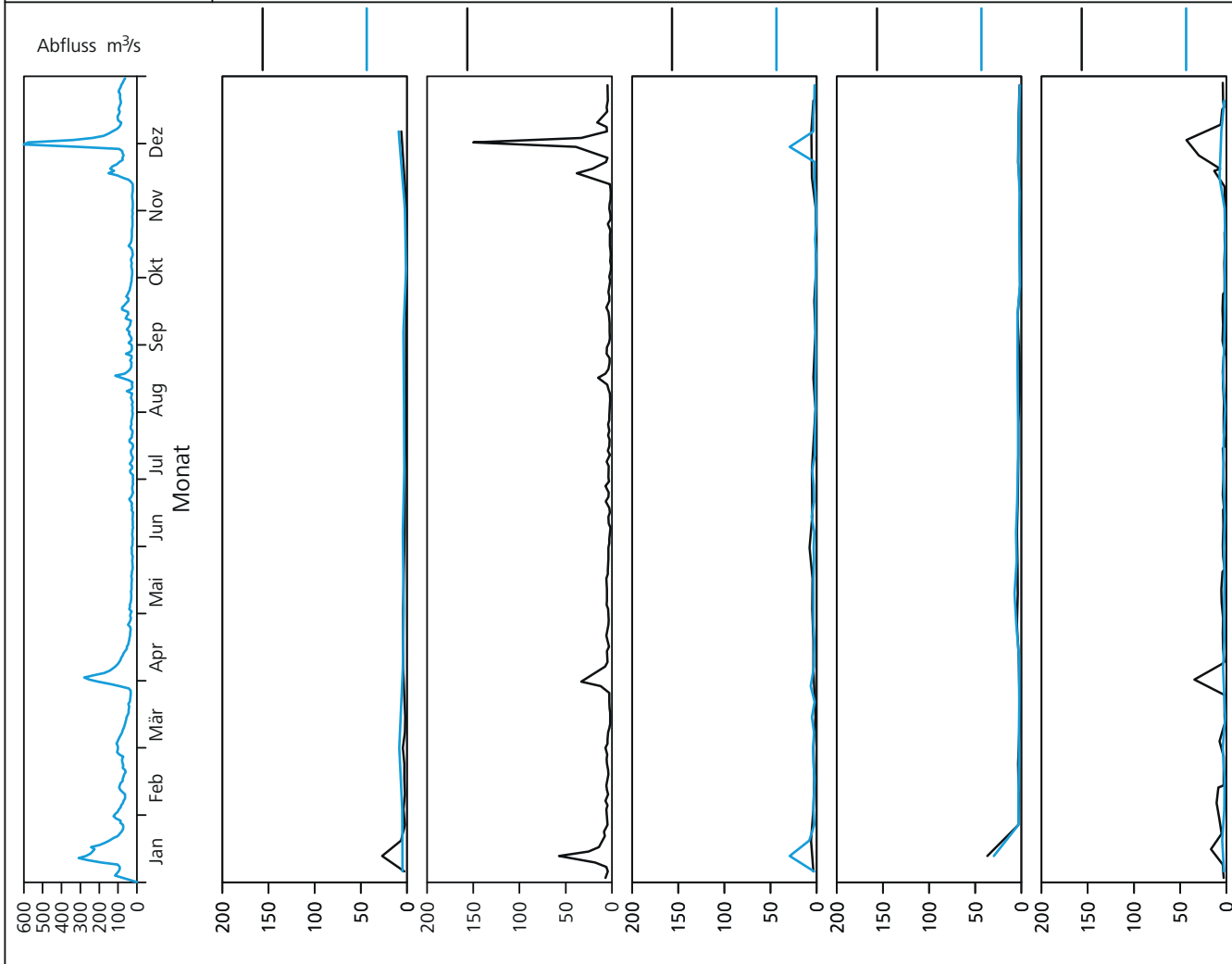


Bild 20.12: Analysenstatistik verschiedener Kenngrößen im Ruhrwasser
 Fig. 20.12: Statistics on the analysis of selected parameters in Ruhr water

KenngroÙe: Chlorophyll-a

Einheit: µg/l

Zielwert:

| Probenahmestelle Ruhr-km | Styrum 11,35 | Kettwig 23,47 | Rellingh. 42,76 | Stiepel 62,65 | Witten 71,91 | Hengstey 88,75 | Westhof. 95,15 | Hengsen 108,39 | Warmen 121,17 | Echthau. 128,31 |
|-----------------------------|-----------------|------------------|--------------------|------------------|-----------------|-------------------|-------------------|-------------------|------------------|--------------------|
| Anzahl der Werte | | | 88 | | 24 | 52 | 24 | 24 | 22 | 36 |
| Arith. Jahresmittel | | | 2,9 | | < 5,0 | 9,7 | < 5,0 | < 5,0 | 2,8 | < 5,0 |
| Geom. Jahresmittel | | | < 1,0 | | < 5,0 | < 5,0 | < 5,0 | < 5,0 | 2,2 | < 5,0 |
| Geom. Sommermittel | | | < 1,0 | | < 5,0 | 5,4 | < 5,0 | < 5,0 | 2,8 | < 5,0 |
| Geom. Wintermittel | | | 1,6 | | < 5,0 | < 5,0 | < 5,0 | < 5,0 | 1,7 | < 5,0 |
| Maximalwert | | | 42,0 | | 41,7 | 86,4 | 13,9 | < 5,0 | 5,5 | 5,4 |
| Datum des Max. | | | 22.04 | | 08.06 | 29.06 | 15.06 | Mehrere | 09.04 | Mehrere |
| 90-Perzentil | | | 6,3 | | 12,4 | 20,7 | 7,3 | < 5,0 | 4,7 | < 5,0 |
| 50-Perzentil | | | < 1,0 | | < 5,0 | < 5,0 | < 5,0 | < 5,0 | 2,5 | < 5,0 |
| 10-Perzentil | | | < 1,0 | | < 5,0 | < 5,0 | < 5,0 | < 5,0 | 1,2 | < 5,0 |
| Minimalwert | | | < 1,0 | | < 5,0 | < 5,0 | < 5,0 | < 5,0 | < 1,0 | < 5,0 |
| Datum des Min. | | | Mehrere | | Mehrere | Mehrere | Mehrere | Mehrere | Mehrere | Mehrere |

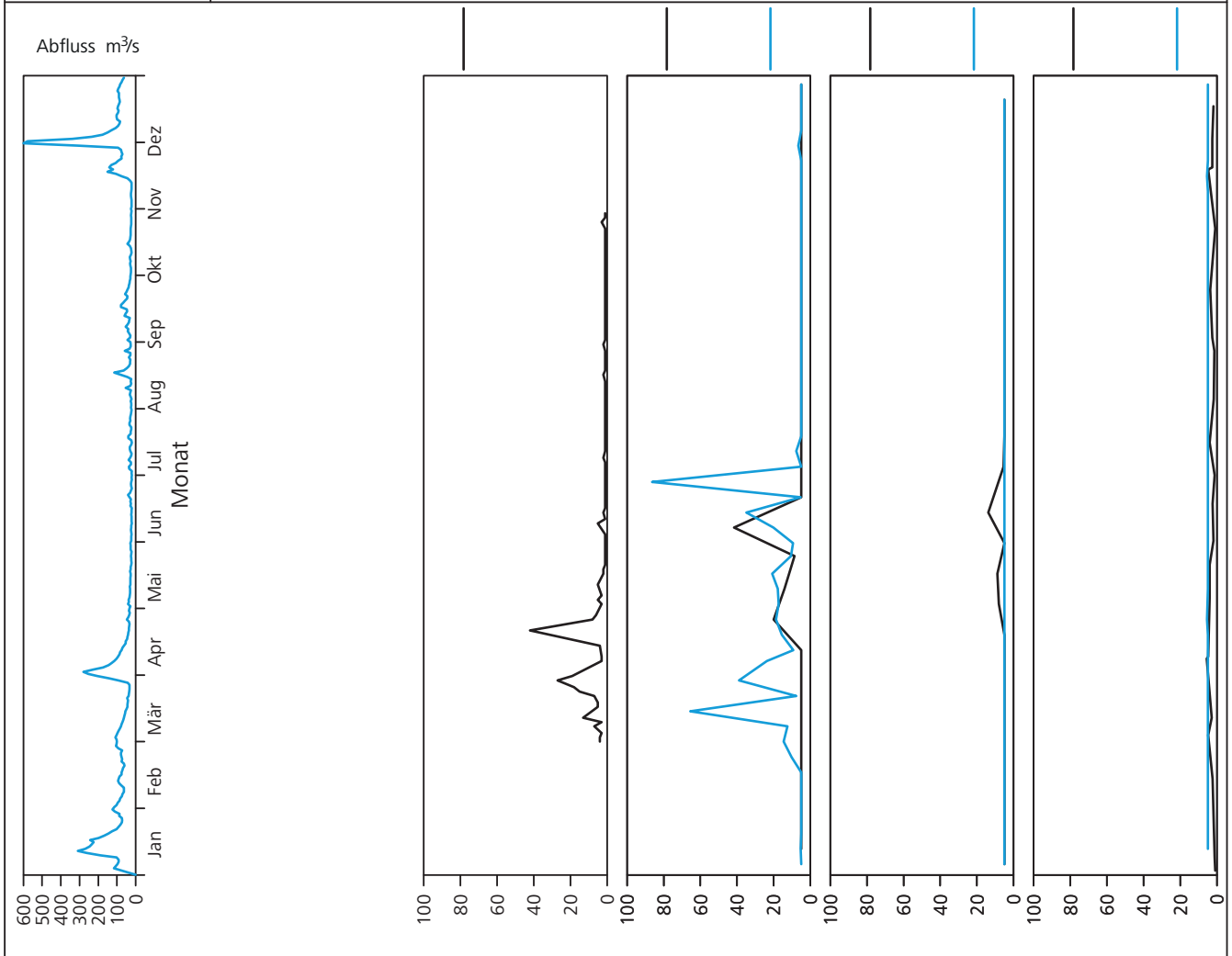


Bild 20.13: Analysenstatistik verschiedener Kenngrößen im Ruhrwasser
 Fig. 20.13: Statistics on the analysis of selected parameters in Ruhr water

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 | 20 | 12 | 44 | 8 | 52 | 52 | 36 | 36 | 57 | 52 |
| Arith. Jahresmittel | 4408 | 2522 | 4780 | 2055 | 6311 | 13083 | 17458 | 13807 | 3240 | 10489 |
| Geom. Jahresmittel | 2546 | 1444 | 2401 | 675 | 2747 | 2842 | 5197 | 5474 | 1247 | 3965 |
| Geom. Sommermittel | 2330 | 1186 | 2103 | 813 | 1953 | 1342 | 5138 | 6165 | 857 | 3809 |
| Geom. Wintermittel | 2644 | 1758 | 2682 | 387 | 3863 | 6018 | 5257 | 4860 | 1948 | 4128 |
| Maximalwert | 24200 | 12000 | 24196 | 8600 | 69000 | 242000 | 240000 | 160000 | 28510 | 92000 |
| Datum des Max. | 07.12 | 07.12 | Mehrere | 19.08 | 30.11 | 06.07 | 17.08 | 17.08 | 02.04 | 17.08 |
| 90-Perzentil | 7643 | 4178 | 13182 | 5520 | 10890 | 23100 | 40000 | 27500 | 8165 | 25600 |
| 50-Perzentil | 2925 | 1765 | 2344 | 805 | 2400 | 2300 | 3100 | 3950 | 1400 | 2650 |
| 10-Perzentil | 733 | 438 | 612 | 149 | 753 | 376 | 1600 | 1750 | 279 | 1220 |
| Minimalwert | 594 | 201 | 275 | 29 | 310 | 96 | 1100 | 850 | 0 | 520 |
| Datum des Min. | 03.08 | 02.11 | 26.10 | 16.09 | 20.04 | 29.06 | 18.05 | 09.03 | 28.08 | 20.04 |

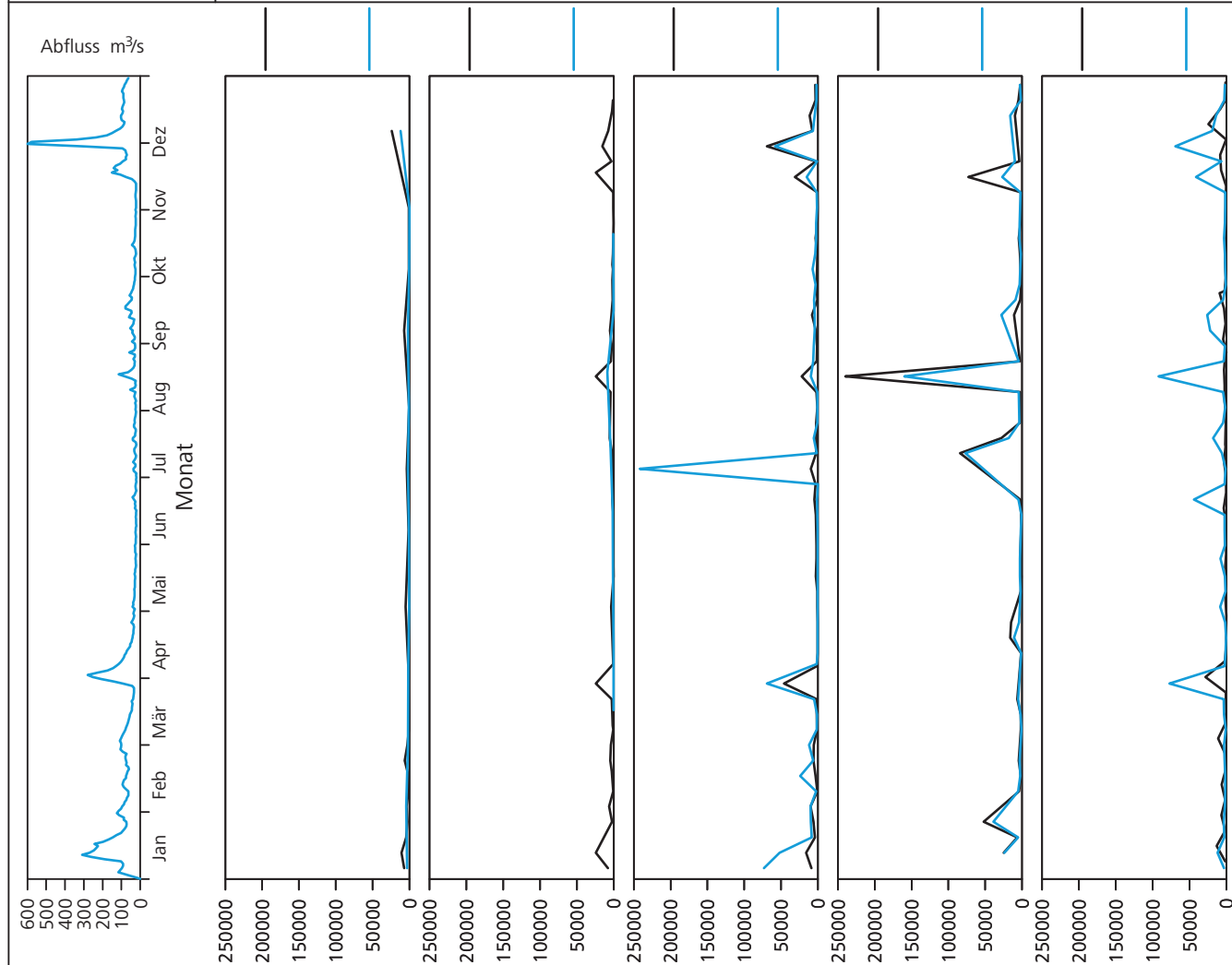


Bild 20.14: Analysenstatistik verschiedener Kenngrößen im Ruhrwasser
 Fig. 20.14: Statistics on the analysis of selected parameters in Ruhr water

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 | | | 132 | | 48 | 52 | 48 | 48 | 62 | 48 |
| Arith. Jahresmittel | | | 10,3 | | 10,1 | 10,2 | 10,4 | 10,2 | 10,4 | 10,1 |
| Geom. Jahresmittel | | | 10,1 | | 9,9 | 10,1 | 10,3 | 10,1 | 10,3 | 9,9 |
| Geom. Sommermittel | | | 8,7 | | 9,1 | 9,3 | 9,9 | 9,6 | 9,7 | 8,9 |
| Geom. Wintermittel | | | 11,8 | | 10,8 | 10,9 | 10,7 | 10,6 | 11,1 | 11,1 |
| Maximalwert | | | 13,5 | | 13,3 | 15,3 | 12,9 | 13,0 | 13,4 | 12,7 |
| Datum des Max. | | | 26.01 | | 09.03 | 29.06 | 09.02 | 09.02 | 28.08 | 05.01 |
| 90-Perzentil | | | 12,8 | | 12,6 | 12,3 | 12,1 | 12,1 | 12,3 | 12,4 |
| 50-Perzentil | | | 10,4 | | 9,8 | 9,8 | 10,4 | 10,0 | 10,2 | 10,0 |
| 10-Perzentil | | | 7,9 | | 8,0 | 8,1 | 8,8 | 8,7 | 8,5 | 8,2 |
| Minimalwert | | | 6,8 | | 6,3 | 6,9 | 8,3 | 7,9 | 8,0 | 5,8 |
| Datum des Min. | | | 08.07 | | 17.08 | 17.08 | Mehrere | 24.08 | 08.10 | 21.09 |

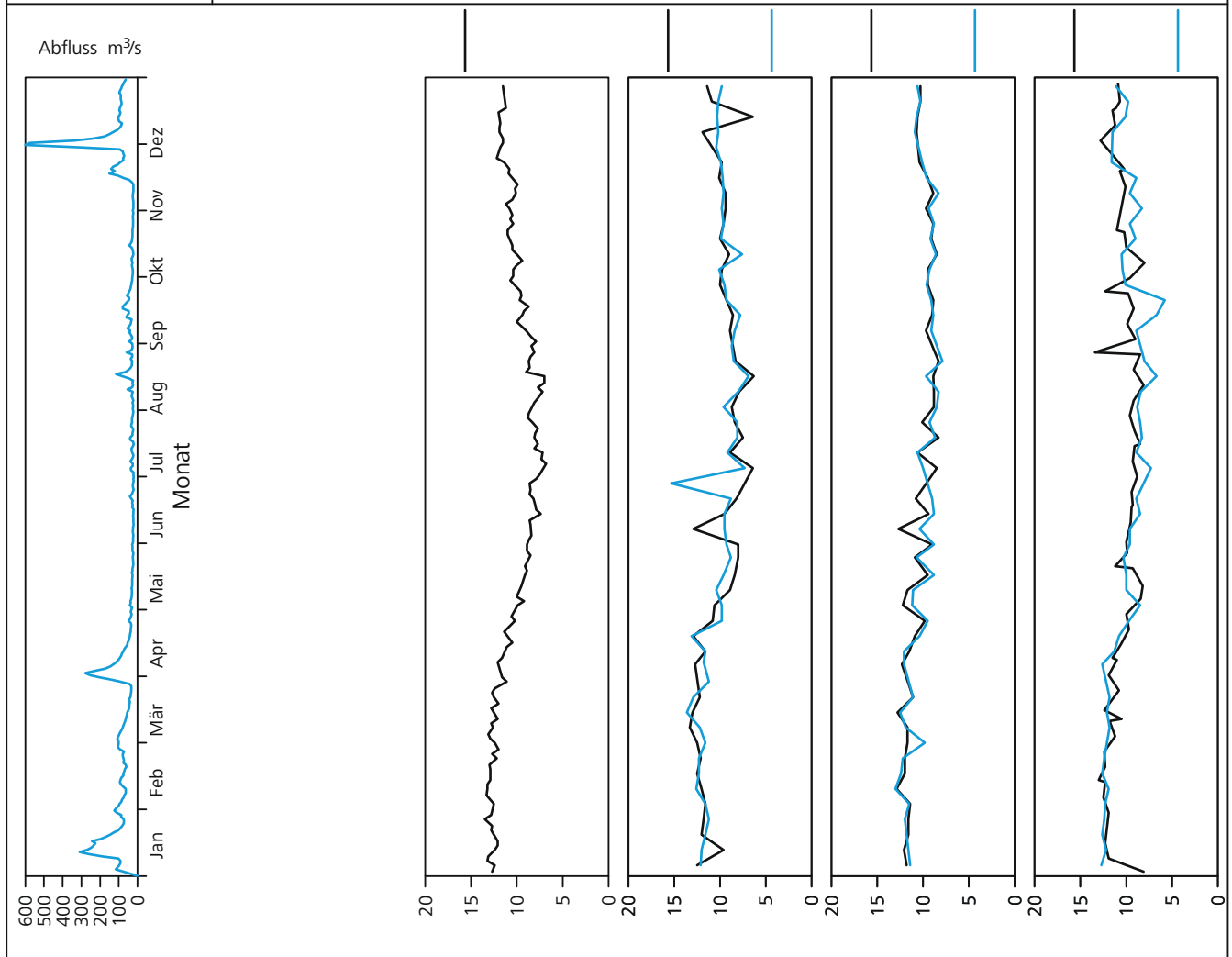


Bild 20.15: Analysenstatistik verschiedener Kenngrößen im Ruhrwasser
 Fig. 20.15: Statistics on the analysis of selected parameters in Ruhr water

