



Das Phytoplankton des Rheins 2012

Mai 2015

Internationale
Kommission zum
Schutz des Rheins

Commission
Internationale
pour la Protection
du Rhin

Internationale
Commissie ter
Bescherming
van de Rijn

Bericht Nr. 224



Impressum

Herausgeberin:

Internationale Kommission zum Schutz des Rheins (IKSR)
Kaiserin-Augusta-Anlagen 15, D 56068 Koblenz
Postfach 20 02 53, D 56002 Koblenz
Telefon +49-(0)261-94252-0, Fax +49-(0)261-94252-52
E-mail: sekretariat@iksr.de
www.iksr.org

ISBN 3-941994-83-2

© IKSr-CIPR-ICBR 2015

Das Phytoplankton des Rheins 2012

Federführer: Helmut Fischer, Bundesanstalt für Gewässerkunde ;
Bearbeitung: Mechthild Banning, Hessisches Landesamt für Umwelt und
Geologie (HLUG);
Thomas Ehlscheid, Landesamt für Wasserwirtschaft;
Dr. Jochen Fischer (Vorsitzender EG BMON), Landesamt für
Umwelt, Wasserwirtschaft und Gewerbeaufsicht Rheinland-
Pfalz;
Jochen Lacombe, Landesamt für Natur, Umwelt und
Verbraucherschutz (LANUV);
Jean-Luc Matte, Agence de l'Eau Rhin-Meuse ;
David Monnier (Vorsitzender AG B), Office National de l'Eau
et des Milieux Aquatiques (ONEMA);
Marieke Ohm, Ministerie van Infrastructuur en Milieu-
Rijkswaterstaat- WVL;
Franz Schöll, Bundesanstalt für Gewässerkunde ;
Renate Semmler-Elpers, Landesanstalt für Umwelt,
Messungen und Naturschutz Baden Württemberg (LUBW);
Sabine Zeller, Bundesamt für Umwelt BAFU

Koordination und Redaktion: Dr. Nathalie Plum und Dr. Laura Gangi,
Internationale Kommission zum Schutz des Rheins - IKSR

Inhalt

Zusammenfassung	3
1. Einleitung	4
2. Methoden	5
2.1 Untersuchungsumfang	5
2.2 Methodik	7
3. Ergebnisse	7
3.1 Abfluss	7
3.2 Nährstoffe	8
3.3 Phytoplankton	11
3.3.1 <i>Räumliche und saisonale Dynamik des Chlorophyllgehalts</i>	11
3.3.2 <i>Taxonomische Zusammensetzung des Phytoplanktons</i>	13
3.4 Zooplankton	14
3.5 Vergleich der Ergebnisse mit früheren Untersuchungen	15
4. Bewertung der biologischen Qualitätskomponente Phytoplankton nach WRRL	16
5. Literatur	20
Anlage 1: Taxaliste des Phytoplanktons im Rhein 2012	21

Zusammenfassung

Als Plankton werden im Wasser schwebende, meist mikroskopisch kleine Organismen bezeichnet. Es ist in großen Flüssen ein wesentlicher Bestandteil des Ökosystems. Einzellige Algen, das sogenannte Phytoplankton, stellen hier meistens den Hauptanteil der aquatischen Vegetation. Sie bewirken bei starker Entwicklung die bekannten Eutrophierungserscheinungen und beeinflussen damit die Wasserqualität. Das Phytoplankton des Rheins vom Bodensee bis zum Deltagebiet wurde 2012 im Rahmen des Rheinmessprogramms Biologie untersucht. Das Monitoringprogramm soll den Bestand und die räumlich-zeitliche Entwicklung des Phytoplanktons erfassen. Gleichzeitig erfüllt es die Anforderungen der europäischen Wasserrahmenrichtlinie, den ökologischen Zustand des Rheins anhand des Phytoplanktons und anderer Biokomponenten zu bewerten.

Die Biomasse des Phytoplanktons, gemessen als Chlorophyll-a Gehalt und als Biovolumen, war auf der Fließstrecke vom Bodensee bis Karlsruhe sehr gering. Ab der Messstation Karlsruhe nahm die Biomasse allmählich zu und erreicht ihr Maximum am Niederrhein an den Messstationen Bimmen/Lobith nahe der deutsch-niederländischen Grenze. Die Nebenflüsse Neckar, Main und Mosel trugen mit ihren vergleichsweise hohen Phytoplanktongehalten zu dieser Zunahme bei. Im Verlauf des Deltarheins ging die Phytoplanktonbiomasse wieder etwas zurück. Den weitaus größten Anteil am Phytoplankton bildeten zentrische Kieselalgen (Diatomeen); weitere wichtige Algengruppen waren Kryptomonaden (Cryptophyceae) und Grünalgen (Chlorophyceae). Andere Gruppen waren nur temporär oder örtlich von Bedeutung.

Das tierische Plankton (Zooplankton), dem das Phytoplankton als Nahrungsquelle dient, wurde vom nördlichen Oberrhein bis zum Niederrhein erhoben. Es nahm rheinabwärts ebenfalls zu, erreichte allerdings nur geringe Zahlen. Sein dezimierender Einfluss auf das Phytoplankton wird daher als gering eingeschätzt. Rädertierchen (Rotatorien) traten innerhalb des Zooplanktons am häufigsten auf, zeitweise spielten auch freischwimmende Muschellarven eine wichtige Rolle.

Die Phytoplanktonbiomasse war im Jahr 2012 etwas höher als während der Monitoringprogramme der Jahre 2000 und 2006/2007. Im Langzeittrend bleibt allerdings die Phytoplanktonbiomasse, verglichen mit den Daten der 1980er Jahre, auf niedrigem Niveau. Dieser Langzeittrend korreliert mit dem Rückgang der Nährstoffkonzentrationen und der Einträge an Phytoplankton aus dem Bodensee, ist aber vermutlich zu einem gewissen Anteil auch durch die Filtrationsaktivität eingewanderter Muscheln begründet.

Der Zustand im gesamten Hochrhein und Oberrhein ist hinsichtlich des Phytoplanktons „sehr gut“, bis zur Messstelle Mainz-Wiesbaden, wo der Rhein – ebenso wie im Niederrhein bei Köln und Düsseldorf - einen guten Zustand aufweist. Ab der Messstelle Duisburg ist der Niederrhein in einem mäßigen Zustand. Im Deltarhein wurden die Fließgewässer hinsichtlich des Phytoplanktons nicht bewertet. Das Phytoplankton hat in den Küstengewässern und im Wattenmeer einen guten Zustand erreicht (vgl. Tabelle 9). Für das Wattenmeer ist dieser Zustand jedoch noch nicht so stabil wie in den Küstengewässern. Der Zustand im östlichen Bereich des Wattenmeers ist schlechter als im westlichen Bereich.

1. Einleitung

Das Plankton (im Wasser schwebende, meist mikroskopisch kleine Organismen) ist in großen Flüssen ein wesentlicher Bestandteil des Ökosystems. Einzellige Algen, das sogenannte Phytoplankton, stellen hier meistens den Hauptanteil der aquatischen Vegetation. Sie bewirken bei starker Entwicklung die bekannten Eutrophierungserscheinungen und beeinflussen damit die Wasserqualität.

Das Wachstum des Phytoplanktons wird von zahlreichen Faktoren beeinflusst. Wie alle grünen Pflanzen benötigt es Licht und Nährstoffe. Daher ist die Entwicklung des Phytoplanktons in tiefen Gewässerabschnitten häufig durch die Lichtverhältnisse begrenzt. Die Planktonentwicklung im Längsverlauf eines Flusses wird außerdem indirekt durch den Abfluss gesteuert. Niedrige Abflüsse oder Stauhaltungen erhöhen die Aufenthaltszeit des Wassers und somit die Zeit, in der sich das Phytoplankton entwickeln kann, während hohe Abflüsse die Aufenthaltszeiten des Wassers verkürzen und das Plankton aus dem Gewässer spülen. Letzteres gilt in noch stärkerer Weise für das tierische Plankton (Zooplankton), welches sich aufgrund seiner längeren Generationszeit nur in den Unterläufen der Flüsse, in Altwässern oder in stauregulierten Abschnitten zu größeren Mengen entwickeln kann. Bei starker Planktonentwicklung, wie in den stauregulierten Nebenflüssen des Rheins, beeinflusst die Phytoplanktonentwicklung den Nährstoffhaushalt und besonders den Sauerstoffhaushalt.

Das Phytoplankton spielt eine wichtige Rolle im Nahrungsnetz größerer Flüsse. Es kann sowohl von Zooplankton als auch von filtrierenden Organismen am Gewässergrund (Muscheln, insbesondere die Dreikantmuschel *Dreissena polymorpha* und die Körbchenmuschel *Corbicula fluminea*) aufgenommen werden. Dabei können, wenn die Zooplanktonkonzentrationen sehr hoch oder die Muschelpopulationen groß sind, erhebliche Mengen Phytoplankton aus der Wassersäule entfernt werden. Die Jungfischstadien vieler Arten sind auf planktische Nährtiere angewiesen. Die planktische Primärproduktion ist also eine wesentliche Nahrungsgrundlage für das weitere Nahrungsnetz und damit für höhere Organismen wie Fische.

Das Phytoplankton wird als biologische Qualitätskomponente zur Bewertung der Gewässergüte nach Wasserrahmenrichtlinie (WRRL, 2000/60/EG) genutzt. In die Berechnung des Phytoplanktonindex nach dem deutschen Bewertungsverfahren PhytoFluss gehen sowohl die Gesamtbiomasse, gemessen als Chlorophyll *a* (Chl*a*), als auch die Zusammensetzung der Lebensgemeinschaft ein. Die Bewertungsergebnisse für den ökologischen Zustand des Rheins werden in Kapitel 4 sowie in den nationalen Bewirtschaftungsplänen erläutert. Während in den Bewirtschaftungsplan (BWP) 2009 die Daten aus dem Monitoringprogramm 2006/2007 eingeflossen sind, liegen dem Entwurf des BWP 2014 die Ergebnisse aus dem Monitoringprogramm 2012 zugrunde. Im Folgenden soll zunächst die Planktondynamik des Rheins für das Jahr 2012 dargestellt und mit früheren Bestandsaufnahmen verglichen werden.

Die Untersuchung des Phytoplanktons verfolgte folgende Ziele:

- Quantitative und qualitative Bestandsaufnahme des Phytoplanktons im Rhein vom Bodensee bis zur Nordsee
- Veränderung der Zusammensetzung und der Biomasse des Phytoplanktons im Längsverlauf des Rheins
- Jahreszeitliche Veränderungen der Zusammensetzung und der Biomasse des Phytoplanktons
- Interpretation der Ergebnisse und Vergleich mit früheren Untersuchungen.

2. Methoden

2.1 Untersuchungsumfang

Im Rahmen des „Rhein-Messprogramms Biologie 2012“ der IKSR wurde der Rhein vom Unterseeablauf des Bodensees (Hochrhein) bis zum Deltarhein in den Niederlanden untersucht. Auch die Mündungen großer Nebenflüsse (Aare, Neckar, Main, Nahe, Lahn und Mosel) wurden in das Programm einbezogen, um deren Einfluss auf die Planktonentwicklung des Rheins zu berücksichtigen.

Die Untersuchung wurde im Auftrag folgender Dienststellen durchgeführt:

Deutschland: Baden-Württemberg: Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz (LUBW), Karlsruhe

Rheinland-Pfalz: Landesamt für Umwelt, Wasserwirtschaft und Gewerbeaufsicht (LUWG), Mainz

Hessen: Hessisches Landesamt für Umwelt und Geologie (HLUG), Wiesbaden

Nordrhein-Westfalen: Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz NRW (LANUV), Recklinghausen

Bund: Bundesanstalt für Gewässerkunde (BfG), Koblenz

Niederlande: Rijkswaterstaat (RWS) Water, Verkeer en Leefomgeving, Lelystad

Tabelle 1: Liste der Messstellen mit Zuständigkeiten

Rheinabschnitt	Fluss	Messstelle	Zuständigkeit	Fluss-Kilometer
Hochrhein	Rhein	Öhningen	Baden-Württemberg, Schweizerische Eidgenossenschaft	23,0
Hochrhein	Rhein	Reckingen	Baden-Württemberg, Schweizerische Eidgenossenschaft	90,1
Südl. Oberrhein	Rhein	Weil	Baden-Württemberg, Schweizerische Eidgenossenschaft	171/173
Südl. Oberrhein	Rhein	Breisach	Baden-Württemberg	225
Nördl. Oberrhein	Rhein	Karlsruhe	Baden-Württemberg	359,2
Nördl. Oberrhein	Rhein	Worms	Rheinland-Pfalz	443,3
Nördl. Oberrhein	Rhein	Mainz	Rheinland-Pfalz	498,5
Mittelrhein	Rhein	Koblenz	BfG	590,3
Niederrhein	Rhein	Bad Honnef	Nordrhein-Westfalen	640,0
Niederrhein	Rhein	Bimmen	Nordrhein-Westfalen	865,0
Niederrhein	Rhein	Lobith	Niederlande	863,3
Deltarhein	Rhein	Maassluis	Niederlande	1019
Rheinzuflüsse				
Hochrhein	Aare	Mündungsbereich	Baden-Württemberg, Schweizerische Eidgenossenschaft	-
Nördl. Oberrhein	Neckar	Mannheim	Baden-Württemberg	3,0*

Nördl. Oberrhein	Main	Bischofsheim	Hessen	4*
Nördl. Oberrhein	Nahe	Bingen-Dietersheim	Rheinland-Pfalz	3,5*
Mittelrhein	Lahn	Lahnstein	Rheinland-Pfalz	136,1**
Mittelrhein	Mosel	Koblenz	BfG	2*

* Der Flusskilometer entspricht hier jeweils der Entfernung von der Mündung in den Rhein.

** Die Zählung der Flusskilometer für diesen Abschnitt der Lahn beginnt bei Gießen (Dutenhofen), die Messstelle liegt etwa 1 km oberhalb der Mündung in den Rhein.

Die Ergebnisse aus dem Jahr 2012 wurden mit den Ergebnissen früherer Messprogramme verglichen und im Zusammenhang mit langfristigen Entwicklungen betrachtet.

Das Messprogramm Phytoplankton umfasste in der „Vegetationsperiode“ zwischen März und Oktober folgende Untersuchungen:

- Chlorophyll a-(Chla) Konzentration als Indikator für die Biomasse des Phytoplanktons (i. d. R. mindestens 14tägige Messungen)
- Analyse der Phytoplanktonzusammensetzung (Bestimmung der Taxa, ihrer Zellzahl, Berechnung des Zellvolumens), i. d. R. mindestens monatlich
- Berechnung des Gesamtbiovolumens des Phytoplanktons
- Erfassung abiotischer Kenngrößen wie Abfluss, Nährstoffkonzentrationen (Gesamt-P und Gesamt-N, ortho-Phosphat, Nitrat, Ammonium und gelöstes Silizium)
- Erhebungen des Zooplanktons an ausgewählten Messstellen

2.2 Methodik

Die Methodik der Probenahme und Zählung des Phytoplanktons nach der deutschen Implementierung der WRRL ist ausführlich in MISCHKE & BEHRENDT (2007) beschrieben. Phytoplankton und Chlorophyll wurden jeweils aus Teilproben der gleichen Schöpfprobe bestimmt.

Die Nährstoffkonzentrationen (Gesamt-P, ortho-P, Gesamt-N, Nitrat, Ammonium, gelöstes Silikat) und der Chla-Gehalt wurden nach DIN in den Labors der beteiligten Institutionen bestimmt. Im Gegensatz zum Bericht 2006/2007 (IKSR 2009), aber konform mit früheren Berichten (z. B. IKSR 2002) und der internationalen Praxis wird in dieser Darstellung die „korrigierte“ Chlorophyll a-Konzentration verwendet.

Die taxonomische (mikroskopische) Analyse des Phytoplanktons erfolgte nach dem UTERMÖHL-Verfahren durch Diametralzählung der in Utermöhl-Kammern sedimentierten Algen an einem inversen Mikroskop (Beschreibung in MISCHKE & BEHRENDT 2007). Das Biovolumen eines Taxons erhält man durch Multiplikation der für dieses Taxon ermittelten Zellzahl mit einem für jedes Taxon spezifischen Zellvolumen, das in der Auswertesoftware „PhytoFluss“ hinterlegt ist oder durch eigene Messungen ermittelt wird. Die Summe aller Einzelvolumina der Algen ergibt das Gesamtbiovolumen der Probe.

In den Niederlanden erfolgt die Probenahme gemäß der „Richtlinie zur Überwachung der Oberflächengewässer nach der europäischen Wasserrahmenrichtlinie“ (VAN SPLUNDER et al. 2006).