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 | 20 | 12 | 128 | | 48 | 52 | 48 | 48 | 62 | 48 |
| Arith. Jahresmittel | 2,2 | 2,3 | 2,7 | | 2,7 | 2,3 | 2,5 | 2,5 | 2,5 | 2,6 |
| Geom. Jahresmittel | 2,1 | 2,2 | 2,6 | | 2,6 | 2,3 | 2,4 | 2,4 | 2,4 | 2,5 |
| Geom. Sommermittel | 2,6 | 2,5 | 2,9 | | 3,1 | 2,5 | 2,7 | 2,6 | 2,7 | 2,9 |
| Geom. Wintermittel | 1,9 | 2,0 | 2,4 | | 2,3 | 2,1 | 2,2 | 2,2 | 2,1 | 2,2 |
| Maximalwert | 3,8 | 2,9 | 4,7 | | 4,0 | 3,2 | 4,3 | 3,8 | 3,7 | 3,9 |
| Datum des Max. | 07.09 | 06.07 | 17.08 | | 04.05 | 06.07 | 06.07 | Mehrere | 20.08 | 06.07 |
| 90-Perzentil | 2,7 | 2,7 | 3,4 | | 3,6 | 2,8 | 2,9 | 3,1 | 3,0 | 3,2 |
| 50-Perzentil | 1,9 | 2,3 | 2,7 | | 2,8 | 2,4 | 2,4 | 2,5 | 2,6 | 2,7 |
| 10-Perzentil | 1,8 | 1,8 | 1,9 | | 1,9 | 1,8 | 1,9 | 1,8 | 1,9 | 1,8 |
| Minimalwert | 1,7 | 1,8 | 1,2 | | 1,8 | 1,5 | 1,6 | 1,6 | 1,5 | 1,5 |
| Datum des Min. | 26.01 | 07.04 | 15.04 | | Mehrere | 19.01 | 28.12 | 28.12 | 29.12 | 28.12 |

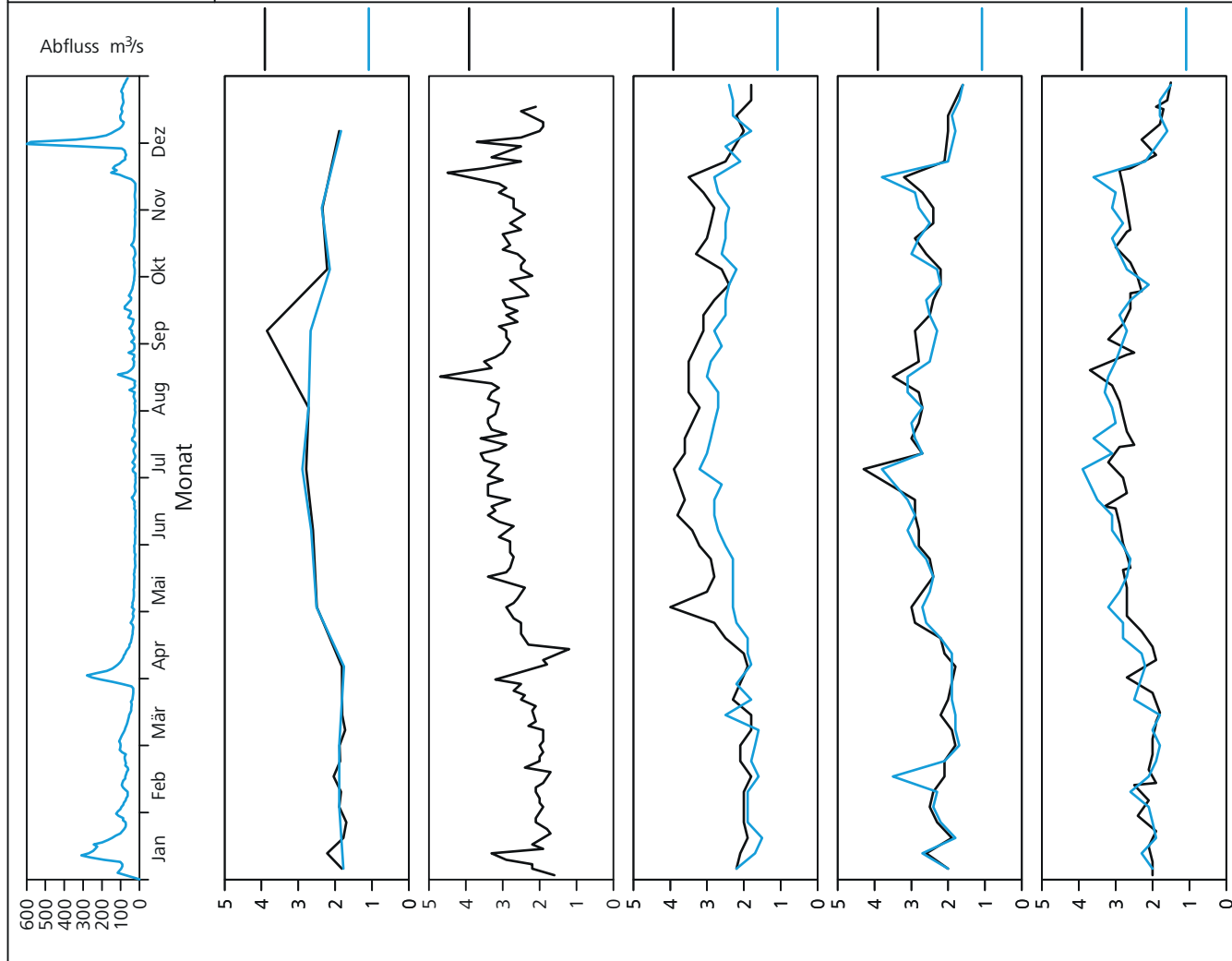


Bild 20.16: Analysenstatistik verschiedener Kenngrößen im Ruhrwasser
 Fig. 20.16: Statistics on the analysis of selected parameters in Ruhr water

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 | 20 | 12 | 132 | | 48 | 52 | 48 | 48 | 62 | 53 |
| Arith. Jahresmittel | 5,4 | 6,0 | 6,1 | | 6,0 | 6,3 | 6,0 | 5,8 | 6,2 | 6,0 |
| Geom. Jahresmittel | 5,3 | 5,9 | 5,9 | | 5,8 | 6,2 | 5,9 | 5,7 | 6,0 | 5,8 |
| Geom. Sommermittel | 6,5 | 6,5 | 6,8 | | 6,6 | 6,7 | 6,6 | 6,4 | 6,8 | 6,6 |
| Geom. Wintermittel | 4,9 | 5,3 | 5,2 | | 5,1 | 5,8 | 5,3 | 5,1 | 5,3 | 5,2 |
| Maximalwert | 7,4 | 7,5 | 9,4 | | 8,8 | 8,6 | 9,4 | 9,0 | 11,3 | 9,5 |
| Datum des Max. | Mehrere | 03.08 | Mehrere | | 17.08 | 17.08 | 06.07 | 06.07 | 20.08 | 16.11 |
| 90-Perzentil | 7,3 | 7,4 | 7,8 | | 8,0 | 7,7 | 7,2 | 7,4 | 7,5 | 8,0 |
| 50-Perzentil | 4,9 | 6,0 | 6,2 | | 5,8 | 6,6 | 6,0 | 5,6 | 6,4 | 5,8 |
| 10-Perzentil | 4,4 | 4,7 | 4,3 | | 4,2 | 4,8 | 4,6 | 4,2 | 4,4 | 4,1 |
| Minimalwert | 4,1 | 4,7 | 3,6 | | 4,0 | 4,1 | 4,0 | 3,9 | 2,3 | 3,6 |
| Datum des Min. | 26.01 | Mehrere | 20.02 | | Mehrere | 19.01 | 16.03 | 16.03 | 18.12 | 28.12 |

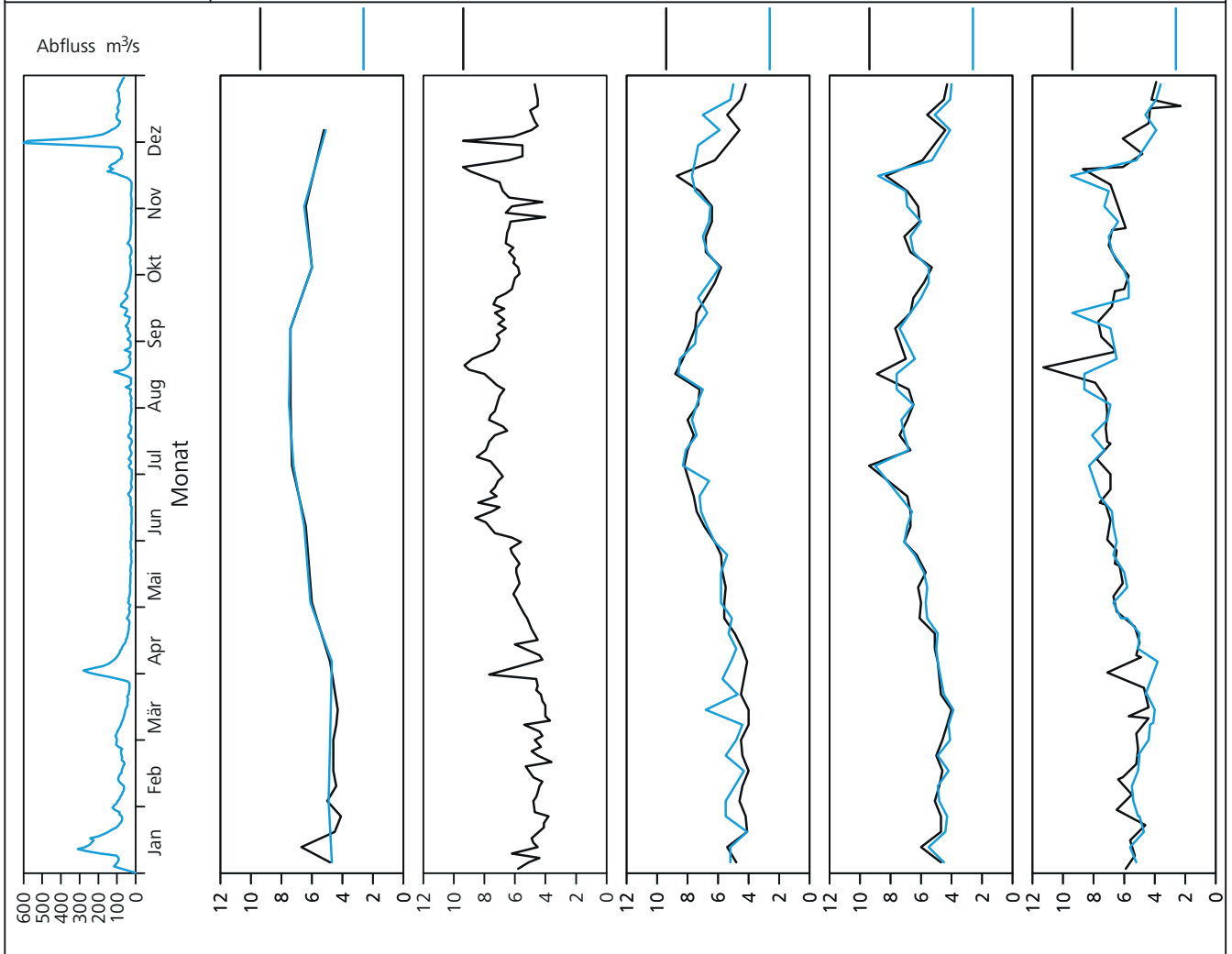


Bild 20.17: Analysenstatistik verschiedener Kenngrößen im Ruhrwasser
 Fig. 20.17: Statistics on the analysis of selected parameters in Ruhr water

Kenngröße: Spektraler Absorptionskoeffizient bei 436 nm

Einheit: 1/m

Zielwert:

| Probenahmestelle Ruhr-km | Styrum | Kettwig | Rellingh. | Stiepel | Witten | Hengstey | Westhof. | Hengsen | Warmen | Echthau. |
|-----------------------------|--------|---------|-----------|---------|--------|----------|----------|---------|---------|----------|
| | 11,35 | 23,47 | 42,76 | 62,65 | 71,91 | 88,75 | 95,15 | 108,39 | 121,17 | 128,31 |
| Anzahl der Werte | | | 132 | | | 52 | | | 50 | |
| Arith. Jahresmittel | | | 0,36 | | | 0,36 | | | 0,36 | |
| Geom. Jahresmittel | | | 0,34 | | | 0,35 | | | 0,34 | |
| Geom. Sommermittel | | | 0,39 | | | 0,37 | | | 0,39 | |
| Geom. Wintermittel | | | 0,30 | | | 0,33 | | | 0,29 | |
| Maximalwert | | | 0,70 | | | 0,60 | | | 0,70 | |
| Datum des Max. | | | Mehrere | | | 16.11 | | | 20.08 | |
| 90-Perzentil | | | 0,50 | | | 0,50 | | | 0,41 | |
| 50-Perzentil | | | 0,40 | | | 0,35 | | | 0,40 | |
| 10-Perzentil | | | 0,20 | | | 0,30 | | | 0,20 | |
| Minimalwert | | | 0,20 | | | 0,20 | | | 0,20 | |
| Datum des Min. | | | Mehrere | | | Mehrere | | | Mehrere | |

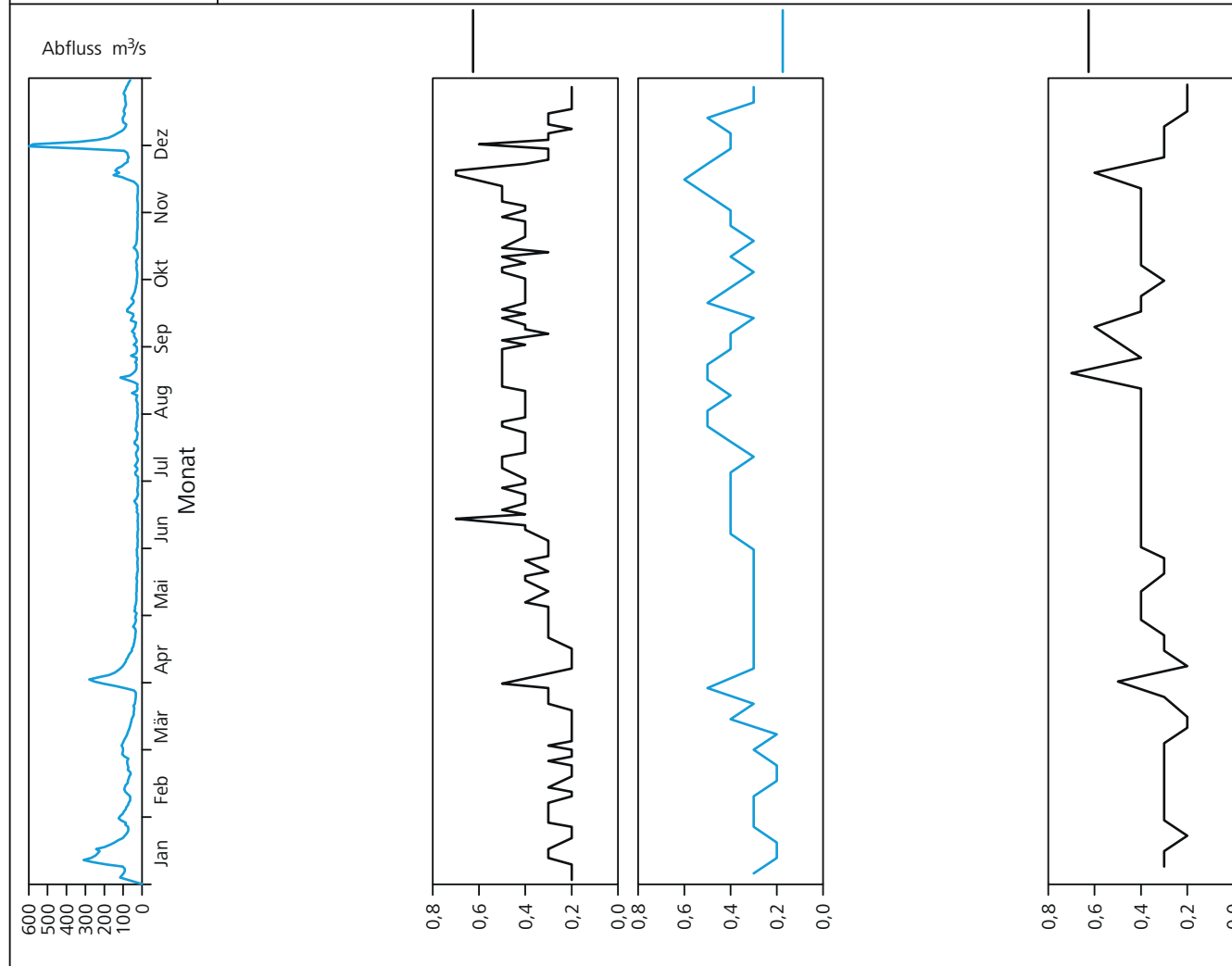


Bild 20.18: Analysenstatistik verschiedener Kenngrößen im Ruhrwasser
 Fig. 20.18: Statistics on the analysis of selected parameters in Ruhr water