Das Zooplankton als möglicher Einflussfaktor auf das Phytoplankton wurde ab Mainz rheinabwärts an ausgewählten Messstellen beprobt. Hierfür wurden mindestens 20 Liter Wasser durch ein Planktonnetz mit 55 µm Maschenweite geschüttet und das so gefangene Zooplankton nach Anzahl und Taxon erfasst.

3. Ergebnisse

3.1 Abfluss

Die Entwicklung des Planktons hängt wesentlich von der Aufenthaltszeit des Wassers im entsprechenden Flussabschnitt ab. Im Alpenrhein bildet sich wegen der hohen Fließgeschwindigkeit kein Phytoplankton, weshalb dieser Rheinabschnitt nicht Gegenstand der Untersuchung war. Das Abflussgeschehen am Hochrhein und Oberrhein wird maßgebend von den Niederschlagsereignissen und der Schneeschmelze in den

Alpen, im Schwarzwald und den Vogesen bestimmt (sogenanntes „nivales Abflussregime“). Die höchsten mittleren Abflüsse treten dort zwischen April und Juni auf. Rheinabwärts gewinnt die Wasserspende durch die Zuflüsse und deren durch Niederschlagsereignisse geprägtes Abflussregime an Bedeutung, die Abflussmaxima verschieben sich zum zeitigen Frühjahr und Winter hin (Übergang zum sogenannten „pluvialen Abflussregime“).

Abbildung 1 zeigt die Abflusskurven der Pegel Karlsruhe-Maxau (Oberrhein), Kaub (Mittelrhein) und Rees (Niederrhein) für das Jahr 2012. Die Abflussspitzen im Januar, deren erste am Pegel Rees mit $6870 \text{ m}^3/\text{s}$ etwas über dem langjährigen Mittelwert für das jährliche Hochwasser lag (MHQ 1930-2010, $6670 \text{ m}^3/\text{s}$), gingen im Verlauf des Winters schnell auf ein relativ niedriges Abflussniveau zurück, das bis Anfang April anhielt. Die Abflüsse stiegen während des späteren Frühjahrs und Frühsommers wieder leicht an, um nach einem Rückgang im Spätsommer die niedrigsten Jahreswerte zu erreichen. Diese lagen in Rees mit $1190 \text{ m}^3/\text{s}$ immer noch leicht über dem langjährigen Mittelwert für das jährliche Niedrigwasser (MNO 1930-2010, $1070 \text{ m}^3/\text{s}$). Nach mehreren kleineren Abflussspitzen im Herbst erreichte der Abfluss Ende Dezember 2012 etwa die gleiche Höhe wie während des maximalen Abflusses im Januar 2012. Der mittlere Abfluss im Jahr 2012 lag mit $2315 \text{ m}^3/\text{s}$ im Bereich des langjährigen Mittels ($2290 \text{ m}^3/\text{s}$).

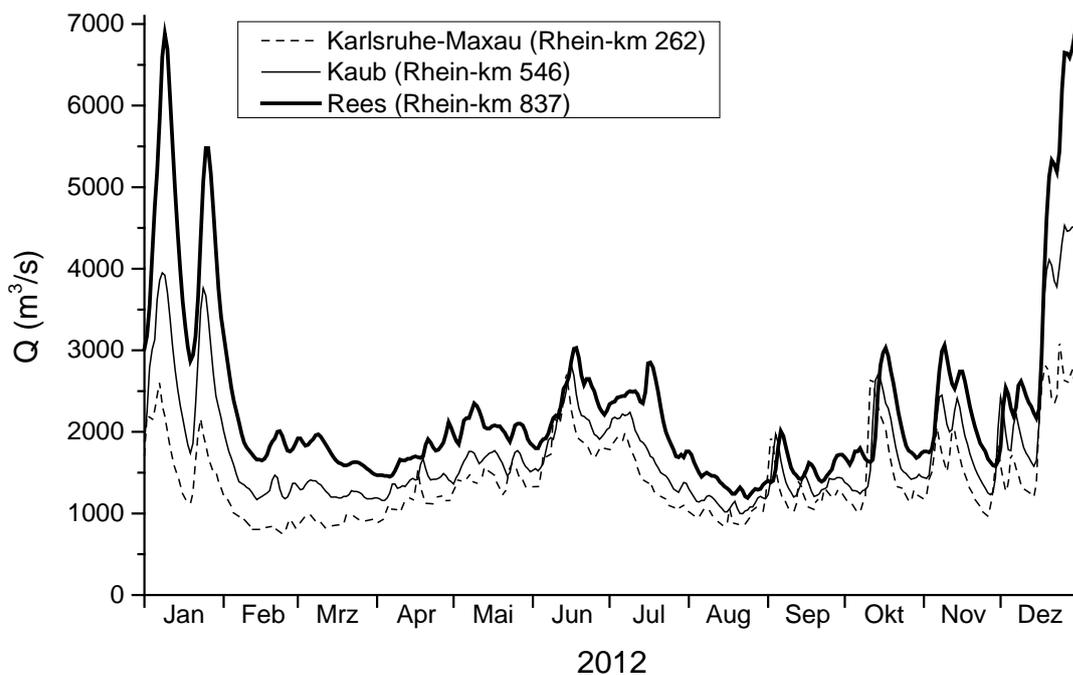


Abbildung 1: Tagesmittelwerte des Abflusses an den Pegeln Karlsruhe-Maxau (Oberrhein), Kaub (Mittelrhein) und Rees (Niederrhein) im Jahr 2012.

3.2 Nährstoffe

Erfasst wurden die Pflanzennährstoffe Phosphor (Gesamt P, ortho-Phosphat), Stickstoff (Gesamt-N, Nitrat, Ammonium) und Silizium (gelöste Kieselsäure). Wegen ihrer besonderen Relevanz für das Phytoplanktonwachstum werden im Folgenden die Phosphorkonzentrationen entlang des Längsverlaufs des Rheins dargestellt (Abbildung 2).