Kenngröße: Ammonium

Einheit: mg/l

Zielwert: 0.6 mg/l

| Probenahmestelle Ruhr-km | Styrum 11,35 | Kettwig 23,47 | Rellingh. 42,76 | Stiepel 62,65 | Witten 71,91 | Hengstey 88,75 | Westhof. 95,15 | Hengsen 108,39 | Warmen 121,17 | Echthau. 128,31 |
|-----------------------------|-----------------|------------------|--------------------|------------------|-----------------|-------------------|-------------------|-------------------|------------------|--------------------|
| Anzahl der Werte | 20 | 12 | 132 | | 48 | 52 | 48 | 48 | 62 | 48 |
| Arith. Jahresmittel | 0,06 | 0,08 | 0,06 | | < 0,05 | 0,04 | < 0,05 | 0,06 | 0,05 | 0,06 |
| Geom. Jahresmittel | 0,04 | 0,07 | 0,05 | | < 0,05 | 0,03 | < 0,05 | < 0,05 | 0,05 | < 0,05 |
| Geom. Sommermittel | 0,03 | 0,08 | 0,05 | | < 0,05 | 0,03 | < 0,05 | < 0,05 | 0,04 | < 0,05 |
| Geom. Wintermittel | 0,04 | 0,06 | 0,04 | | < 0,05 | 0,03 | < 0,05 | < 0,05 | 0,05 | < 0,05 |
| Maximalwert | 0,14 | 0,12 | 0,18 | | 0,17 | 0,20 | 0,21 | 0,21 | 0,13 | 0,18 |
| Datum des Max. | 05.01 | Mehrere | 01.04 | | 21.12 | 17.08 | 17.08 | 22.06 | Mehrere | 27.04 |
| 90-Perzentil | 0,11 | 0,12 | 0,09 | | 0,09 | 0,09 | 0,11 | 0,13 | 0,08 | 0,15 |
| 50-Perzentil | 0,05 | 0,08 | 0,05 | | < 0,05 | 0,03 | < 0,05 | 0,06 | 0,05 | < 0,05 |
| 10-Perzentil | < 0,02 | 0,03 | 0,03 | | < 0,05 | < 0,02 | < 0,05 | < 0,05 | 0,03 | < 0,05 |
| Minimalwert | < 0,02 | 0,03 | < 0,01 | | < 0,05 | < 0,02 | < 0,05 | < 0,05 | 0,01 | < 0,05 |
| Datum des Min. | Mehrere | Mehrere | Mehrere | | Mehrere | Mehrere | Mehrere | Mehrere | 06.08 | Mehrere |

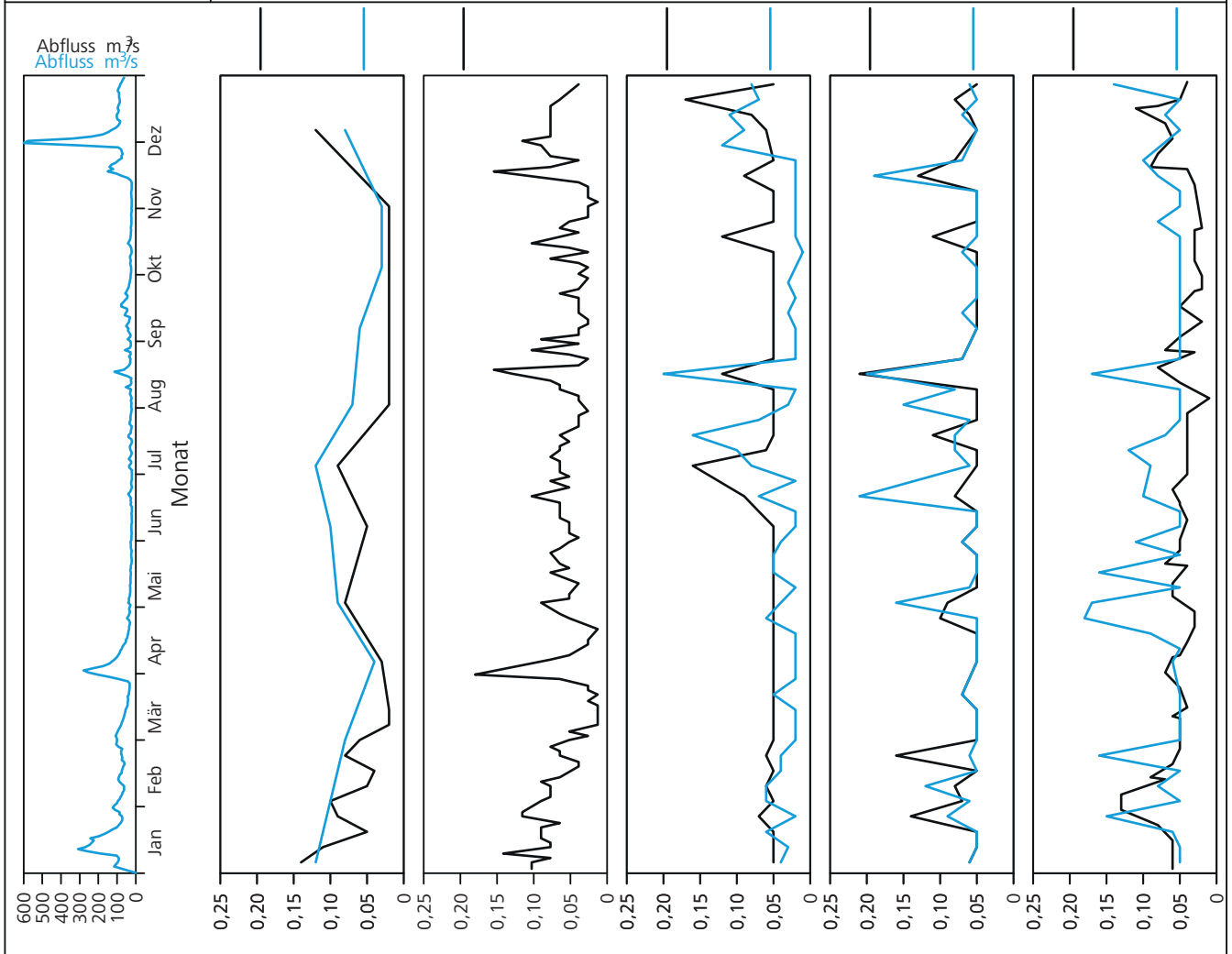


Bild 20.19: Analysenstatistik verschiedener Kenngrößen im Ruhrwasser
 Fig. 20.19: Statistics on the analysis of selected parameters in Ruhr water

Kenngröße: Nitrat
Zielwert: 25 mg/l

Einheit: mg/l

| Probenahmestelle Ruhr-km | Styrum 11,35 | Kettwig 23,47 | Rellingh. 42,76 | Stiepel 62,65 | Witten 71,91 | Hengstey 88,75 | Westhof. 95,15 | Hengsen 108,39 | Warmen 121,17 | Echthau. 128,31 |
|--------------------------|-----------------|------------------|--------------------|------------------|-----------------|-------------------|-------------------|-------------------|------------------|--------------------|
| Anzahl der Werte | 20 | 12 | 132 | | 48 | 52 | 48 | 48 | 62 | 48 |
| Arith. Jahresmittel | 13 | 12 | 12 | | 12 | 10 | 13 | 13 | 11 | 11 |
| Geom. Jahresmittel | 13 | 12 | 11 | | 12 | 10 | 13 | 12 | 11 | 11 |
| Geom. Sommermittel | 10 | 10 | 10 | | 11 | 9 | 11 | 11 | 10 | 10 |
| Geom. Wintermittel | 14 | 13 | 13 | | 14 | 11 | 15 | 14 | 13 | 12 |
| Maximalwert | 16 | 15 | 15 | | 15 | 14 | 17 | 17 | 17 | 16 |
| Datum des Max. | 16.02 | 07.12 | Mehrere | | 16.02 | 16.02 | 07.12 | 07.12 | 03.12 | 07.12 |
| 90-Perzentil | 15 | 15 | 15 | | 15 | 12 | 16 | 16 | 15 | 15 |
| 50-Perzentil | 14 | 12 | 12 | | 12 | 10 | 13 | 12 | 11 | 11 |
| 10-Perzentil | 10 | 8 | 8 | | 9 | 9 | 9 | 9 | 8 | 9 |
| Minimalwert | 8 | 8 | 7 | | 9 | 7 | 8 | 8 | 8 | 6 |
| Datum des Min. | 03.08 | 06.07 | 07.08 | | 03.08 | 27.07 | 10.08 | 03.08 | 06.08 | 03.08 |

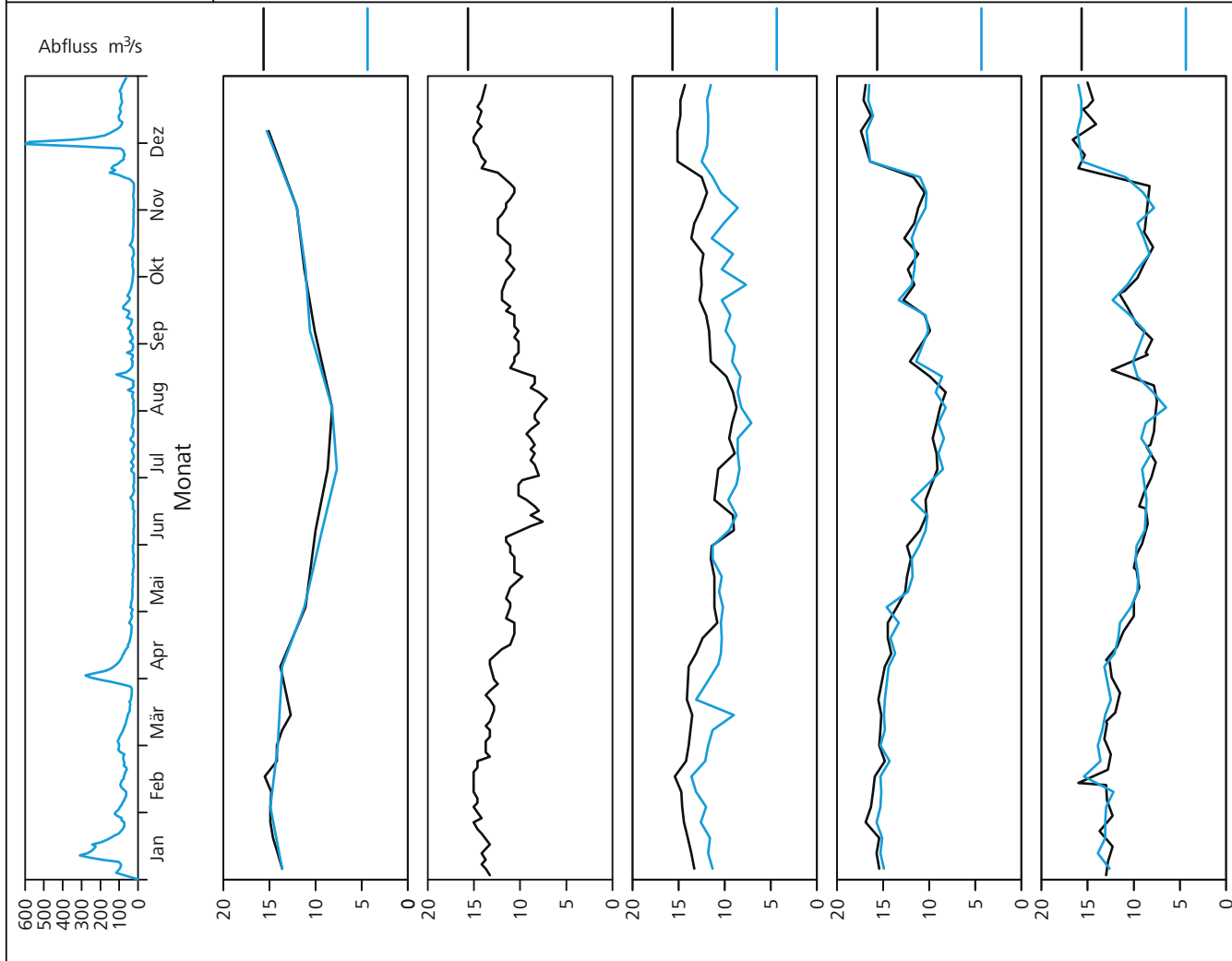


Bild 20.20: Analysenstatistik verschiedener Kenngrößen im Ruhrwasser
Fig. 20.20: Statistics on the analysis of selected parameters in Ruhr water

Kenngröße: Gesamtes gelöstes Phosphat

Einheit: mg/l

Zielwert: 0.5 mg/l

| Probenahmestelle Ruhr-km | Styrum 11,35 | Kettwig 23,47 | Rellingh. 42,76 | Stiepel 62,65 | Witten 71,91 | Hengstey 88,75 | Westhof. 95,15 | Hengsen 108,39 | Warmen 121,17 | Echthau. 128,31 |
|-----------------------------|-----------------|------------------|--------------------|------------------|-----------------|-------------------|-------------------|-------------------|------------------|--------------------|
| Anzahl der Werte | 12 | 12 | 94 | | 48 | 52 | 48 | 48 | | 48 |
| Arith. Jahresmittel | < 0,30 | < 0,30 | 0,20 | | 0,21 | 0,18 | 0,17 | 0,16 | | 0,15 |
| Geom. Jahresmittel | < 0,30 | < 0,30 | 0,19 | | 0,20 | 0,16 | 0,16 | 0,15 | | 0,14 |
| Geom. Sommermittel | < 0,30 | < 0,30 | 0,19 | | 0,20 | 0,17 | 0,17 | 0,15 | | 0,14 |
| Geom. Wintermittel | < 0,30 | < 0,30 | 0,18 | | 0,19 | 0,16 | 0,16 | 0,15 | | 0,14 |
| Maximalwert | 0,30 | 0,30 | 0,34 | | 0,40 | 0,33 | 0,34 | 0,34 | | 0,31 |
| Datum des Max. | Mehrere | Mehrere | Mehrere | | 17.08 | 16.11 | 17.08 | 12.01 | | Mehrere |
| 90-Perzentil | 0,30 | < 0,30 | 0,28 | | 0,29 | 0,26 | 0,22 | 0,21 | | 0,19 |
| 50-Perzentil | < 0,30 | < 0,30 | 0,21 | | 0,21 | 0,19 | 0,16 | 0,15 | | 0,15 |
| 10-Perzentil | < 0,30 | < 0,30 | 0,11 | | 0,15 | 0,09 | 0,12 | 0,11 | | 0,09 |
| Minimalwert | < 0,30 | < 0,30 | < 0,05 | | 0,06 | < 0,06 | 0,09 | 0,09 | | 0,06 |
| Datum des Min. | Mehrere | Mehrere | 09.03 | | 08.06 | Mehrere | Mehrere | Mehrere | | 07.04 |

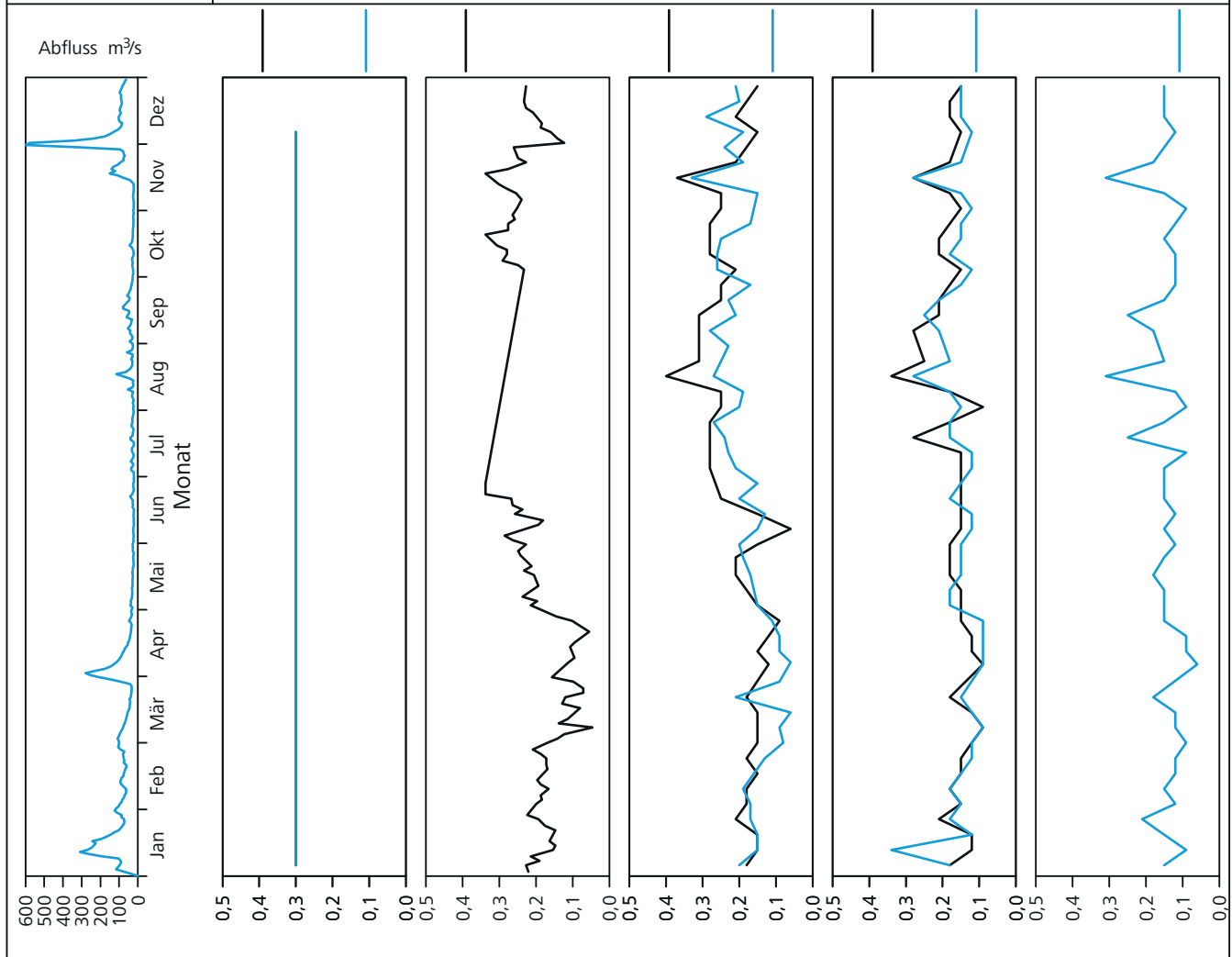


Bild 20.21: Analysenstatistik verschiedener Kenngrößen im Ruhrwasser, hier: Phosphat. An der Messstelle Essen-Rellinghausen waren zwischen Mitte Juni und Ende September auf Grund eines Geräteausfalles keine Messwerte verfügbar.
 Fig. 20.21: Statistics on the analysis of selected parameters in Ruhr water, here: phosphate. Due to an equipment failure, no data were available at the measuring point Essen-Rellinghausen between mid-June and end of September.

Kenngröße: Cadmium

Einheit: µg/l

Zielwert: 1 µg/l

| Probenahmestelle Ruhr-km | Styrum 11,35 | Kettwig 23,47 | Rellingh. 42,76 | Stiepel 62,65 | Witten 71,91 | Hengstey 88,75 | Westhof. 95,15 | Hengsen 108,39 | Warmen 121,17 | Echthau. 128,31 |
|--------------------------|-----------------|------------------|--------------------|------------------|-----------------|-------------------|-------------------|-------------------|------------------|--------------------|
| Anzahl der Werte | 12 | 12 | 132 | | 26 | 52 | 26 | 26 | 24 | 26 |
| Arith. Jahresmittel | < 0,30 | < 0,30 | 0,06 | | < 0,30 | < 0,20 | < 0,30 | < 0,30 | < 0,10 | < 0,30 |
| Geom. Jahresmittel | < 0,30 | < 0,30 | 0,05 | | < 0,30 | < 0,20 | < 0,30 | < 0,30 | < 0,10 | < 0,30 |
| Geom. Sommermittel | < 0,30 | < 0,30 | 0,05 | | < 0,30 | < 0,20 | < 0,30 | < 0,30 | < 0,10 | < 0,30 |
| Geom. Wintermittel | < 0,30 | < 0,30 | < 0,05 | | < 0,30 | < 0,20 | < 0,30 | < 0,30 | < 0,10 | < 0,30 |
| Maximalwert | < 0,30 | < 0,30 | 0,61 | | 0,40 | < 0,20 | < 0,30 | < 0,30 | 0,10 | 0,50 |
| Datum des Max. | Mehrere | Mehrere | 02.12 | | 09.02 | Mehrere | Mehrere | Mehrere | 02.01 | 09.02 |
| 90-Perzentil | < 0,30 | < 0,30 | 0,09 | | < 0,30 | < 0,20 | < 0,30 | < 0,30 | < 0,10 | < 0,30 |
| 50-Perzentil | < 0,30 | < 0,30 | < 0,05 | | < 0,30 | < 0,20 | < 0,30 | < 0,30 | < 0,10 | < 0,30 |
| 10-Perzentil | < 0,30 | < 0,30 | < 0,05 | | < 0,30 | < 0,20 | < 0,30 | < 0,30 | < 0,10 | < 0,30 |
| Minimalwert | < 0,30 | < 0,30 | < 0,05 | | < 0,30 | < 0,20 | < 0,30 | < 0,30 | < 0,10 | < 0,30 |
| Datum des Min. | Mehrere | Mehrere | Mehrere | | Mehrere | Mehrere | Mehrere | Mehrere | Mehrere | Mehrere |

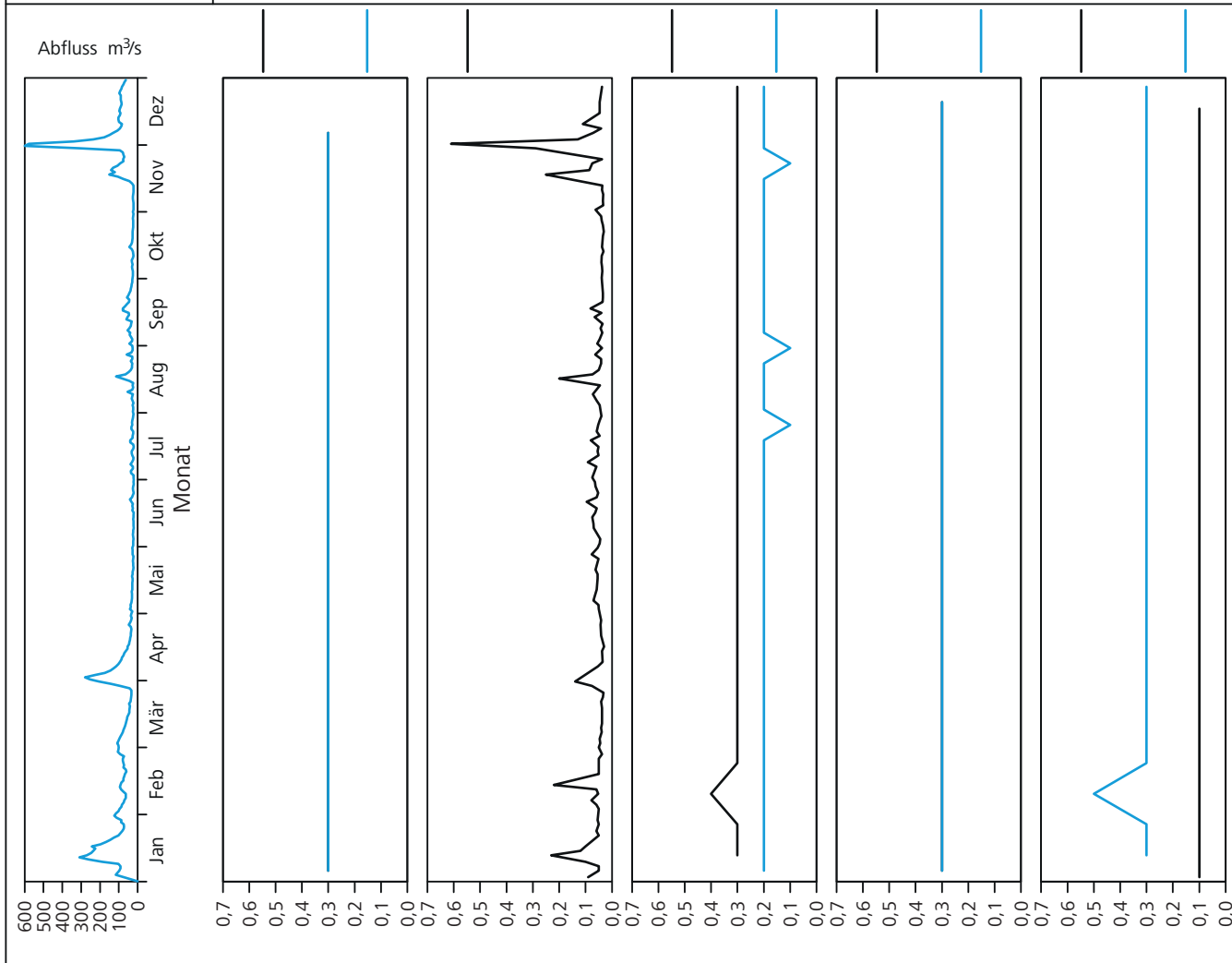


Bild 20.22: Analysenstatistik verschiedener Kenngrößen im Ruhrwasser
 Fig. 20.22: Statistics on the analysis of selected parameters in Ruhr water

Kenngröße: Chrom

Einheit: µg/l

Zielwert:

| Probenahmestelle Ruhr-km | Styrum 11,35 | Kettwig 23,47 | Rellingh. 42,76 | Stiepel 62,65 | Witten 71,91 | Hengstey 88,75 | Westhof. 95,15 | Hengsen 108,39 | Warmen 121,17 | Echthau. 128,31 |
|-----------------------------|-----------------|------------------|--------------------|------------------|-----------------|-------------------|-------------------|-------------------|------------------|--------------------|
| Anzahl der Werte | 20 | 12 | 132 | | 26 | 52 | 26 | 26 | 16 | 26 |
| Arith. Jahresmittel | < 1,0 | < 1,0 | < 1,0 | | < 2,0 | < 2,0 | < 2,0 | < 2,0 | < 1,0 | < 2,0 |
| Geom. Jahresmittel | < 1,0 | < 1,0 | < 1,0 | | < 2,0 | < 2,0 | < 2,0 | < 2,0 | < 1,0 | < 2,0 |
| Geom. Sommermittel | < 1,0 | < 1,0 | < 1,0 | | < 2,0 | < 2,0 | < 2,0 | < 2,0 | < 1,0 | < 2,0 |
| Geom. Wintermittel | < 1,0 | < 1,0 | < 1,0 | | < 2,0 | < 2,0 | < 2,0 | < 2,0 | < 1,0 | < 2,0 |
| Maximalwert | 3,0 | < 1,0 | 13,0 | | < 2,0 | < 2,0 | < 2,0 | < 2,0 | < 1,0 | < 2,0 |
| Datum des Max. | 12.01 | Mehrere | 02.12 | | Mehrere | 05.01 | Mehrere | Mehrere | Mehrere | Mehrere |
| 90-Perzentil | < 1,0 | < 1,0 | 1,8 | | < 2,0 | < 2,0 | < 2,0 | < 2,0 | < 1,0 | < 2,0 |
| 50-Perzentil | < 1,0 | < 1,0 | < 1,0 | | < 2,0 | < 2,0 | < 2,0 | < 2,0 | < 1,0 | < 2,0 |
| 10-Perzentil | < 1,0 | < 1,0 | < 1,0 | | < 2,0 | < 2,0 | < 2,0 | < 2,0 | < 1,0 | < 2,0 |
| Minimalwert | < 1,0 | < 1,0 | < 1,0 | | < 2,0 | < 2,0 | < 2,0 | < 2,0 | < 1,0 | < 2,0 |
| Datum des Min. | Mehrere | Mehrere | Mehrere | | Mehrere | Mehrere | Mehrere | Mehrere | 01.10 | Mehrere |

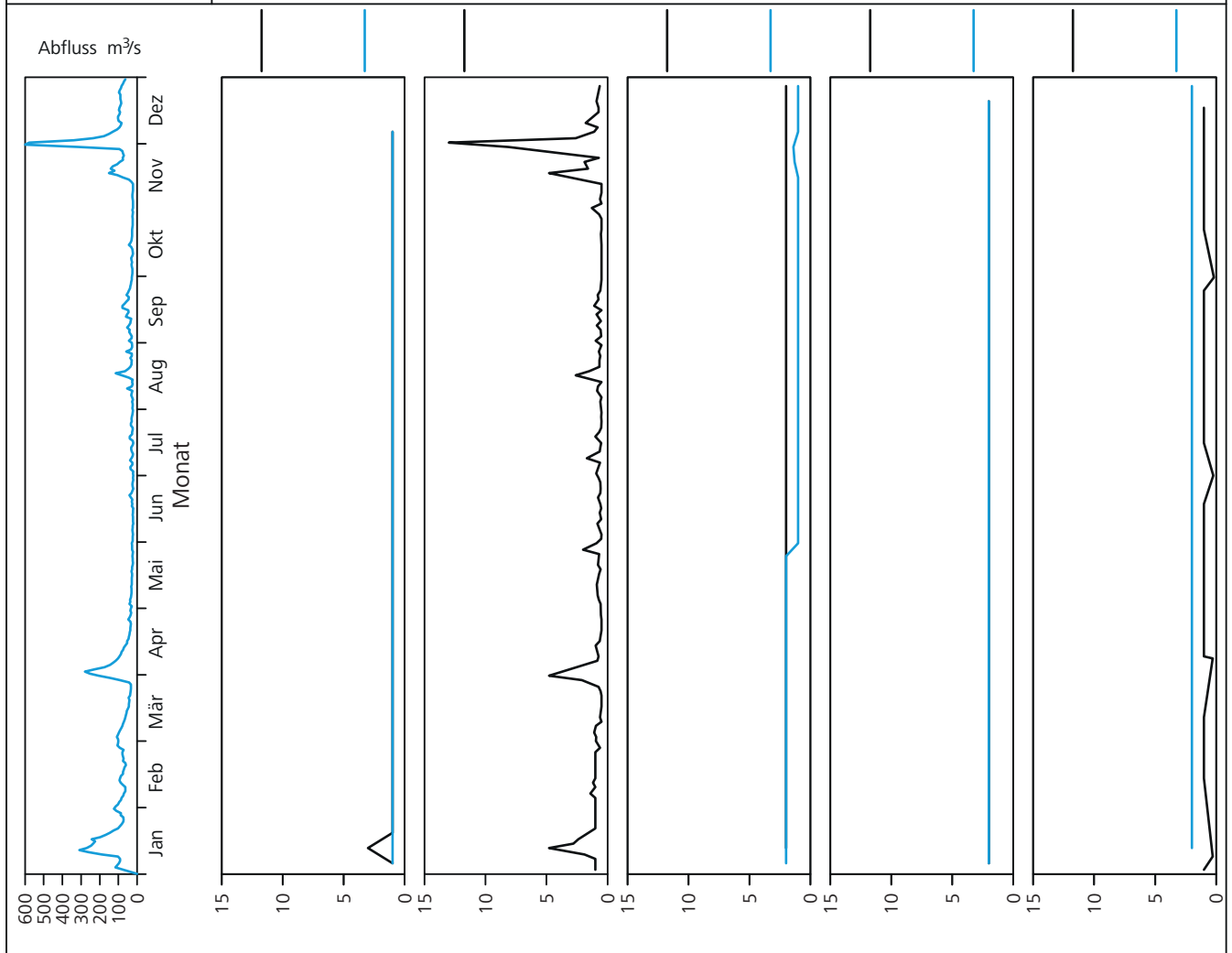


Bild 20.23: Analysenstatistik verschiedener Kenngrößen im Ruhrwasser
 Fig. 20.23: Statistics on the analysis of selected parameters in Ruhr water

Kenngröße: Nickel

Einheit: µg/l

Zielwert: 10 µg/l

| Probenahmestelle Ruhr-km | Styrum 11,35 | Kettwig 23,47 | Rellingh. 42,76 | Stiepel 62,65 | Witten 71,91 | Hengstey 88,75 | Westhof. 95,15 | Hengsen 108,39 | Warmen 121,17 | Echthau. 128,31 |
|--------------------------|-----------------|------------------|--------------------|------------------|-----------------|-------------------|-------------------|-------------------|------------------|--------------------|
| Anzahl der Werte | 12 | 12 | 132 | | 26 | 52 | 26 | 26 | 24 | 26 |
| Arith. Jahresmittel | 2,2 | 2,5 | 2,8 | | < 2,0 | < 2,0 | 2,0 | < 2,0 | 1,7 | < 2,0 |
| Geom. Jahresmittel | 2,2 | 2,4 | 2,5 | | < 2,0 | < 2,0 | < 2,0 | < 2,0 | 1,5 | < 2,0 |
| Geom. Sommermittel | 2,4 | 2,8 | 2,8 | | < 2,0 | < 2,0 | 2,0 | < 2,0 | 1,9 | < 2,0 |
| Geom. Wintermittel | 2,0 | 2,1 | 2,1 | | < 2,0 | < 2,0 | < 2,0 | < 2,0 | 1,2 | < 2,0 |
| Maximalwert | 3,0 | 3,0 | 15,0 | | 3,0 | 3,2 | 5,0 | 5,0 | 3,3 | 10,0 |
| Datum des Max. | Mehrere | Mehrere | 02.12 | | Mehrere | Mehrere | 01.06 | 01.06 | 02.06 | 26.05 |
| 90-Perzentil | 3,0 | 3,0 | 3,5 | | 2,0 | 2,9 | 3,5 | 3,0 | 2,9 | 2,0 |
| 50-Perzentil | 2,0 | 2,5 | 2,6 | | < 2,0 | 2,1 | 2,0 | 2,0 | 1,8 | < 2,0 |
| 10-Perzentil | 2,0 | 2,0 | 1,8 | | < 2,0 | < 2,0 | < 2,0 | < 2,0 | 1,0 | < 2,0 |
| Minimalwert | 2,0 | 2,0 | < 1,0 | | < 2,0 | < 2,0 | < 2,0 | < 2,0 | < 1,0 | < 2,0 |
| Datum des Min. | Mehrere | Mehrere | Mehrere | | Mehrere | Mehrere | Mehrere | Mehrere | 07.05 | Mehrere |

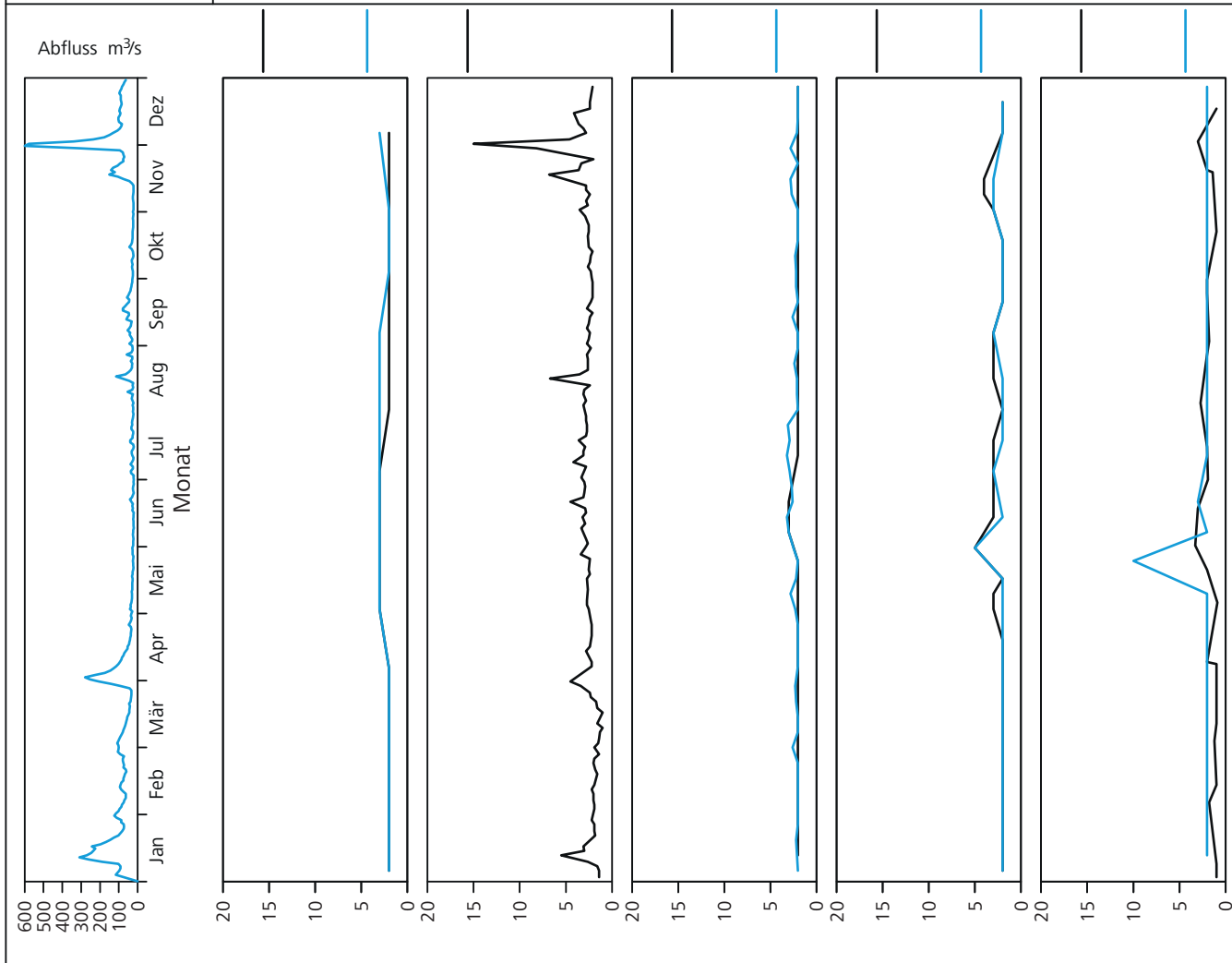


Bild 20.24: Analysenstatistik verschiedener Kenngrößen im Ruhrwasser
 Fig. 20.24: Statistics on the analysis of selected parameters in Ruhr water