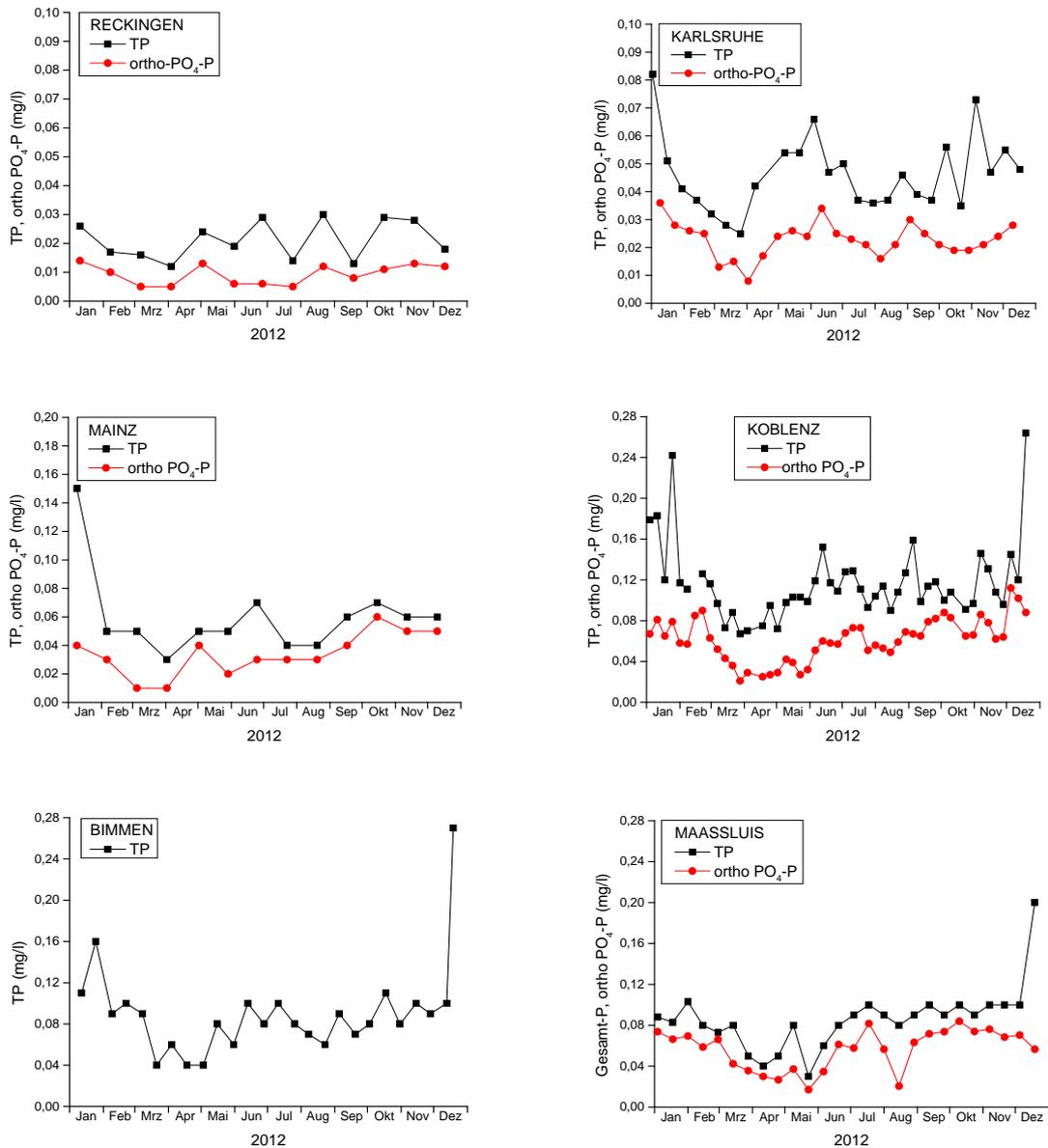


Abbildung 2: Konzentrationen von Gesamt-P (TP) und ortho PO₄-P während des Jahres 2012 an ausgewählten Messstationen entlang des Rheins.

Die Gesamt-P (TP) Konzentrationen zeigen im Jahresverlauf einen Zusammenhang mit dem Abfluss, mit wahrscheinlich erosionsbedingten Maxima während der hohen Abflüsse im Januar und im Dezember. Im Längsverlauf des Rheins stiegen die TP-Konzentrationen von im Mittel 21 µg/l in Reckingen auf 104 µg/l in Koblenz an (Saisonmittel, März – Oktober) und gingen dann wieder auf etwas niedrigere Konzentrationen mit 74 µg/l in Bimmen und 76 µg/l in Maassluis zurück. Die ortho Phosphat-P Konzentrationen lagen an der Station Öhningen, am Abfluss des re-oligotrophierten Bodensees, fast ganzjährig unter der Nachweisgrenze von 5 µg/l (Daten nicht abgebildet). Im Längsverlauf des Rheins stiegen diese Konzentrationen auf 65 µg/l in Koblenz und 51 µg/l in Maassluis an.

In der Planktonökologie ist der TP-Gehalt als potenziell verfügbarer Pflanzennährstoff ein Indikator für die potenziell mögliche maximale Biomasseentwicklung. Das gelöste ortho Phosphat-P dagegen, als direkt pflanzenverfügbarer Nährstoff, wird in seinen Konzentrationen sowohl durch die Einträge, als auch durch die Aufnahme durch das Phytoplankton beeinflusst. Daher wurden die niedrigsten Konzentrationen meist während der Frühjahrsblüte des Phytoplanktons gemessen (vgl. auch Abbildung 4). Eine Nährstofflimitation für das Wachstum des Phytoplanktons tritt in der Regel erst bei Konzentrationen deutlich unter 20 µg/l ortho Phosphat-P ein.

Die Konzentrationen weiterer Nährstoffe (Ammonium, Nitrat, gelöstes Silikat) sind in Tabelle 2 dargestellt. Silikat war bei Planktonmassenentwicklungen bis in die 1990er Jahre ein limitierender Nährstoff für die Entwicklung der Kieselalgen, wurde aber im Jahr 2012 wegen der insgesamt geringeren Planktonentwicklung nicht aufgezehrt. Die Siliziumkonzentrationen werden aber weiterhin stark durch das Phytoplankton beeinflusst. So lagen die niedrigsten Konzentrationen in Koblenz während der Frühjahrsblüte der Kieselalgen bei 0,57 mg/l SiO₂-Si und in Maassluis bei 0,47 mg/l, deutlich unter den jeweiligen Jahresmittelwerten.

Tabelle 2: Saisonmittelwerte (März – Oktober 2012) ausgewählter Nährstoffe entlang des Rheins. Die Phosphordaten sind in Abbildung 2 dargestellt.

Messstelle	NH ₄ -N (mg/l)	NO ₃ -N (mg/l)	TN (mg/l)	SiO ₂ -Si (mg/l)
Reckingen	0,03	1,0	1,2	1,1 (0,7 – 1,5)
Karlsruhe	0,03	1,2	1,5	1,4 (0,9 – 2,1)
Mainz*	0,02	1,44	1,7	1,4 (0,8 – 1,9)
Koblenz	0,02	1,47	1,96	1,60 (0,57 – 4,72)
Bimmen	<0,05	1,9	2,3	
Maassluis	0,08	1,68	2,23	1,36 (0,47 – 2,53)

* Probe aus Leitung 1 der Messstelle Mainz, repräsentativ für den Rhein ohne Einfluss des Mains.

Die mittleren Konzentrationen von Gesamt-Phosphor und Gesamt-Stickstoff waren an den Mündungen der größeren Nebenflüsse jeweils deutlich höher als an der entsprechenden Stelle im Rhein (Tabelle 3). In einigen Nebenflüssen lagen die Minimumkonzentrationen für SiO₂-Si unter 0,5 mg/l und damit im Bereich beginnender Siliziumlimitation für Kieselalgen.

Tabelle 3: Saisonmittelwerte (März bis Oktober 2012) ausgewählter Kenngrößen an den Mündungen der Nebenflüsse in den Rhein

Messstelle	TP (mg/l)	TN (mg/l)	SiO ₂ -Si (mg/l)
Aare	0,033		
Neckar	0,20	4,4	2,02 (<0,5 – 3,8)
Main	0,18	3,86	1,6 (1,1 – 3,1)*
Nahe	0,19	3,36	2,9 (0,7 – 4,3)
Lahn	0,18	2,96	4,7 (2,1 – 5,9)
Mosel	0,17	3,65	2,44 (0,17 – 3,58)

* Probe für Silizium aus Leitung 4 der Messstelle Mainz, weitgehend repräsentativ für den Main.

3.3 Phytoplankton

3.3.1 Räumliche und saisonale Dynamik des Chlorophyllgehalts

Die Chlorophyll a-Konzentration dient als Maß für die Biomasse des Phytoplanktons. Hier dargestellt sind die international üblichen „korrigierten“ Chlorophyllkonzentrationen nach Abzug des Phaeopigmentanteils (vgl. MISCHKE & RIEDMÜLLER 2013). Die Chlorophyllkonzentration wird hier zur Charakterisierung der Phytoplanktodynamik verwendet.

Abbildung 3 zeigt die Längsentwicklung des Phytoplanktons am Rhein mit den Saisonmittelwerten und den maximalen Konzentrationen. Im Auslauf aus dem Bodensee sind die Planktodynamik und das Artenspektrum noch durch den Bodensee-Untersee geprägt. Aufgrund des inzwischen stark oligotrophierten Zustands des Bodensees bildeten sich nur relativ geringe Mengen an Phytoplankton (Saisonmittelwert am Abfluss in Öhningen 3,3 µg/l Chla). Die Saisonmittelwerte veränderten sich im weiteren Verlauf am Hochrhein nur geringfügig, allerdings bildeten sich Maxima bis zu 20 µg/l Chla am Hochrhein an der Messstelle Reckingen. Auch in Karlsruhe sind die Phytoplanktonkonzentrationen mit 2,0 µg/l Chla im Saisonmittel noch sehr gering.

Im weiteren Verlauf steigen die Saisonmittelwerte der Chlorophyllkonzentrationen deutlich auf 9,0 µg/l in Koblenz und 18,9 µg/l in Bimmen an. Die maximale Chlorophyllkonzentration wurde mit 61,5 µg/l im Mai in Bimmen gemessen. In Maassluis waren die Chla-Konzentrationen mit im Mittel 7,7 und maximal 38 µg/l wieder etwas geringer (Abbildung 3, 4).

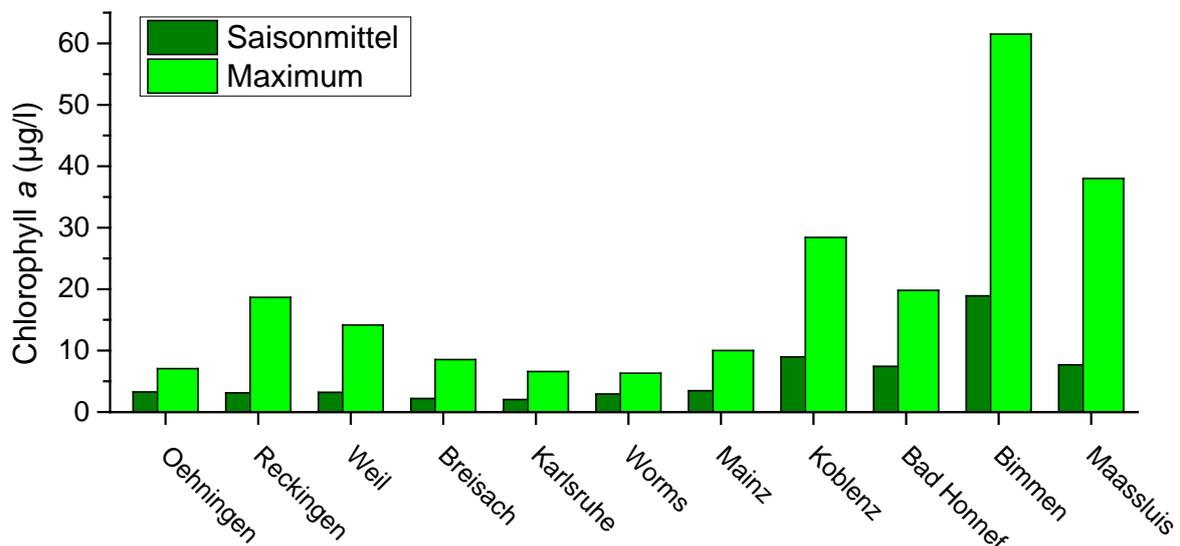


Abbildung 3: Mittlere (Saisonmittel März bis Oktober) und maximale Chlorophyllkonzentration 2012 entlang des Rheins

Abbildung 4 zeigt die saisonale Dynamik der Chlorophyllkonzentrationen am Rhein in Karlsruhe, Koblenz und Bimmen. Die im gesamten Jahresverlauf sehr niedrigen Chlorophyllkonzentrationen in Karlsruhe stellen die Ausgangsbasis für die weitere Entwicklung dar. Diese wird durch Wachstums- und Verlustprozesse entlang der Fließstrecke und durch die Einflüsse der Nebenflüsse gesteuert.

In Koblenz erschien bereits Ende März ein erster, deutlicher Chlorophyllpeak, gefolgt von zwei weiteren Maxima im April und Mai, bei denen 26,1 bzw. 28,4 µg/l Chla gemessen

wurden. Die maximale Chlorophyllkonzentration in Bimmen wurde ebenfalls im Mai mit 61,5 µg/l Chla festgestellt. Dies war gleichzeitig der höchste im Jahr 2012 am Rhein gemessene Wert. In Bimmen bildete sich während des Abflussminimums im August ein Sommerpeak des Phytoplanktons, der so ausgeprägt an anderen Messstellen im Rhein und auch in den meisten Nebenflüssen nicht festzustellen war.

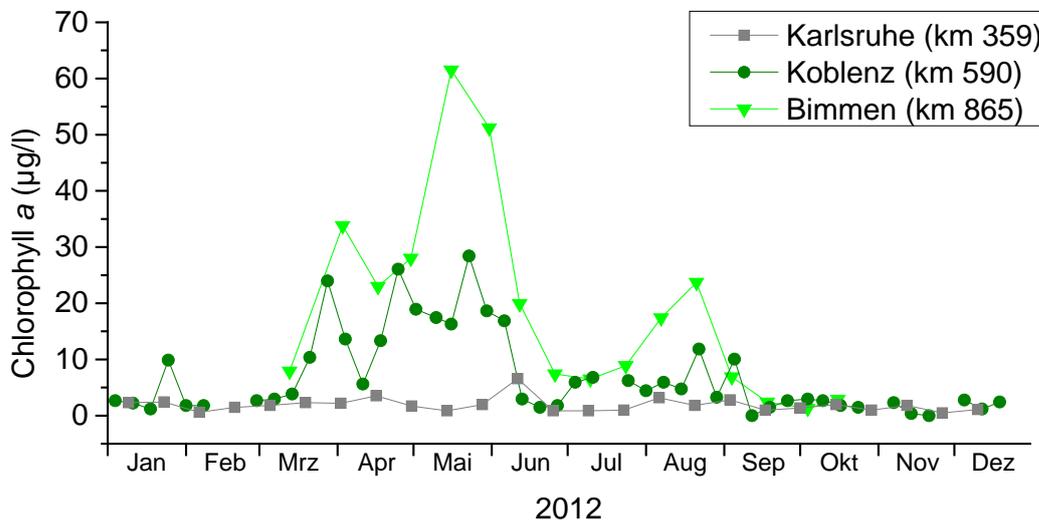


Abbildung 4: Saisonalen Verlauf der Chlorophyllkonzentration an den Messstellen Karlsruhe, Koblenz und Bimmen.

Einige der Nebenflüsse des Rheins zeigten stärker ausgeprägte Planktonentwicklungen als der Rhein selber (Abbildung 5). Die höchsten Chlorophyllkonzentrationen wurden mit über 140 µg/l Chla am Neckar gemessen. Auch die anderen staugeregelten Nebenflüsse des Rheins bildeten deutliche Frühjahrsblüten des Phytoplanktons aus, deren Maxima zwischen etwa 50 µg/l Chla (Mosel, Lahn) und 80 µg/l Chla (Main) lagen. Das Maximum an der Mosel erschien bereits Ende März und hielt nur kurz an, während sich die Maxima an Neckar und Main bis in den Juni hinein fortsetzten. Als einziger Nebenfluss bildete der Main auch eine ausgeprägte Phytoplanktonblüte im Spätsommer (August und September) aus.

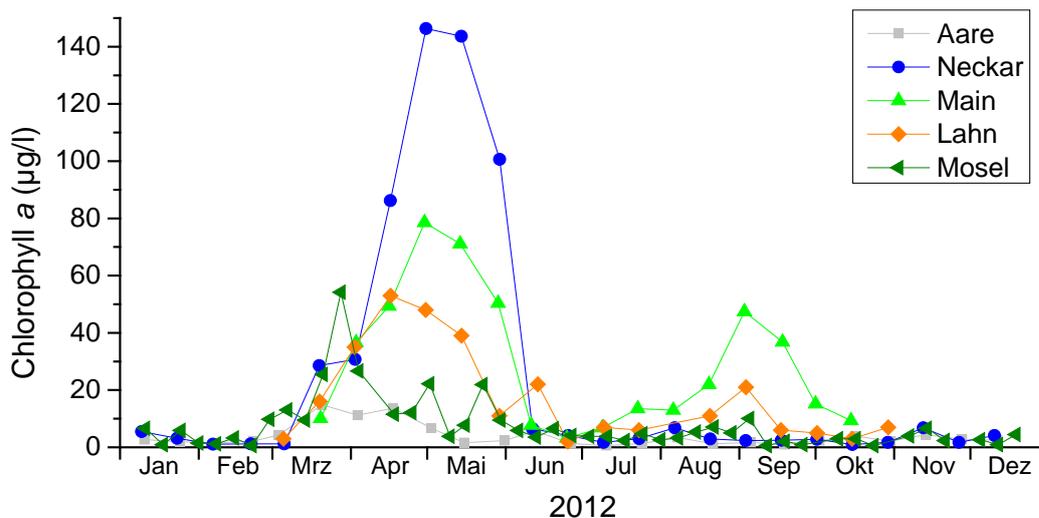


Abbildung 5: Chlorophyll-a Konzentration in Nebenflüssen des Rheins: Aare, Neckar, Main, Lahn und Mosel. Daten der jeweils mündungsnächsten Messstation.

3.3.2 Taxonomische Zusammensetzung des Phytoplanktons

Abbildung 6 zeigt die taxonomische Zusammensetzung des Phytoplanktons nach Algenklassen an ausgewählten Messstellen. Kieselalgen (Klasse: Bacillariophyceae) bildeten den weit überwiegenden Anteil der Biomasse. Vor allem während der Phytoplanktonmaxima im Frühjahr stellten sie an den Messstellen Mainz und Koblenz deutlich über 90% des gesamten Biovolumens des Phytoplanktons. In Bimmen lag der Anteil der Kieselalgen am Gesamtvolumen bei der Messung Ende Mai bei genau 90%. Im Jahresverlauf nahm der Anteil der Kieselalgen ab, lag aber bei den meisten Messungen noch immer weit über 50%.