Kenngröße: Gelöstes Mangan

Einheit: µg/l

Zielwert:

| Probenahmestelle Ruhr-km | Styrum 11,35 | Kettwig 23,47 | Rellingh. 42,76 | Stiepel 62,65 | Witten 71,91 | Hengstey 88,75 | Westhof. 95,15 | Hengsen 108,39 | Warmen 121,17 | Echthau. 128,31 |
|-----------------------------|-----------------|------------------|--------------------|------------------|-----------------|-------------------|-------------------|-------------------|------------------|--------------------|
| Anzahl der Werte | | | 132 | | 48 | 52 | 48 | 48 | 24 | 48 |
| Arith. Jahresmittel | | | 19 | | 15 | 35 | 12 | 13 | 18 | 14 |
| Geom. Jahresmittel | | | 18 | | 13 | 28 | 10 | 9 | 17 | 13 |
| Geom. Sommermittel | | | 18 | | 10 | 30 | 8 | 7 | 14 | 14 |
| Geom. Wintermittel | | | 17 | | 17 | 26 | 13 | 12 | 20 | 12 |
| Maximalwert | | | 63 | | 29 | 161 | 25 | 125 | 65 | 39 |
| Datum des Max. | | | 02.12 | | 26.05 | 19.01 | 20.04 | 12.01 | 05.02 | 24.08 |
| 90-Perzentil | | | 26 | | 24 | 51 | 20 | 18 | 20 | 21 |
| 50-Perzentil | | | 19 | | 16 | 32 | 11 | 11 | 16 | 12 |
| 10-Perzentil | | | 11 | | 8 | 13 | 4 | 4 | 13 | 9 |
| Minimalwert | | | < 10 | | < 2 | < 10 | 2 | 2 | 9 | 6 |
| Datum des Min. | | | 13.05 | | Mehrere | Mehrere | 03.08 | Mehrere | 06.08 | 07.04 |

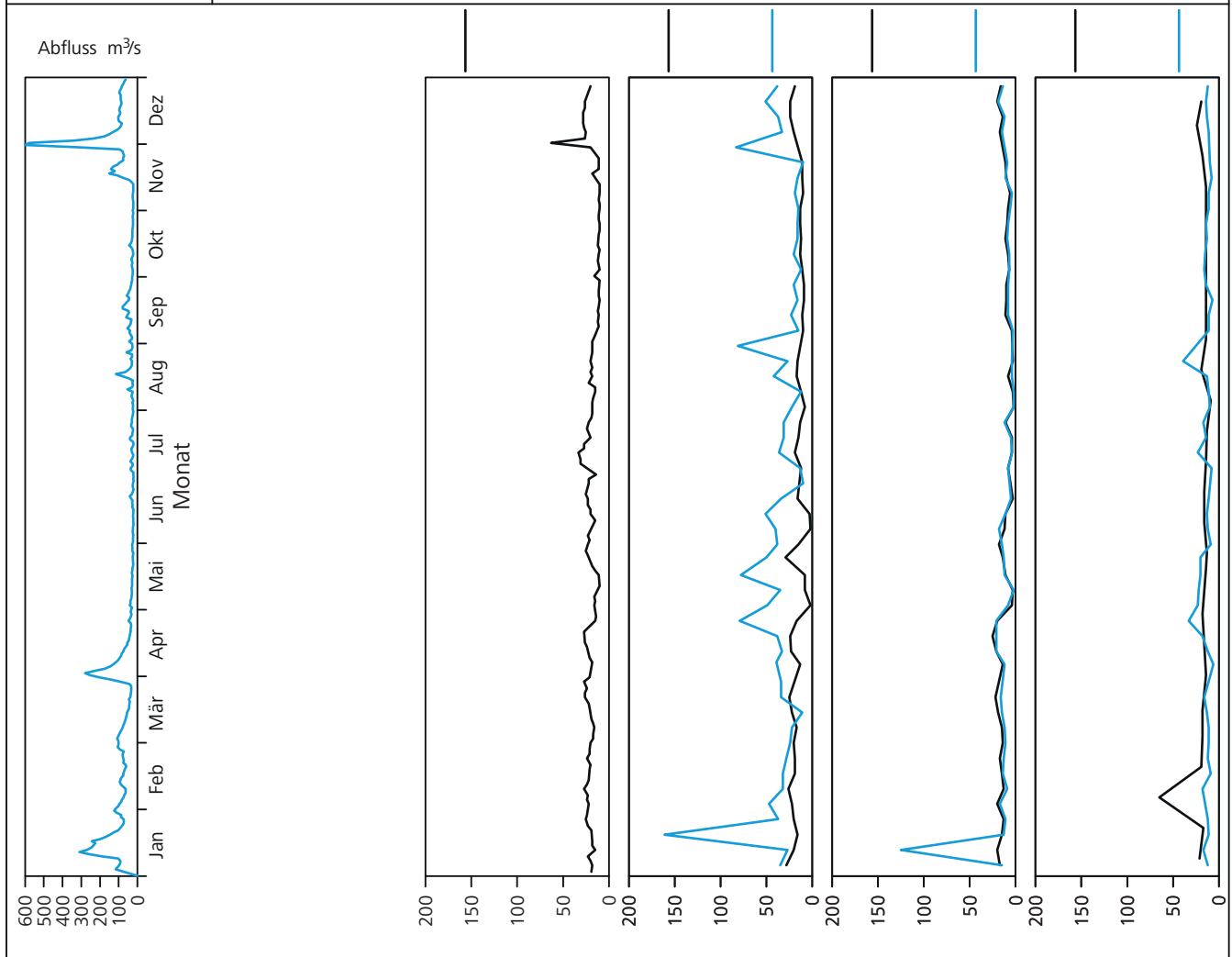


Bild 20.25: Analysenstatistik verschiedener Kenngrößen im Ruhrwasser
 Fig. 20.25: Statistics on the analysis of selected parameters in Ruhr water

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 | 20 | 12 | 132 | | 48 | 52 | 48 | 48 | 62 | 48 |
| Arith. Jahresmittel | 49 | 55 | 51 | | 39 | 37 | 39 | 35 | 28 | 29 |
| Geom. Jahresmittel | 45 | 52 | 48 | | 37 | 35 | 37 | 34 | 27 | 28 |
| Geom. Sommermittel | 61 | 59 | 55 | | 41 | 39 | 41 | 37 | 30 | 30 |
| Geom. Wintermittel | 40 | 45 | 47 | | 34 | 32 | 34 | 30 | 25 | 26 |
| Maximalwert | 98 | 79 | 86 | | 56 | 53 | 58 | 50 | 45 | 43 |
| Datum des Max. | 08.06 | 08.06 | Mehrere | | 09.11 | Mehrere | 09.11 | 09.11 | 18.06 | 02.11 |
| 90-Perzentil | 71 | 76 | 72 | | 50 | 47 | 48 | 43 | 35 | 36 |
| 50-Perzentil | 46 | 58 | 52 | | 39 | 38 | 42 | 36 | 29 | 30 |
| 10-Perzentil | 24 | 29 | 26 | | 23 | 23 | 23 | 22 | 19 | 19 |
| Minimalwert | 23 | 23 | 16 | | 19 | 18 | 20 | 18 | 14 | 17 |
| Datum des Min. | 07.12 | 07.12 | 02.12 | | 12.01 | 12.01 | 12.01 | 12.01 | 03.12 | Mehrere |

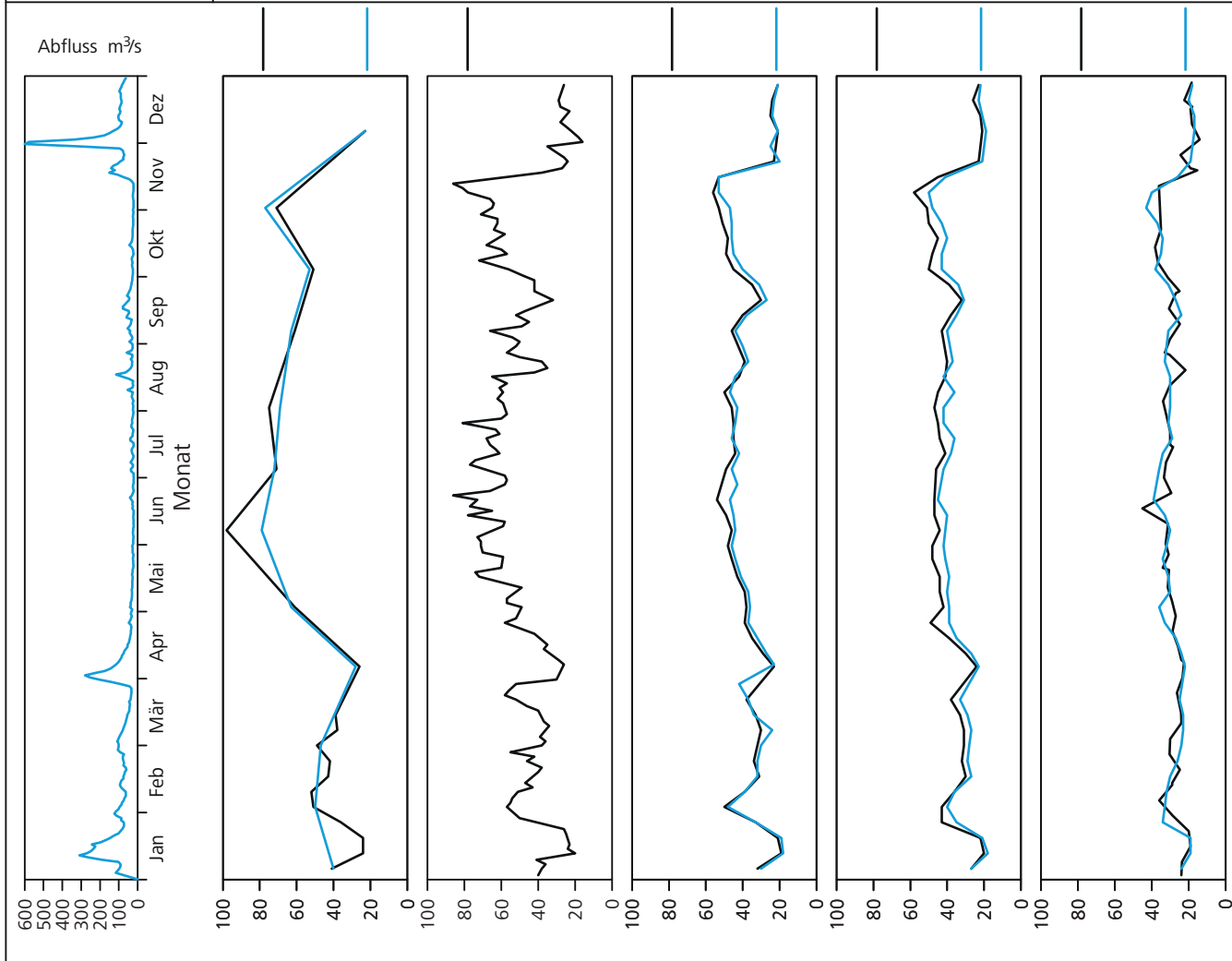


Bild 20.26: Analysenstatistik verschiedener Kenngrößen im Ruhrwasser
 Fig. 20.26: Statistics on the analysis of selected parameters in Ruhr water

Kenngröße: Adsorbierbare organisch gebundene Halogene (AOX)

Einheit: µg/l

Zielwert:

| Probenahmestelle Ruhr-km | Styrum 11,35 | Kettwig 23,47 | Rellingh. 42,76 | Stiepel 62,65 | Witten 71,91 | Hengstey 88,75 | Westhof. 95,15 | Hengsen 108,39 | Warmen 121,17 | Echthau. 128,31 |
|-----------------------------|-----------------|------------------|--------------------|------------------|-----------------|-------------------|-------------------|-------------------|------------------|--------------------|
| Anzahl der Werte | | | 132 | | 26 | | 26 | 26 | 12 | 26 |
| Arith. Jahresmittel | | | 7,0 | | < 10,0 | | < 10,0 | < 10,0 | < 10,0 | < 10,0 |
| Geom. Jahresmittel | | | 5,8 | | < 10,0 | | < 10,0 | < 10,0 | < 10,0 | < 10,0 |
| Geom. Sommermittel | | | 6,7 | | < 10,0 | | < 10,0 | < 10,0 | < 10,0 | < 10,0 |
| Geom. Wintermittel | | | 5,0 | | < 10,0 | | < 10,0 | < 10,0 | < 10,0 | < 10,0 |
| Maximalwert | | | 14,0 | | 13,0 | | 12,0 | 13,0 | 11,0 | 15,0 |
| Datum des Max. | | | Mehrere | | Mehrere | | 06.07 | Mehrere | 19.06 | 13.07 |
| 90-Perzentil | | | 11,0 | | 11,0 | | 11,0 | 12,0 | 10,0 | 11,0 |
| 50-Perzentil | | | 7,0 | | < 10,0 | | < 10,0 | < 10,0 | < 10,0 | < 10,0 |
| 10-Perzentil | | | < 5,0 | | < 10,0 | | < 10,0 | < 10,0 | < 10,0 | < 10,0 |
| Minimalwert | | | < 5,0 | | < 10,0 | | < 10,0 | < 10,0 | < 10,0 | < 10,0 |
| Datum des Min. | | | Mehrere | | Mehrere | | Mehrere | Mehrere | Mehrere | Mehrere |

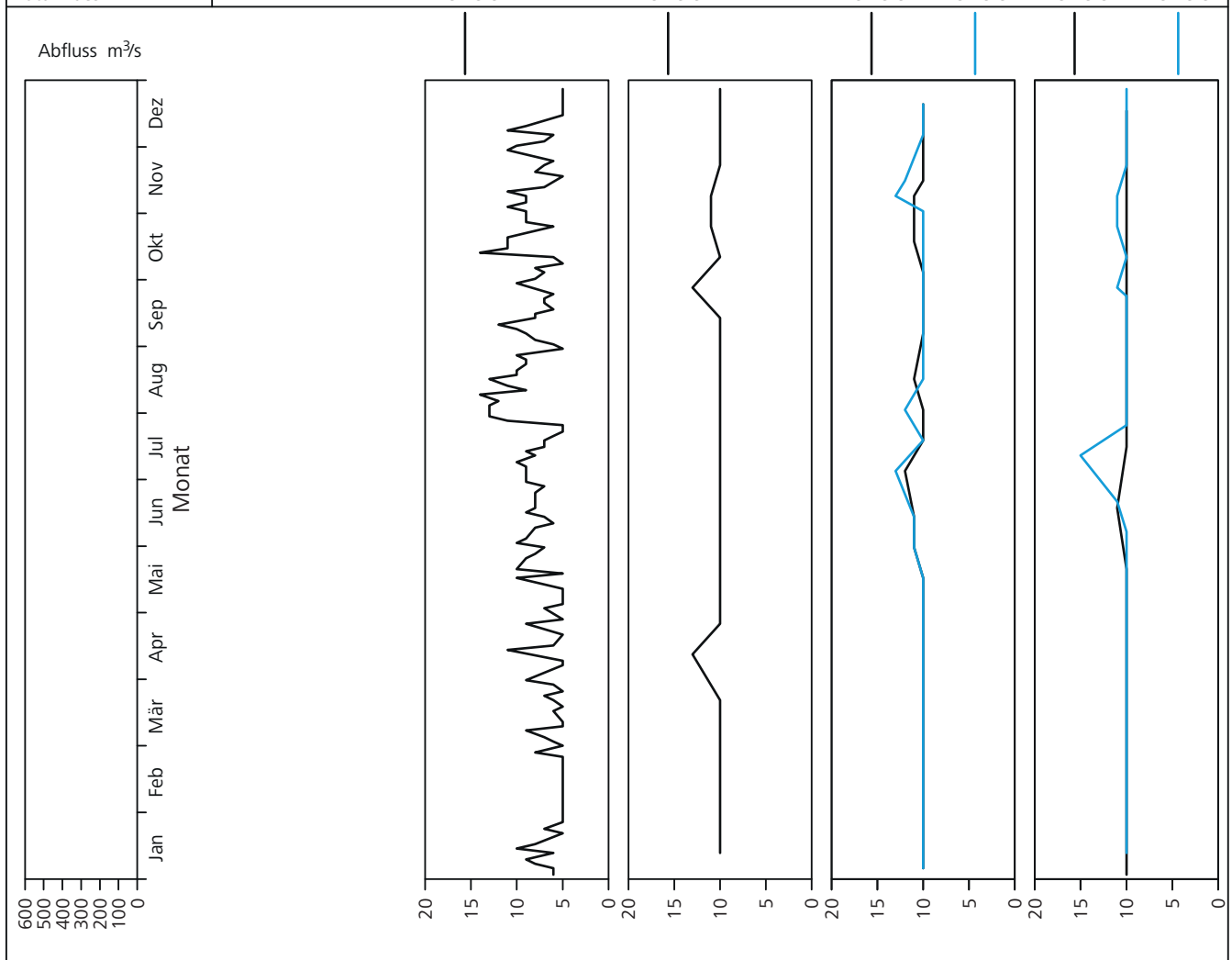


Bild 20.27: Analysenstatistik verschiedener Kenngrößen im Ruhrwasser
 Fig. 20.27: Statistics on the analysis of selected parameters in Ruhr water

Kenngröße: Tetrachlorethen

Einheit: µg/l

Zielwert: 1 µg/l

| Probenahmestelle Ruhr-km | Styrum | Kettwig | Rellingh. | Stiepel | Witten | Hengstey | Westhof. | Hengsen | Warmen | Echthau. |
|--------------------------|--------|---------|-----------|---------|---------|----------|----------|---------|---------|----------|
| | 11,35 | 23,47 | 42,76 | 62,65 | 71,91 | 88,75 | 95,15 | 108,39 | 121,17 | 128,31 |
| Anzahl der Werte | | | 33 | | 26 | 52 | 26 | 26 | 12 | 26 |
| Arith. Jahresmittel | | | 0,01 | | < 0,10 | < 0,10 | < 0,10 | < 0,10 | < 0,10 | < 0,10 |
| Geom. Jahresmittel | | | 0,01 | | < 0,10 | < 0,10 | < 0,10 | < 0,10 | < 0,10 | < 0,10 |
| Geom. Sommermittel | | | < 0,01 | | < 0,10 | < 0,10 | < 0,10 | < 0,10 | < 0,10 | < 0,10 |
| Geom. Wintermittel | | | 0,01 | | < 0,10 | < 0,10 | < 0,10 | < 0,10 | < 0,10 | < 0,10 |
| Maximalwert | | | 0,04 | | < 0,10 | 0,10 | 0,10 | 0,20 | < 0,10 | 0,30 |
| Datum des Max. | | | 26.01 | | Mehrere | 05.01 | Mehrere | Mehrere | Mehrere | 22.06 |
| 90-Perzentil | | | 0,02 | | < 0,10 | < 0,10 | < 0,10 | 0,10 | < 0,10 | < 0,10 |
| 50-Perzentil | | | 0,01 | | < 0,10 | < 0,10 | < 0,10 | < 0,10 | < 0,10 | < 0,10 |
| 10-Perzentil | | | < 0,01 | | < 0,10 | < 0,10 | < 0,10 | < 0,10 | < 0,10 | < 0,10 |
| Minimalwert | | | < 0,01 | | < 0,10 | < 0,10 | < 0,10 | < 0,10 | < 0,10 | < 0,10 |
| Datum des Min. | | | Mehrere | | Mehrere | Mehrere | Mehrere | Mehrere | Mehrere | Mehrere |