Im Sommer stellten in Koblenz die Kryptomonaden (Cryptophyceae) höhere Anteile von bis zu 24%. Auch der Anteil der Grünalgen (Chlorophyceae) nahm an den Messstellen Koblenz und Bimmen im Sommer zu. Während der Sommerplanktonblüte in Bimmen hatten die Goldbraunen Algen (Chrysophyceae) einen Anteil von bis zu 37% am Gesamtvolumen des Phytoplanktons. Blaualgen (Cyanobakterien, Cyanophyceae) traten nur im Herbst in nennenswerten Konzentrationen an den Messstellen Mainz und Koblenz auf.

Die dominierenden Taxa unter den Kieselalgen während der Frühjahrsblüte an der Messstelle Mainz waren vor allem zentrische Kieselalgen, mit hohen, aber in ihrer Bedeutung wechselnden Anteilen der Arten *Stephanodiscus hantzschii* und *Melosira varians* sowie die pennate Kieselalge *Diatoma vulgare*. Später im Jahr dominierte die zentrische Kieselalpengattung *Skeletonema* (*S. subsalva* und *S. potamos*).

Auch in Koblenz dominierten im Frühjahr die zentrischen Kieselalgen (*Stephanodiscus* spp., *Melosira varians* und *Cyclotella* spp.). Ebenfalls erhebliche Biomassen wurden von *Diatoma vulgare* gebildet. Wie in Mainz traten im Sommer die beiden *Skeletonema* Arten sowie die pennate Kieselalge *Navicula* spp. häufiger auf. Unter den Cryptophyceen bildete die Gattung *Cryptomonas* bei weitem die stärkste Biomasse, gefolgt von der Gattung *Rhodomonas*. Unter den Grünalgen, die insgesamt aber nur einen geringen Biomasseanteil bildeten, dominierte im Frühjahr die Gattung *Chlamydomonas* und später im Jahr zeitweise die Gattung *Willea*. Die Blaualgen, die nur im Herbst auftraten, wurden wie in Mainz von der Gattung *Oscillatoria* dominiert.

In Bimmen wurde die Diatomeenblüte im Frühjahr durch die gleichen Taxa geprägt wie an den stromauf gelegenen Messstationen. Vor allem während des Phytoplanktonpeaks Ende Mai bildete *Stephanodiscus hantzschii* den weit überwiegenden Anteil der Biomasse. Zusätzlich traten dann *Actinocyclus normanii* und *Cyclotella meneghiniana* in größeren Anteilen auf. Die Goldbraunen Algen gehörten zum größten Teil zur Gruppe der unbestimmten Chrysophyceen (FRITSCH in G.S.WEST & FRITSCH, 1927).

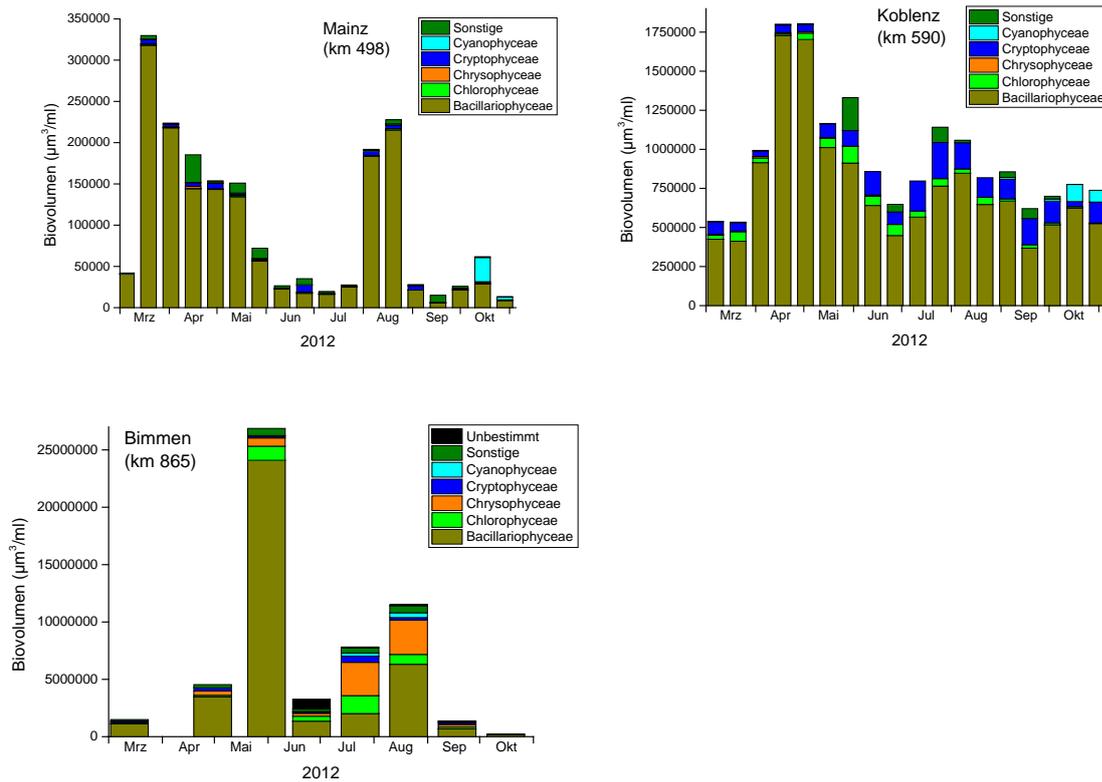


Abbildung 6: Biovolumina der unterschiedlichen Algenklassen im Jahresverlauf an den Messstellen Mainz, Koblenz und Bimmen.

3.4 Zooplankton

Die meisten im Rhein und seinen Nebenflüssen vorkommenden Zooplanktonorganismen ernähren sich von Bakterien und Phytoplankton. Sie selber werden von Fischen gefressen und sind daher ein wichtiger Bestandteil des Nahrungsnetzes, vor allem im Uferbereich und in Stillwasserzonen.

Die Anzahl und die Biomasse der Zooplanktonorganismen waren im Allgemeinen sehr gering. Nur zu wenigen Probenahmezeitpunkten in den Nebenflüssen wurden während der Frühjahrsplanktonblüte mehr als 100 Ind./l festgestellt. Im Rhein stieg die Anzahl der Zooplankter mit der Fließstrecke an, blieb aber auch am Niederrhein (Messstation Bimmen) so gering, dass sie die Biomasse des Phytoplanktons nicht wesentlich beeinflussen konnte.

Rotatorien („Rädertierchen“) waren die häufigsten Organismen des Zooplanktons und traten in der Regel im Frühjahr im Zusammenhang mit dem Phytoplanktonmaximum auf (Abbildung 7). Am häufigsten waren die Gattungen *Synchaeta*, *Brachionus* und *Keratella* mit jeweils mehreren Arten. Im Neckar entwickelte sich im Spätsommer ein zweites Maximum des Zooplanktons, das von der Gattung *Cephalodella* dominiert wurde. Die genannten Gattungen ernähren sich von Phytoplankton; carnivore Rotatorien kamen nur in sehr geringer Anzahl vor.

Außer den Rotatorien dominierten die freischwimmenden Larven der Dreikantmuschel (so genannte Veligerlarven) das Zooplankton im Rhein und seinen Nebenflüssen. Sie waren im Frühjahr im Rhein mit Maxima um 70 Ind./l sogar häufiger als die Rotatorien. In den Nebenflüssen des Rheins wurden bis zu 180 Veligerlarven/l gefunden (Abbildung 7).

Das Crustaceenplankton (Kleinkrebse – Cladoceren und Copepoden) kam nur in sehr geringer Anzahl im Rhein vor. Auf der gesamten Rheinstrecke lag die Anzahl in allen Proben unter 5 Ind./l. In den Nebenflüssen waren die Crustaceen etwas häufiger, hier kamen während des Frühjahrs bis zu 30 Ind./l vor, meist Larvenstadien („Nauplien“) der Copepoden.

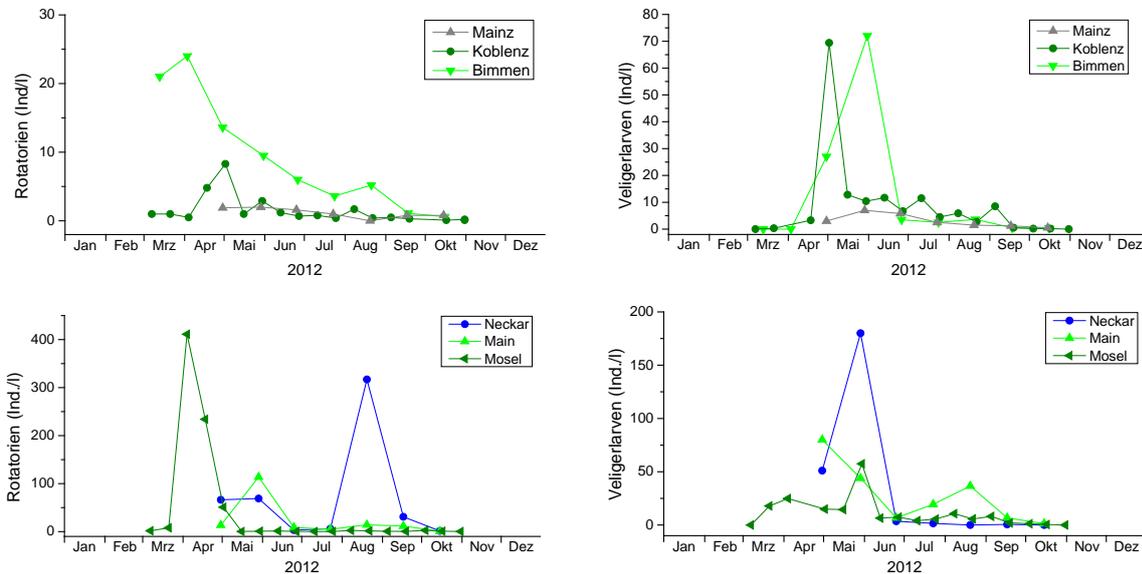


Abbildung 7: Konzentration des Zooplanktons (Individuen/Liter) im Rhein und einigen seiner Nebenflüsse im Jahr 2012.

3.5 Vergleich der Ergebnisse mit früheren Untersuchungen

Die Langzeitentwicklung des Phytoplanktons im Rhein wird in FRIEDRICH & POHLMANN (2009) und in HARDENBICKER et al. (2014) beschrieben. Beide Studien zeigen eine langfristige, deutliche Abnahme der Phytoplanktonbiomassen, die mit dem Rückgang der Gesamt-P Konzentration korrespondiert. Dieser Trend wird auch aus den Abbildungen 8 und 9 deutlich. Der Jahresmittelwert der Gesamt-P Konzentration ging an der Messstelle Koblenz von 0,56 mg/l im Jahr 1978 auf 0,12 mg/l im Jahr 2012 zurück. Während zu Beginn der 1990er Jahre dort noch Phytoplanktonmaxima von 80 bis 100 µg/l Chla erreicht wurden, treten Werte in dieser Höhe seitdem nicht mehr auf. Es ist allerdings wahrscheinlich, dass der Rückgang der Phytoplanktonmengen im Rhein nicht alleine auf die Verringerung der P-Einträge, sondern auf die verringerten Einträge aus dem Bodensee und vor allem auf verstärktes Grazing durch die eingewanderten Dreikantmuschel (*Dreissena sp.*) und Körbchenmuschel (*Corbicula sp.*) zurückzuführen ist (WEITERE & ARNDT 2002, HARDENBICKER et al. 2014).

Abbildung 9 zeigt auch die erhebliche interannuelle Variabilität in den Phytoplanktonbiomassen. Vor allem bei einem abflussreichen Frühjahr wie im Jahr 2009 ist die Phytoplanktonentwicklung gering, während das abflussarme und sonnige Frühjahr 2011 zu einem extrem hohen und lange anhaltenden Phytoplanktonpeak führte. Die jeweiligen hydrologischen Gegebenheiten und die Witterungsbedingungen überlagern also den langfristigen Trend stark.

Der Vergleich mit den Messreihen 2000 und 2006/2007 zeigt, dass sich die Phytoplanktonbiomasse im Jahr 2012 etwas stärker entwickelte als in den oben genannten Untersuchungsjahren (vgl. IKSR 2002; 2009). Abbildung 9 zeigt diesen

Sachverhalt für die Messstelle Koblenz. Für das Jahr 2006/2007 wurden in Koblenz und Bimmen Gesamtpigmentkonzentrationen festgestellt, die etwa im Bereich der im Jahr 2012 gemessenen Chla-Konzentrationen liegen. Da die Gesamtpigmentkonzentrationen auch das Phaeophytin enthalten, lässt dies auf insgesamt niedrigere Chla-Konzentrationen bei der Messkampagne 2006/2007 schließen. Im Jahr 2000 waren die Maxima der Chla-Konzentrationen ebenfalls etwas niedriger als 2012. Ein langfristiger Trend, etwa ein Wiederanstieg der Phytoplanktonbiomassen, lässt sich daraus allerdings nicht ableiten. Vielmehr zeigt sich hier die interannuelle Variabilität der Phytoplanktonbiomassen. Ein dauerhaftes Monitoring mit dem Ziel von Trendanalysen müsste daher, wie an den Messstellen Koblenz und Düsseldorf-Flehe, in jedem Jahr und mit relativ engem zeitlichen Probenahmeraster erfolgen (vgl. Daten in FRIEDRICH & POHLMANN 2009, HARDENBICKER et al. 2014).

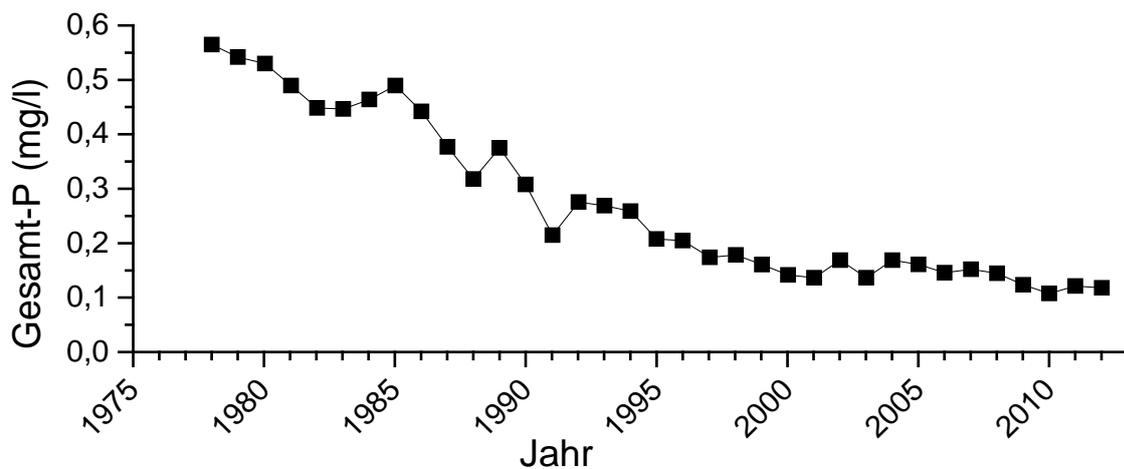


Abbildung 8: Entwicklung der Konzentration des Gesamt-Phosphors (Jahresmittelwerte) an der Messstelle Koblenz von 1978 bis 2012.

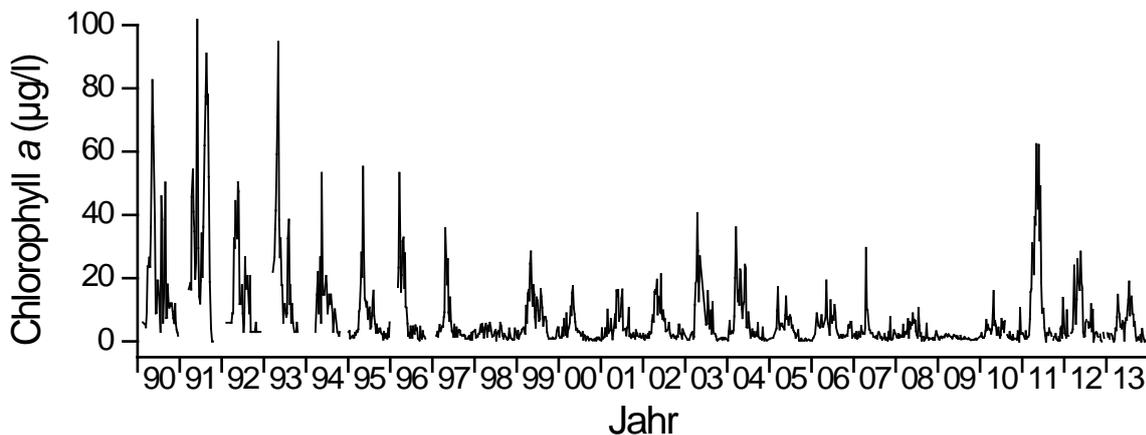


Abbildung 9: Entwicklung der Chlorophyll a Konzentration an der Messstelle Koblenz seit 1990.