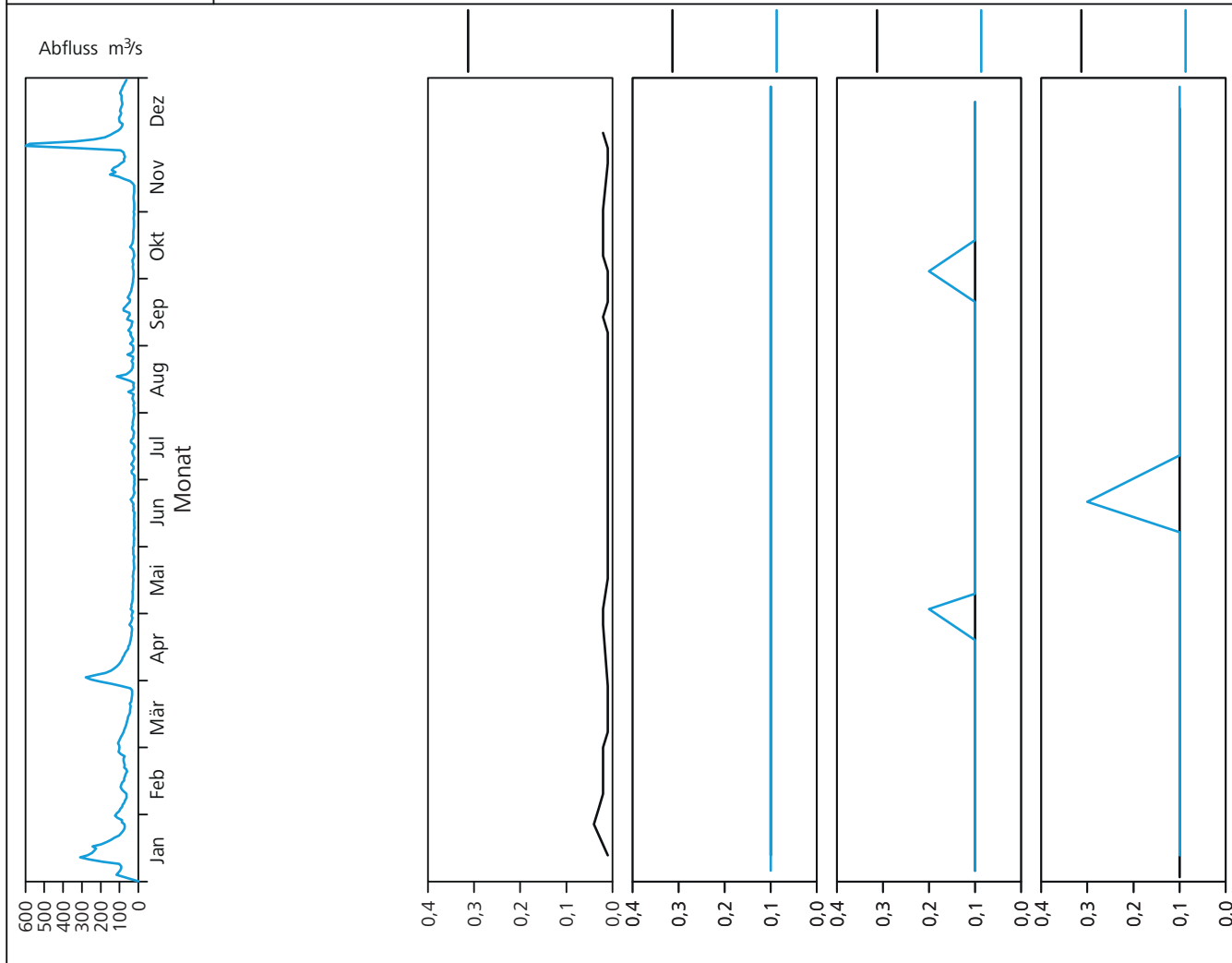


Bild 20.28: Analysenstatistik verschiedener Kenngrößen im Ruhrwasser
 Fig. 20.28: Statistics on the analysis of selected parameters in Ruhr water

Kenngröße: Trichlorethen

Einheit: µg/l

Zielwert: 1 µg/l

| Probenahmestelle Ruhr-km | Styrum 11,35 | Kettwig 23,47 | Rellingh. 42,76 | Stiepel 62,65 | Witten 71,91 | Hengstey 88,75 | Westhof. 95,15 | Hengsen 108,39 | Warmen 121,17 | Echthau. 128,31 |
|-----------------------------|-----------------|------------------|--------------------|------------------|-----------------|-------------------|-------------------|-------------------|------------------|--------------------|
| Anzahl der Werte | | | 33 | | 26 | 52 | 26 | 26 | 12 | 26 |
| Arith. Jahresmittel | | | < 0,01 | | < 0,10 | < 0,10 | < 0,10 | < 0,10 | < 0,10 | < 0,10 |
| Geom. Jahresmittel | | | < 0,01 | | < 0,10 | < 0,10 | < 0,10 | < 0,10 | < 0,10 | < 0,10 |
| Geom. Sommermittel | | | < 0,01 | | < 0,10 | < 0,10 | < 0,10 | < 0,10 | < 0,10 | < 0,10 |
| Geom. Wintermittel | | | < 0,01 | | < 0,10 | < 0,10 | < 0,10 | < 0,10 | < 0,10 | < 0,10 |
| Maximalwert | | | < 0,01 | | < 0,10 | < 0,10 | < 0,10 | < 0,10 | < 0,10 | < 0,10 |
| Datum des Max. | | | Mehrere | | Mehrere | Mehrere | Mehrere | Mehrere | Mehrere | Mehrere |
| 90-Perzentil | | | < 0,01 | | < 0,10 | < 0,10 | < 0,10 | < 0,10 | < 0,10 | < 0,10 |
| 50-Perzentil | | | < 0,01 | | < 0,10 | < 0,10 | < 0,10 | < 0,10 | < 0,10 | < 0,10 |
| 10-Perzentil | | | < 0,01 | | < 0,10 | < 0,10 | < 0,10 | < 0,10 | < 0,10 | < 0,10 |
| Minimalwert | | | < 0,01 | | < 0,10 | < 0,10 | < 0,10 | < 0,10 | < 0,10 | < 0,10 |
| Datum des Min. | | | Mehrere | | Mehrere | Mehrere | Mehrere | Mehrere | Mehrere | Mehrere |

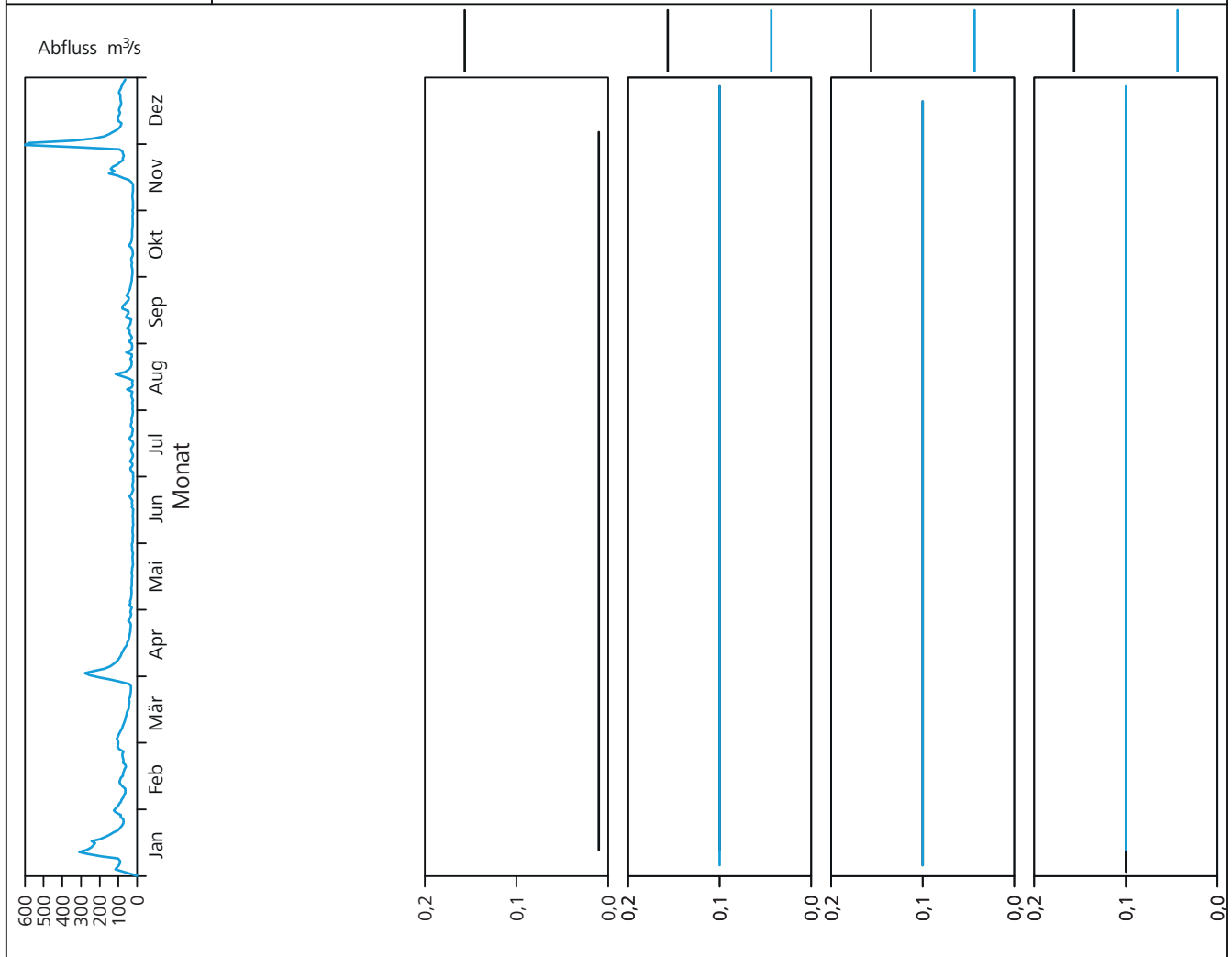


Bild 20.29: Analysenstatistik verschiedener Kenngrößen im Ruhrwasser
 Fig. 20.29: Statistics on the analysis of selected parameters in Ruhr water

Kenngröße: Diethyltrinitrilopentaessigsäure (DTPA)

Einheit: µg/l

Zielwert: 10 µg/l

| Probenahmestelle Ruhr-km | Styrum 11,35 | Kettwig 23,47 | Rellingh. 42,76 | Stiepel 62,65 | Witten 71,91 | Hengstey 88,75 | Westhof. 95,15 | Hengsen 108,39 | Warmen 121,17 | Echthau. 128,31 |
|--------------------------|-----------------|------------------|--------------------|------------------|-----------------|-------------------|-------------------|-------------------|------------------|--------------------|
| Anzahl der Werte | 4 | | 132 | 22 | 24 | 12 | 24 | 24 | | 24 |
| Arith. Jahresmittel | < 1,0 | | < 1,0 | < 2,0 | < 2,0 | 6,6 | < 2,0 | < 2,0 | | < 2,0 |
| Geom. Jahresmittel | < 1,0 | | < 1,0 | < 2,0 | < 2,0 | 6,1 | < 2,0 | < 2,0 | | < 2,0 |
| Geom. Sommermittel | < 1,0 | | < 1,0 | < 2,0 | < 2,0 | 7,7 | < 2,0 | < 2,0 | | < 2,0 |
| Geom. Wintermittel | < 1,0 | | < 1,0 | < 2,0 | < 2,0 | 4,8 | < 2,0 | < 2,0 | | < 2,0 |
| Maximalwert | < 1,0 | | 1,7 | 3,1 | < 2,0 | 9,1 | < 2,0 | 2,0 | | 2,1 |
| Datum des Max. | Mehrere | | 04.02 | 11.05 | Mehrere | 29.05 | Mehrere | 05.01 | | 23.11 |
| 90-Perzentil | < 1,0 | | < 1,0 | < 2,0 | < 2,0 | 9,0 | < 2,0 | < 2,0 | | < 2,0 |
| 50-Perzentil | < 1,0 | | < 1,0 | < 2,0 | < 2,0 | 7,4 | < 2,0 | < 2,0 | | < 2,0 |
| 10-Perzentil | < 1,0 | | < 1,0 | < 2,0 | < 2,0 | 3,0 | < 2,0 | < 2,0 | | < 2,0 |
| Minimalwert | < 1,0 | | < 1,0 | < 2,0 | < 2,0 | 2,2 | < 2,0 | < 2,0 | | < 2,0 |
| Datum des Min. | Mehrere | | Mehrere | Mehrere | Mehrere | 30.12 | Mehrere | Mehrere | | Mehrere |

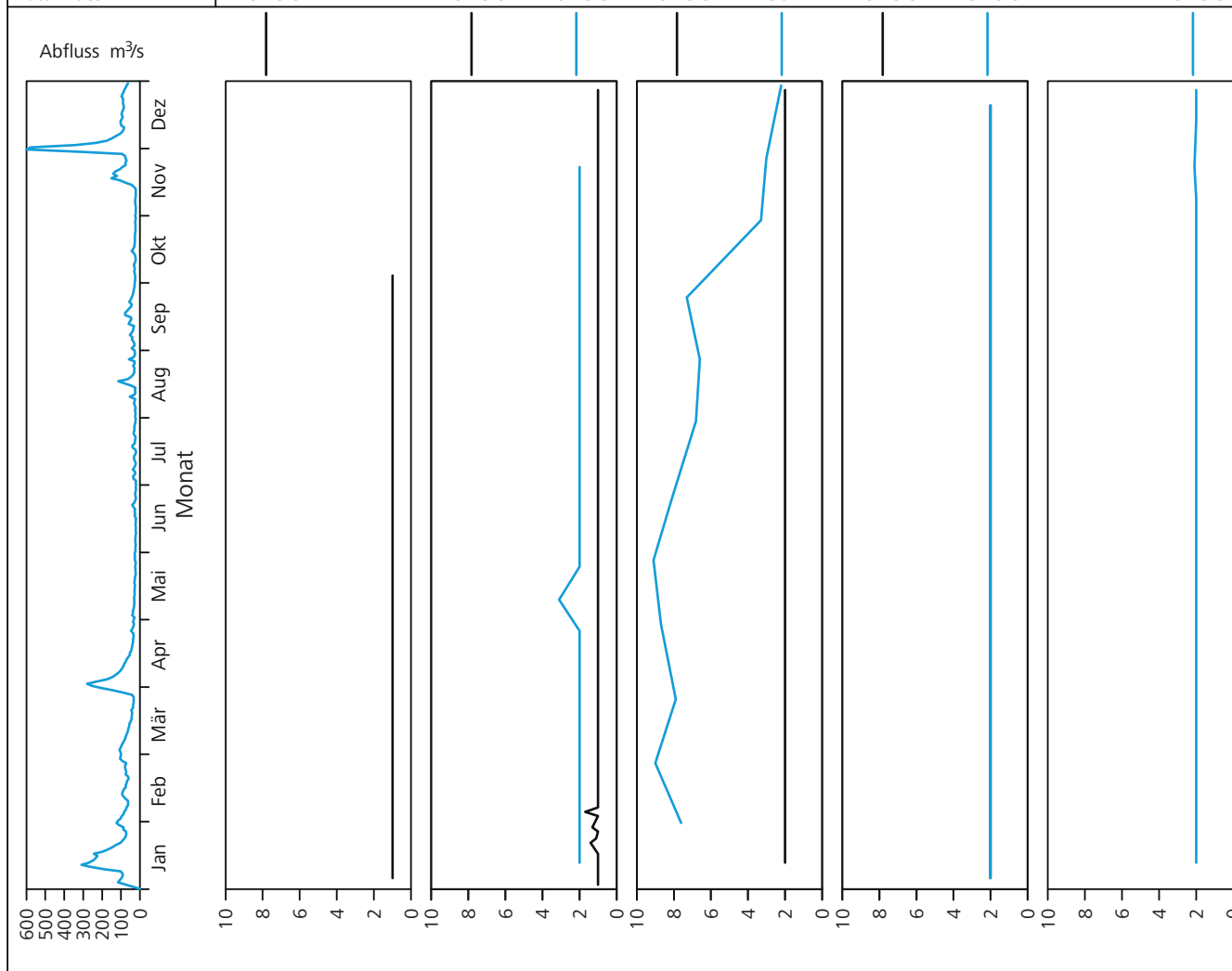


Bild 20.30: Analysenstatistik verschiedener Kenngrößen im Ruhrwasser
 Fig. 20.30: Statistics on the analysis of selected parameters in Ruhr water

Kenngröße: Ethylendinitrilotetraessigsäure (EDTA)

Einheit: µg/l

Zielwert: 10 µg/l

| Probenahmestelle Ruhr-km | Styrum 11,35 | Kettwig 23,47 | Rellingh. 42,76 | Stiepel 62,65 | Witten 71,91 | Hengstey 88,75 | Westhof. 95,15 | Hengsen 108,39 | Warmen 121,17 | Echthau. 128,31 |
|-----------------------------|-----------------|------------------|--------------------|------------------|-----------------|-------------------|-------------------|-------------------|------------------|--------------------|
| Anzahl der Werte | 4 | | 132 | 22 | 24 | 12 | 24 | 24 | | 24 |
| Arith. Jahresmittel | 3,5 | | 3,7 | 4,3 | 4,3 | 9,8 | 2,4 | 2,1 | | 2,2 |
| Geom. Jahresmittel | 3,1 | | 3,3 | 3,8 | 3,8 | 9,0 | 2,0 | 1,7 | | 1,8 |
| Geom. Sommermittel | 3,7 | | 3,8 | 4,8 | 4,8 | 10,1 | 2,4 | 2,1 | | 2,3 |
| Geom. Wintermittel | 2,6 | | 3,4 | 2,9 | 3,1 | 7,9 | 1,7 | 1,3 | | 1,5 |
| Maximalwert | 6,8 | | 8,0 | 7,6 | 7,6 | 16,0 | 4,7 | 3,6 | | 5,0 |
| Datum des Max. | 06.07 | | 22.06 | 22.06 | 08.06 | 26.02 | 17.08 | 16.11 | | Mehrere |
| 90-Perzentil | 5,8 | | 5,6 | 6,7 | 6,6 | 14,8 | 3,9 | 3,4 | | 3,2 |
| 50-Perzentil | 2,6 | | 3,6 | 4,2 | 4,4 | 9,8 | 2,2 | 2,1 | | 2,2 |
| 10-Perzentil | 2,0 | | 1,8 | 2,2 | 2,0 | 6,8 | 1,1 | < 1,0 | | 1,0 |
| Minimalwert | 2,0 | | < 1,0 | 1,2 | 1,0 | 2,4 | < 1,0 | < 1,0 | | < 1,0 |
| Datum des Min. | Mehrere | | Mehrere | 12.01 | 28.12 | 30.12 | 16.02 | Mehrere | | 12.01 |

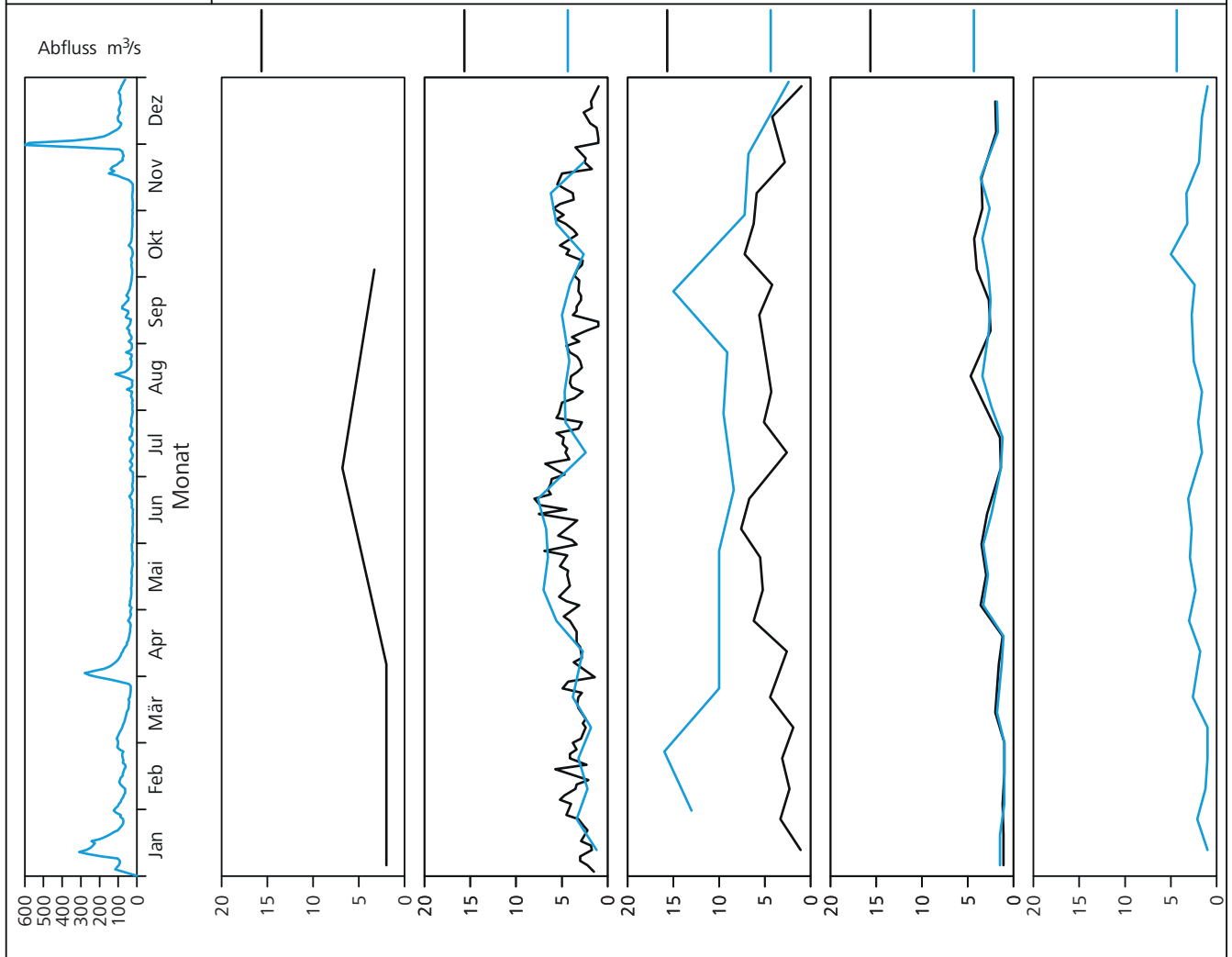


Bild 20.31: Analysenstatistik verschiedener Kenngrößen im Ruhrwasser
 Fig. 20.31: Statistics on the analysis of selected parameters in Ruhr water

Kenngröße: Nitrilotriessigsäure (NTA)

Einheit: µg/l

Zielwert: 10 µg/l

| Probenahmestelle Ruhr-km | Styrum 11,35 | Kettwig 23,47 | Rellingh. 42,76 | Stiepel 62,65 | Witten 71,91 | Hengstey 88,75 | Westhof. 95,15 | Hengsen 108,39 | Warmen 121,17 | Echthau. 128,31 |
|--------------------------|-----------------|------------------|--------------------|------------------|-----------------|-------------------|-------------------|-------------------|------------------|--------------------|
| Anzahl der Werte | 4 | | 132 | 22 | 24 | 12 | 24 | 24 | | 24 |
| Arith. Jahresmittel | < 1,0 | | < 1,0 | < 1,0 | < 1,0 | < 2,0 | < 1,0 | < 1,0 | | < 1,0 |
| Geom. Jahresmittel | < 1,0 | | < 1,0 | < 1,0 | < 1,0 | < 2,0 | < 1,0 | < 1,0 | | < 1,0 |
| Geom. Sommermittel | < 1,0 | | < 1,0 | < 1,0 | < 1,0 | < 2,0 | < 1,0 | < 1,0 | | < 1,0 |
| Geom. Wintermittel | < 1,0 | | < 1,0 | < 1,0 | < 1,0 | < 2,0 | < 1,0 | < 1,0 | | < 1,0 |
| Maximalwert | < 1,0 | | 1,8 | 3,0 | 1,7 | < 2,0 | 1,1 | < 1,0 | | < 1,0 |
| Datum des Max. | Mehrere | | 28.10 | 11.05 | 26.10 | Mehrere | 04.05 | Mehrere | | 12.01 |
| 90-Perzentil | < 1,0 | | < 1,0 | < 1,0 | < 1,0 | < 2,0 | < 1,0 | < 1,0 | | < 1,0 |
| 50-Perzentil | < 1,0 | | < 1,0 | < 1,0 | < 1,0 | < 2,0 | < 1,0 | < 1,0 | | < 1,0 |
| 10-Perzentil | < 1,0 | | < 1,0 | < 1,0 | < 1,0 | < 2,0 | < 1,0 | < 1,0 | | < 1,0 |
| Minimalwert | < 1,0 | | < 1,0 | < 1,0 | < 1,0 | < 2,0 | < 1,0 | < 1,0 | | < 1,0 |
| Datum des Min. | Mehrere | | Mehrere | Mehrere | Mehrere | Mehrere | Mehrere | Mehrere | | 12.01 |

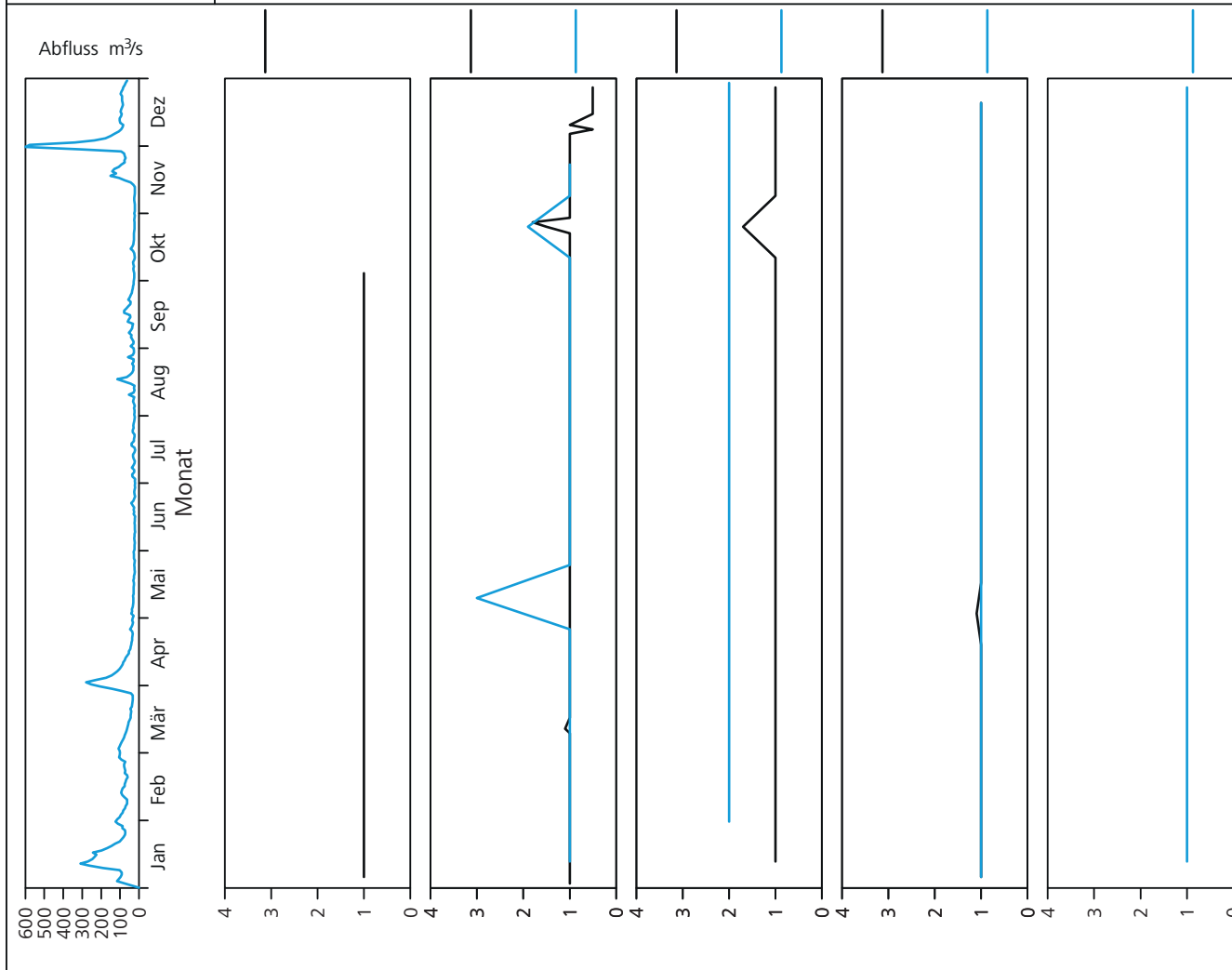


Bild 20.32: Analysenstatistik verschiedener Kenngrößen im Ruhrwasser
 Fig. 20.32: Statistics on the analysis of selected parameters in Ruhr water

Tabelle 20.5: Im Ruhrwasser bestimmte PSM und Überschreitungen der Trinkwassergrenzwerte von 100 ng/l bzw. der Zielwerte von 50 ng/l
 Table 20.5: Pesticides measured in the Ruhr water and exceedings of the limit for drinking water of 100 ng/l and the target value of 50 ng/l respectively

| Kenngröße | Zahl der ausgewerteten Analysen | Zahl der Proben mit positivem Befund | Anteil der Proben mit positivem Befund % | Zahl der Proben mit Werten > 100 ng/l | Anteil der Proben mit Werten > 100 ng/l % | Zahl der Proben mit Werten > 50 ng/l | Anteil der Proben mit Werten > 50 ng/l % | Überschreitung des 90-Perzentils | Maximalwert ng/l |
|-----------------------|---------------------------------|--------------------------------------|--|---------------------------------------|---|--------------------------------------|--|----------------------------------|------------------|
| Atrazin | 114 | 0 | 0,0 | 0 | 0,0 | 0 | 0,0 | – | < 50 |
| Bentazon | 196 | 0 | 0,0 | 0 | 0,0 | 0 | 0,0 | – | < 50 |
| Bifenox | 91 | 0 | 0,0 | 0 | 0,0 | 0 | 0,0 | – | < 50 |
| Bromacil | 2 | 0 | 0,0 | 0 | 0,0 | 0 | 0,0 | – | < 25 |
| Bromoxynil | 196 | 0 | 0,0 | 0 | 0,0 | 0 | 0,0 | – | < 50 |
| Carbetamid | 112 | 0 | 0,0 | 0 | 0,0 | 0 | 0,0 | – | < 25 |
| Carfentraton-ethyl | 84 | 0 | 0,0 | 0 | 0,0 | 0 | 0,0 | – | < 50 |
| Chloridazon | 86 | 0 | 0,0 | 0 | 0,0 | 0 | 0,0 | – | < 50 |
| Chlorthalonil | 132 | 0 | 0,0 | 0 | 0,0 | 0 | 0,0 | – | < 50 |
| Chlortoluron | 114 | 0 | 0,0 | 0 | 0,0 | 0 | 0,0 | – | < 50 |
| Clodinafop | 112 | 0 | 0,0 | 0 | 0,0 | 0 | 0,0 | – | < 50 |
| Clopyralid | 195 | 0 | 0,0 | 0 | 0,0 | 0 | 0,0 | – | < 100 |
| 2,4-D | 196 | 0 | 0,0 | 0 | 0,0 | 0 | 0,0 | – | < 50 |
| Desethylatrazin | 114 | 0 | 0,0 | 0 | 0,0 | 0 | 0,0 | – | < 50 |
| Desethylterbuthylazin | 114 | 0 | 0,0 | 0 | 0,0 | 0 | 0,0 | – | < 50 |
| Desisopropylatrazin | 6 | 0 | 0,0 | 0 | 0,0 | 0 | 0,0 | – | < 50 |
| Desmedipham | 132 | 0 | 0,0 | 0 | 0,0 | 0 | 0,0 | – | < 100 |
| Dichlorprop | 112 | 0 | 0,0 | 0 | 0,0 | 0 | 0,0 | – | < 50 |
| Diflufenikan | 112 | 0 | 0,0 | 0 | 0,0 | 0 | 0,0 | – | < 50 |
| Dimefuron | 112 | 0 | 0,0 | 0 | 0,0 | 0 | 0,0 | – | < 25 |
| Diuron | 114 | 0 | 0,0 | 0 | 0,0 | 0 | 0,0 | – | < 50 |
| Epoxiconazol | 91 | 0 | 0,0 | 0 | 0,0 | 0 | 0,0 | – | < 50 |
| Ethofumesat | 86 | 0 | 0,0 | 0 | 0,0 | 0 | 0,0 | – | < 100 |
| Fenpropimorph | 91 | 0 | 0,0 | 0 | 0,0 | 0 | 0,0 | – | < 50 |
| Flufenacet | 224 | 0 | 0,0 | 0 | 0,0 | 0 | 0,0 | – | < 50 |
| Fluroxypyr | 196 | 0 | 0,0 | 0 | 0,0 | 0 | 0,0 | – | < 100 |
| Flurtamone | 112 | 0 | 0,0 | 0 | 0,0 | 0 | 0,0 | – | < 25 |
| Hexazinon | 196 | 0 | 0,0 | 0 | 0,0 | 0 | 0,0 | – | < 50 |
| Ioxynil | 196 | 0 | 0,0 | 0 | 0,0 | 0 | 0,0 | – | < 50 |
| Isoproturon | 114 | 1 | 0,9 | 0 | 0,0 | 0 | 0,0 | – | 27 |
| MCPA | 196 | 7 | 3,6 | 0 | 0,0 | 0 | 0,0 | – | 35 |
| Mecoprop | 112 | 3 | 2,7 | 0 | 0,0 | 0 | 0,0 | – | 40 |
| Metamitron | 114 | 1 | 0,9 | 0 | 0,0 | 1 | 0,9 | – | 61 |
| Metazachlor | 114 | 0 | 0,0 | 0 | 0,0 | 0 | 0,0 | – | < 50 |
| Methabenzthiazuron | 112 | 0 | 0,0 | 0 | 0,0 | 0 | 0,0 | – | < 25 |
| Metolachlor | 114 | 0 | 0,0 | 0 | 0,0 | 0 | 0,0 | – | < 50 |
| Metribuzin | 84 | 0 | 0,0 | 0 | 0,0 | 0 | 0,0 | – | < 50 |
| Pendimethalin | 84 | 0 | 0,0 | 0 | 0,0 | 0 | 0,0 | – | < 50 |
| Phenmedipham | 196 | 0 | 0,0 | 0 | 0,0 | 0 | 0,0 | – | < 100 |
| Propiconazol | 91 | 0 | 0,0 | 0 | 0,0 | 0 | 0,0 | – | < 50 |
| Quinmerac | 195 | 0 | 0,0 | 0 | 0,0 | 0 | 0,0 | – | < 50 |
| Simazin | 114 | 0 | 0,0 | 0 | 0,0 | 0 | 0,0 | – | < 50 |
| Tebuconazol | 91 | 0 | 0,0 | 0 | 0,0 | 0 | 0,0 | – | < 50 |
| Terbuthylazin | 114 | 0 | 0,0 | 0 | 0,0 | 0 | 0,0 | – | < 50 |

Messwerte, Tabellen und Diagramme

Tabelle 20.6: Dokumentierte Messgrößen in alphabetischer Reihenfolge
Table 20.6: Documented measured variables in alphabetical order

| Qualitätsmerkmal | Tabelle/Seite | Diagramm/Seite | Längsprofil/Seite |
|---|---------------|----------------|-------------------|
| Adsorbierbare organisch gebundene Halogene (AOX) | 171 | 203 | 183, 184 |
| Ammonium (NH ₄) | 171, 172 | 195 | 179 |
| Atrazin | 209 | | |
| Barium (Ba) | 171 | | 182 |
| Bentazon | 209 | | |
| Bifenox | 209 | | |
| Biochemischer Sauerstoffbedarf in 5 Tagen (BSB ₅) | 171 | | 178 |
| Blei (Pb) | 171 | | 180 |
| Borat-Bor (B) | 171 | | 179 |
| Bromacil | 209 | | |
| Bromoxynil | 209 | | |
| Cadmium (Cd) | 171, 172 | 198 | 180 |
| Calcium (Ca) | 171 | | 181 |
| Carbetamid | 209 | | |
| Carfentraton-ethyl | 209 | | |
| Chemischer Sauerstoffbedarf (CSB) | 171 | | 178 |
| Chlorid (Cl) | 171 | 202 | 182, 184 |
| Chloridazon | 209 | | |
| Chlorophyll-a | 171 | 189 | 177 |
| Chlorthalonil | 209 | | |
| Chlortoluron | 209 | | |
| Chrom (Cr) | 171 | 199 | 180 |
| Clodinafop | 209 | | |
| Clopyralid | 209 | | |
| Coliforme Bakterien | 171, 172 | 190 | 177, 184 |
| 2,4-D | 209 | | |
| Desethylatrazin | 209 | | |
| Desethylterbuthylazin | 209 | | |
| Desisopropylatrazin | 209 | | |
| Desmedipham | 209 | | |
| Dichlorprop | 209 | | |
| Diethylentritrilopentaessigsäure (DTPA) | 171, 172 | 206 | 183 |
| Diflufenikan | 209 | | |
| Dimefuron | 209 | | |
| Diuron | 209 | | |
| Eisen (Fe) | 171 | | 181 |
| Elektrische Leitfähigkeit | 171 | 186 | 177 |
| Epoxiconazol | 209 | | |
| Ethofumesat | 209 | | |
| Ethylendinitrilotetraessigsäure (EDTA) | 171, 172 | 207 | 183, 184 |
| Fenpropimorph | 209 | | |
| Flufenacet | 209 | | |

| Qualitätsmerkmal | Tabelle/Seite | Diagramm/Seite | Längsprofil/Seite |
|---|---------------|----------------|-------------------|
| Fluorid (F) | 171 | | 182 |
| Fluroxy pyr | 209 | | |
| Flurtamone | 209 | | |
| Gelöster organisch gebundener Kohlenstoff (DOC) | 171, 172 | 192 | 178 |
| Gelöster Sauerstoff (O ₂) | 171 | 191 | 178 |
| Gelöstes Eisen (Fe) | 171 | | 181 |
| Gelöstes Mangan (Mn) | 171 | 201 | 181 |
| Gesamtes gelöstes Phosphat (PO ₄) | 171, 172 | 197 | 179 |
| Hexazinon | 209 | | |
| Ioxynil | 209 | | |
| Isoproturon | 209 | | |
| Kalium (K) | 171 | | 182, 184 |
| Kupfer (Cu) | 171 | | 180 |
| Magnesium (Mg) | 171 | | 181 |
| Mangan (Mn) | 171 | | 181 |
| MCPA | 209 | | |
| Mecoprop | 209 | | |
| Metamitron | 209 | | |
| Metazachlor | 209 | | |
| Methabenzthiazuron | 209 | | |
| Metolachlor | 209 | | |
| Metribuzin | 209 | | |
| Natrium (Na) | 171 | | 182 |
| Nickel (Ni) | 171, 172 | 200 | 180 |
| Nitrat (NO ₃) | 171, 172 | 196 | 179 |
| Nitrilotriessigsäure (NTA) | 171, 172 | 208 | 183 |
| Nitrit (NO ₂) | 171 | | 179 |
| Organisch gebundener Stickstoff | 171 | | 179 |
| Pendimethalin | 209 | | |
| Phenmedipham | 209 | | |
| pH-Wert | 171 | 187 | 177 |
| Polycyclische aromatische Kohlenwasserstoffe | 171 | | 183, 184 |
| Propiconazol | 209 | | |
| Quinmerac | 209 | | |
| Simazin | 209 | | |
| Spektraler Absorptionskoeffizient bei 254 nm | 171 | 193 | 178 |
| Spektraler Absorptionskoeffizient bei 436 nm | 171 | 194 | 178 |
| Sulfat (SO ₄) | 171 | | 182 |
| Tebuconazol | 209 | | |
| Terbuthylazin | 209 | | |
| Tetrachlorethen | 172 | 204 | |
| Trichlorethen | 172 | 205 | |
| Trübung | 171 | 188 | 177 |
| Wassertemperatur | 171 | 185 | 177 |
| Zink (Zn) | 171 | | 180 |

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“ DWA-Merkblatt 522 am 07. April 2016 in Darmstadt)

Bettzieche, V.:

„Nutzung von Messdaten bei der 3 D Simulation von Staumauern“
“Use of measured data in the 3D simulation of dams”
(Scientific Reports, Journal of the Mittweida University of Technology and Economics, Mittweida, April 2016)

Dätig, S.:

„Messtechnische Begleitung eines Abflussversuches zur Ermittlung der Leistungsfähigkeit einer gelegten Fischbauchklappe“
“Discharge experiment to determine the discharge capacity of a completely lowered flap gate”
(Scientific Reports, Journal of the Mittweida University of Technology and Economics, Mittweida im April 2016; veröffentlicht in: Technische Hydromechanik 1, 5. Auflage, Berlin, Verlag für das Bauwesen 2000)

Drechsel, V.; Jansen, M.; Skark, C.; Remmler, F.; Scheurer, M.; Happel, O.; Wichern, M.:

„Das Verhalten von Acesulfam in Filtersystemen: Biologischer Abbau und/oder Sorption?“
“The behavior of acesulfame in filter systems: Biodegradation and/or sorption?“
(Vortrag anlässlich der Jahrestagung der Wasserchemischen Gesellschaft vom 11. bis 13. Mai 2015 in Schwerin, Tagungsband, S. 271-276)

Drechsel, V.; Remmler, F.; Skark, C.; Bösch, I.; Raiser, J.; Wichern, M.:

„Untersuchungen zur Leistungsfähigkeit von frischen und reaktivierten Aktivkohlen in der Trinkwasseraufbereitung“
“Studies on the performance of fresh and reactivated activated carbon in water treatment”
(veröffentlicht in: Energie-Wasser-Praxis, 66/11, S. 36-40)

Gamisch, T.; Bettzieche, V.:

„Materialauslaugung in Bruchstein-Staumauern“
“Elution of Material from Masonry Dams”
(Vortrag anlässlich des DTK-Talsperrensymposiums im Juni 2016 in Freiburg)

Grünebaum, T.:

„Mikroverunreinigungen und Spurenstoffe – Relevanz für Gewässer und Diskussion über die 4. Reinigungsstufe“
“Micropollutants – Relevance for water and discussion on advanced treatment”

(Vortrag anlässlich des DVGW-Forums für Gas & Wasser „Diskurs 2015 in Bonn“; Tagungsunterlagen)

Grünebaum, T.:

„Mikroschadstoffe und 4. Reinigungsstufe in Kläranlagen“
“Micropollutants and advanced treatment”
(Vortragsreihe Wasser des Vereins Lebenslanges Lernen der Uni Duisburg-Essen am 09. November 2015; Präsentationsfolien))

Grünebaum, T.:

„Energieeffizienz bei der Wasserbewirtschaftung – Perspektive Praxis“
“Energy efficiency in water resources management – Practical perspective”
(Vortrag anlässlich der ERWAS-Statuskonferenz in der Philharmonie am 3. Februar 2016 in Essen; Tagungsunterlagen)

Grünebaum, T.; Weyand, M.:

„Fachkolloquium „Wissen, Werte, Wasser“ des Ruhrverbands“
“Technical Symposium „Knowledge, Values, Water“ of Ruhrverband“,
(veröffentlicht in: KA Korrespondenz Abwasser, Abfall, 63. Jahrgang, Heft 04/2016, S. 258-

Hennerkes, J.:

„Erhöhung des Automatisierungsgrades bei einem großen Wasserverband“
“Increasing the level of automation at a large water district”
(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.:

„Vorgehensweise bei der Fremdwasserreduzierung“
“The procedure to reduce infiltration”
(Vortrag anlässlich des DWA-Seminars „Fremdwasser in Entwässerungssystemen – Das neue DWA-M 182 am 18. November 2015 in Dortmund.“)

Jardin, N.; Weyand, M.; Podraza, P.:

„Mit der Integralen Entwässerungsplanung zum guten Gewässerzustand“
“Using integrated urban drainage planning to achieve a good status of water bodies”
(veröffentlicht in: Gewässerschutz – Wasser – Abwasser, Schriftenreihe des Instituts für Siedlungswasserwirtschaft der RWTH Aachen, Band 236, Heft 10, S. 10/1-10/16, Vortrag anlässlich der 48. Essener Tagung am 15. April 2015 in Aachen, ISBN: 978-3-938996-42-3)

Jardin, N.:

„Abwasserzusammensetzung und erforderliche Grundlagen-ermittlung zur Bemessung“
“Consistance of wastewater and basic evaluation for determination”
(Vortrag anlässlich DWA-Wasserwirtschaftskurse, P/2
„Kommunale Abwasserbehandlung“ am 4. November 2015 in Kassel)

Jardin, N.:

„DWA-Wasserwirtschaftskurse Kommunale Abwasserbehandlung“
“DWA water management trainings for municipal sewage treatment”
(Vortrag anlässlich DWA-Wasserwirtschaftskurse
„Kommunale Abwasserbehandlung“ in Hennef, S. 7-30, ISBN: 978-3-88721-266-7)

Jardin, N.:

„RiSKWa – Projektabschluss Sichere Ruhr Hygienische, wasserwirtschaftliche und weitere Aspekte des Badens in der Ruhr“
“RiSKWa – Final Report of the Project Safe Ruhr river, hygienic, water resource management and further aspects of bathing in the Ruhr river”
(Vortrag anlässlich des 15. IFWW-Fachkolloquiums “Mikrobiologische Herausforderungen für den Wasserkreislauf“ am 7. Mai 2015 in Haltern)

Jardin, N.:

„Hin zur Energieneutralität durch Optimierung des Belebtschlammverfahrens auf der Kläranlage Bochum-Ölbachtal“
“Towards energy neutrality by optimising the activated sludge process of the WWTP Bochum-Ölbachtal”
(Vortrag anlässlich der IWA-Specialist Conference Design, Operation and Costs of Large Wastewater Treatment Plants am 8. September 2015 in Prag)

Jardin, N.:

„Das neue A 131 zur Dimensionierung von Belebungsanlagen“
“The new DWA-guideline A 131 for designing activated sludge systems”
(Vortrag anlässlich des Kitzbühler Wassersymposiums am 12. November 2015)

Jardin, N.:

„M 229 – Auswirkungen des neuen DWA-Merkblatts M 229 auf Planung und Betrieb von Belüftungssystemen Wasserzusammensetzung und erforderliche Grundlagenermittlung der Bemessung“
“M 229 – Impacts of the new DWA-Bulletin M 229 on design, and operation of aeration systems, consistance of water and necessary basic evaluation for determination”
(Vortrag anlässlich des IWAR-Infotags “Planung und Optimierung von Belüftungssystemen im Spiegel neuer Entwicklungen“ am 26. November 2015 in Darmstadt)

Kruse, K.:

„Legionellen in der Abwasserbehandlung“
“Bacteria Legionella at Waste Water Treatment”
(Vortrag auf dem Landeskongress NRW des BWK am 23. April 2015 in Schwerte)

Kühlmann, M.; Brackwehr, L.:

„Künstliche Vermehrung der Quappe“
“Artificial reproduction of the burbot”
(veröffentlicht in „Die Quappe (Lota lota) im Einzugsgebiet der Lippe: Ökologie, Schutzmaßnahmen, Zucht und Wiederansiedlung“; Schriftenreihe des Landesfischereiverbandes Westfalen und Lippe e.V.: Band 8, S. 57-68. ISBN 978-3-980954570)

Kühlmann, M.; Hoffmann, A.:

„Fischliftsystem am Ruhrwehr Baldeney“
“Fishlift-system at weir Baldeney of the River Ruhr”
(Vortrag anlässlich des Darmstädter wasserbau- und wasserwirtschaftlichem Kolloquiums 2016)

Kühlmann, M.; Weyand, M.; Knotte, H.:

„Die Wiederherstellung der Fischdurchgängigkeit an der Ruhr-Staustufe Baldeney – Hintergrund und Projektübersicht“
“Re-establishment of Fish Continuity at the Ruhr Weir Baldeney – Background and Project Overview”
(Veröffentlicht in: WasserWirtschaft, 105. Jahrgang, Heft 11/2015, Seite 14-22)

Kühlmann, M.; Weyand, M.; Knotte, H.:

„Die Wiederherstellung der Fischdurchgängigkeit an der Ruhr-Staustufe Baldeney“
“The Re-establishment of the Passage of Fish at the Ruhr Baldeney Barrage”
(Veröffentlicht in: KW Korrespondenz Wasserwirtschaft, 9. Jahrgang, Heft 3/2016, S. 156–164, ISSN 1865-9926)

Last, K.:

„Empfehlungen des Arbeitsausschusses „Ufereinfassungen, Häfen und Wasserstraßen EAU 2012““
“Recommendations of the working committee ‘Embankments, harbours and waterways EAU 2012’”
(Vortrag anlässlich des Arbeitsausschusses „Ufereinfassungen“ der HTG e. V. (Herausgeber), 11. vollständig überarbeitete Auflage November 2012, ISBN: 978-3-433-01848-4)

Merkel, W.; Strathmann, M.; Tondera, K.; Klaer, K.; Schoenemann, B.; Jardin, N.:

„Sichere Ruhr – Stand und Perspektiven einer zukünftigen Badenutzung“
“Safe River Ruhr – Status quo and perspectives on future bathing in the river”
(veröffentlicht in: Gewässerschutz - Wasser - Abwasser, Schriftenreihe des Instituts für Siedlungswasserwirtschaft der RWTH Aachen, Band 236, 32/1-31/17, ISBN: 978-3-938996-42-3)

Nisipeanu, P.:

„Rechtliche Grenzen weiter gehender Anforderungen an Abwasserdirekteinleitungen (Teil 1)“
“Legal limits on further requirements for wastewater direct discharges (Part 1)“
(Veröffentlicht in: Natur und Recht, Heft 7/2015, S. 449-457)

Nisipeanu, P.:

„Rechtliche Grenzen weiter gehender Anforderungen an Abwasserdirekteinleitungen (Teil 2)“
“Legal limits on further requirements for wastewater direct discharges (Part 2)“
(veröffentlicht in: Natur und Recht, Heft 8/2015, S. 526-534)

Nisipeanu, P.:

„Wasserrechtliche Anforderungen an Indirekteinleitungen“
“Water legal requirements for indirect discharge of wastewater“
(Veröffentlicht in: ZFW Zeitschrift für Wasserrecht, Heft 2/2016, S. 77-96)

Nisipeanu, P.:

„Urbane Sturzfluten – Haftungsrechtliche Fragen“
“Urban flash floods – Liability legal issues“
(veröffentlicht in: 13. Hochwasserschutzforum in der Metropolregion Rhein-Neckar; Schriftenreihe des Verbandes Region Rhein-Neckar, Bd. 15, S. 31-56, Mannheim 2016)

Oelmann, M.; Czichy, C.; Jardin, N.:

„Neue Wasserpreismodelle als Antwort auf den sinkenden Bedarf in Deutschland“
“New Water Pricing Models Respond to Decreasing Demand in Germany“
(veröffentlicht in: Journal AWWA Water, Worldwide vom Januar 2016)

Patt, H. (Hrsg.); Podraza, P.:

„Fließgewässer und Auenentwicklung – Grundlagen und Erfahrungen“
“Flowing waters and meadow management – basics and experiences“
(veröffentlicht in: Springer Vieweg, Springer-Verlag Berlin, 2. Auflage, Heidelberg, 611 Seiten)

Piroth, K.; Weyand, M.; Jüpner, R.:

„Hochwasserrisikomanagement und Gewässerentwicklung in der Regelwerksarbeit der DWA“
“Flood risk management and development of waters at the work on rules and standards of DWA“
(Vortrag anlässlich des 39. Dresdner Wasserbaukolloquiums 2016 „Gewässerentwicklung & Hochwasserrisikomanagement“)

Podraza, P.:

„Leitbildkonforme Ersatzstrukturen – Disneyland für Invertebraten in total verbauten Gewässern?“
“Model replacement structures – Disneyland for invertebrates in completely obstructed waters?“
(Vortrag im Rahmen der Ringvorlesung WasserWissendes „netzwerkwasser“ der Hochschulen in Münster)

Podraza, P.:

„Mehr als blau, grün, gelb, orange, rot – Beispiele für eine differenzierte Ursachenanalyse auf Basis der PERLODES-Auswertung“
“More than just blue, green, yellow, orange and red – examples of a differentiated analysis of causes based on the PERLODES evaluation“
(Vortrag auf der DGL-Jahrestagung 2015 in Essen mit Abstract)

Podraza, P.; Friedrich, G.:

„Koordinierung und Leitung der Special Session: „Bewertung und Management urbaner Gewässer““
“Coordination and chairing of the special session ‘Evaluation and management of urban waters’“
(Vortrag anlässlich der DGL-Jahrestagung 2015 in Essen)

Podraza, P.:

„Leitung des agw-Workshops „Differenzierte biologische Gewässerbewertung und Kausalanalyse““
“Chairing the agw workshop ‘Differentiated biological water evaluation and causal analysis’“
(Vortrag anlässlich der Veranstaltung mit Präsentation und Ergebnisprotokoll am 17. März 2016 in Essen)

Rulich, L.:

„Gewässer im urbanen Umfeld – graue Maus oder lebendiger Lebensraum“
“Rivers in urbanised areas – a mouse or living habitat“
(Vortrag anlässlich der 14. Erfurter Gespräche zur Wasserrahmenrichtlinie „Start in den zweiten Bewirtschaftungszyklus“)

Sacher, F.; Thoma, A.; Schlitt, V.; Müller, U.; Drechsel, V.:

„Innovative Aufbereitungstechnologien – Ergebnisse aus dem RiSKWa-Verbundprojekt PRiMaT – „Innovative treatment technologies““
“Results from PRiMaT a joint project of RiSKWa “
(Vortrag anlässlich der 48. Essener Tagung für Wasser- und Abfallwirtschaft vom 15. April bis 17. April 2015 in Aachen, Tagungsband, S. 44/1-44/10)

Schnatmann, C.:

„Sicherer Betrieb von Faulgasanlagen“
“Safety operation of digester gas plants“
(Vortrag anlässlich des 2-tägigen DWA-Seminars vom 27. bis 28. Oktober 2015 in Kassel und vom 15. bis 16. März 2016 in Hennef)

Schnatmann, C.:

„Technische Ausrüstung auf kommunalen Kläranlagen und Biogasanlagen einschließlich Rohrleitungen“
“Technical equipment on municipal sewage treatment plants and biogas plants including piping”
(Vortrag im Rahmen der DWA-Energietage Abwasser und Biogas am 08. und 09. September 2015)

Schneider, M.; Preuß, G.; Kuczius, T.:

„Bewertung des Rückhalts von *E. coli* während der Trinkwasseraufbereitung mittels einer qPCR-basierten Methode“
“Assessing the removal of *E. coli* during drinking water production using a qPCR based method”
(Vortrag anlässlich der Jahrestagung der DGHM vom 27. bis 30. September 2015 in Münster;
Tagungsband Seite 115-116 (nur digital erschienen) und International Journal of Medical Microbiology Volume 305, Issue 6 (September 2015), ISSN 1438-4221, 2015)

Schneider, M.; Preuß, G.:

„Molekularbiologische Untersuchungen zum Rückhalt von Indikatorbakterien bei der Langsandsandfiltration“
“Moleculobiological examinations on the retention of indicator bacteria with slow sand filtration”
(Vortrag anlässlich der Jahrestagung der Wasserchemischen Gesellschaft vom 11. bis 13. Mai 2015 in Schwerin;
Tagungsband: ISBN 978-3936028-94-2, S. 266-270, 2015)

Schneider, M.; Preuß G.; Kuczius, T.:

„Molekular- und mikrobiologische Untersuchungen zum Rückhalt von hygienisch relevanten Mikroorganismen bei der Langsandsandfiltration“
“Moleculobiological and microbiological examinations on the retention of hygienically relevant microorganisms with low sand filtration”
(veröffentlicht in: Vom Wasser – Das Journal, VJWWAU, Vol. 113, Heft 4/2015, ISSN 0083-6915, S. 139-140, 2015)

Thöle, D., Schmitt, F.:

„Energetische Optimierung auf Kläranlagen – Methoden, Chancen, Realitäten“
“Energy improvement at wastewater treatments plants – strategies, prospects, reality”
(Vortrag anlässlich der DWA Landesverbandstagung Bayern am 22. Oktober 2015 in Staubing)

Thöle, D.; Grünebaum, T.; Keyzers, C.; Rath, L.:

„Großtechnische Untersuchungen zur Entfernung von Mikroschadstoffen auf der Kläranlage Schwerte“
“Large-Scale Investigation of Micropollutant Removal at Schwerte WWTP”
(Vortrag anlässlich der IWA 12th Conference on Design, Operation and Economics of Large Wastewater Treatment Plants vom 05. bis 09. September 2015)

Weltmann, S.:

„Erneuerung der Stauhöhenerfassung an der Hennetalsperre“
“Renewal of the storage level gauge at the Henne Dam”
(Vortrag anlässlich des X. Mittweidaer Talsperrentags am 27. und 28. April 2016 in Mittweida/Sachsen)

Weyand, M.:

„Auftakt zum zweiten Bewirtschaftungszyklus – 15. Workshop Flussgebietsmanagement“
“Start into the second management cycle: 15th Workshop on river basin management”, ISSN 1865-9926”
(Veröffentlicht in: KW Korrespondenz Wasserwirtschaft, 8. Jahrgang, Heft 9/2015, S. 545–549)

Weyand, M.; Kühlmann, M.:

„Durchgängigkeit unter schwierigen Randbedingungen – nützliche Schritte und praktische Hinweise für die Planung von Fischaufstiegen“
“River continuity under difficult boundary conditions-useful steps and practical hints for designing a fish way”
(Water Practice & Technology, Vol. 11, No 1, 2016, pp 228-233)

Weyand, M.; Kühlmann, M.; Huber, C.:

„Durchgängigkeit an Stauanlagen – Planung von Fischwegen unter schwierigen Randbedingungen“
“River continuity at existing weirs – Design of fish ways under difficult boundary conditions”
(Vortrag anlässlich des 9. Symposiums of European Freshwater science)



Nachdruck – auch auszugsweise –
nur mit Quellenangabe gestattet.

Gedruckt auf umweltfreundlich hergestelltem Papier
aus 50 Prozent recycelten Fasern.