4. Bewertung der biologischen Qualitätskomponente Phytoplankton nach WRRL

Der ökologische Zustand gemäß europäischer Wasserrahmenrichtlinie bezüglich der biologischen Komponente Phytoplankton wurde für Deutschland mit dem PhytoFluss-

Verfahren (siehe unten) bewertet. Die Rohdaten der Probenahmestellen am deutsch-schweizerischen Hochrhein wurden für die Bewertung nach dem deutschen Verfahren zur Verfügung gestellt. Die Übergangs- und Küstengewässer wurden nach dem niederländischen Verfahren bewertet.

Das deutsche Bewertungsverfahren für Phytoplankton wurde seit dem letzten Bericht 2009 (IKSR 2009) entscheidend verändert. In "PhytoFluss 3.0"¹ wurde der „Typenspezifische Indexwert Potamoplankton“ (TIP) durch neue Indikatorlisten ersetzt, die weitgehend auf Artniveau operieren und den Gesamtphosphorgehalt indizieren sollen. Das Bewertungssystem enthält im Metric "Biomasse" nun neben dem Mittelwert auch die maximale Biomasse des Phytoplanktons. Neben weiteren Änderungen, z. B. in der Gewichtung der Einzelmetrics für unterschiedliche Algengruppen, wird nun der korrigierte Chlorophyllwert als Maß für die Biomasse verwendet.

Die Zustands- bzw. Potenzialbewertung des Rheins und seiner größeren Nebenflüsse hinsichtlich der biologischen Qualitätskomponente Phytoplankton ist in Tabelle 4 dargestellt. Der Zustand im gesamten Hochrhein und Oberrhein ist hinsichtlich des Phytoplanktons „sehr gut“, bis zur Messstelle Mainz-Wiesbaden, wo der Rhein – ebenso wie im Niederrhein bei Köln und Düsseldorf - einen guten Zustand aufweist. Ab der Messstelle Duisburg ist der Niederrhein in einem mäßigen Zustand.

Gemäß europäischer WRRl wurden die Küsten- und Übergangsgewässer, jedoch nicht die Fließgewässer im Deltarhein hinsichtlich des Phytoplanktons bewertet (siehe unten).

¹ Die deutschen Bundesländer am Rhein haben sich auf das Verfahren PhytoFluss 3.0 (Mischke und Riedmüller 2013) geeinigt, weil es plausibler als die vorherige, aktuell noch gültige Version 2.2 erschien. In ihrem Ergebnis unterscheiden sich beide Versionen nur geringfügig.

Tabelle 4. Bewertung des Phytoplanktons im Rhein nach WRRL für den Bewirtschaftungsplan 2009 und den BWP Entwurf 2014

Bewertung des Phytoplanktons im Rhein nach WRRL für BWP 2009 und BWP Entwurf 2014							sehr gut	1
							gut	2
Stand: Mai 2015							mäßig	3
Bewertung der Qualitätskomponente nicht erforderlich							unbefriedigend	4
Keine Erhebung bzw. Bewertung der Komponente / Datenlage unzureichend							schlecht	5
Wasserkörper	Fluss-km	IKSR-Überblicksüberwachungs-Messstelle im Wasserkörper	Nation / Land	Kategorie BWP 2009	Kategorie BWP Entwurf 2014	BWP 2009	BWP Entwurf 2014	
BODENSEE								
BOD-OS Bodensee-Obersee	keine Kilometrierung	Fischbach-Uttwil	DE-BW	natürlich	natürlich	2	2	
BOD-USR Bod.-Untersee-Rheinsee			DE-BW	natürlich	natürlich		2	
BOD-USZ Bod.-Untersee-Zellersee		Zellersee	CH / St. Gallen	natürlich	natürlich	2	2	
HOCHRHEIN Bodensee – Basel	24-170							
Hochrhein 1 - Bodensee bis Aaremündung	24-102,7	Unterseeabfluss Öhningen, Reckingen	CH / DE-BW	natürlich	natürlich		1	
Hochrhein 2 - Aaremündung bis Basel	102,7-170		CH / DE-BW	erheblich verändert	natürlich		1	
OBERRHEIN Basel – Bingen								
Oberrhein 1 - OR 1 - Rhein 1 - Alter Rhein, Basel bis Breisach	170-225	Weil am Rhein	CH / DE-BW	erheblich verändert	erheblich verändert		1	
Oberrhein 2 - OR 2 - Rhein 2 - Rheinschlinge, Breisach bis Strasbourg	225-292	oberhalb Rhinau	DE-BW	erheblich verändert	erheblich verändert		1	
Oberrhein 3 - OR 3 - Rhein 3 - Staugeregelte Rheinstrecke, Straßburg bis Iffezheim	292-352	Karlsruhe	DE-BW	erheblich verändert	erheblich verändert		1	
Oberrhein 4 - OR 4 - Rhein 4 - Staustufe Iffezheim bis oberhalb Lautermündung	352-428		DE-BW	erheblich verändert	erheblich verändert		1	
Oberrhein 5 - OR 5 - Lauter- bis Neckarmündung	352-428		DE-BW	erheblich verändert	erheblich verändert	2	1	
Oberrhein 6 - OR 6 - Neckar- bis Mainmündung	428 - 497	Worms	DE-RP	erheblich verändert	erheblich verändert	2	1	
Oberrhein 7 - OR 7 - Main- bis Nahemündung	497 - 529	Mainz/Wiesbaden	DE-RP	erheblich verändert	erheblich verändert	2	2	
MITTLERHEIN Bingen – Bonn	529-639	Koblenz	DE-RP	erheblich verändert	erheblich verändert	2	2	
NIEDERRHEIN Bonn – Kleve-Bimmen / Lobith								
Niederrhein 1 - NR 1 - Bad Honnef bis Leverkusen	639-701	Köln-Godorf	DE-NW	erheblich verändert	erheblich verändert	2	2	
Niederrhein 2 - NR 2 - Leverkusen bis Duisburg	701-764	Düsseldorf-Hafen	DE-NW	erheblich verändert	erheblich verändert	2	2	
Niederrhein 3 - NR 3 - Duisburg bis Wesel	764-811	Duisburg-Walsum / Orsoy	DE-NW	erheblich verändert	erheblich verändert	3	3	
Niederrhein 4 - NR 4 - Wesel bis Kleve	811-865	Niedermoermter / Rees	DE-NW	erheblich verändert	erheblich verändert	3	3	
DELTARHEIN Lobith -Hoek van Holland								
Maas-Waalkanaal	n.a.		NL	künstlich	künstlich	2	2	
Nieuwe Maas, Oude Maas (stromabwärts Hartelkanaal)	n.a.		NL	erheblich verändert	erheblich verändert	2	3	
Nieuwe Waterweg, Hartel-, Caland-, Beerkanaal	998-1013	Maassluis	NL	künstlich	künstlich	2	2	
Amsterdam-Rijnkanaal Betuwepand	n.a.		NL	künstlich	künstlich	2	2	
Amsterdam-Rijnkanaal Noordpand	n.a.		NL	künstlich	künstlich	2	2	
Noordzeekanaal	n.a.		NL	künstlich	künstlich	2	2	
Twentekanal	n.a.		NL	künstlich	künstlich	2	2	
Zwartemeer	n.a.		NL	erheblich verändert	erheblich verändert	3	2	
Ketelmeer + Vossemeer	n.a.		NL	erheblich verändert	erheblich verändert	3	2	
Markermeer	n.a.		NL	erheblich verändert	erheblich verändert	3	3	
Randmeren-Oost	n.a.		NL	erheblich verändert	erheblich verändert	3	2	
Randmeren-Zuid	n.a.		NL	erheblich verändert	erheblich verändert	3	2	
IJsselmeer	n.a.	Vrouwezand	NL	erheblich verändert	erheblich verändert	3	3	
Wattenmeer Festlandküste	n.a.	Boomkensdiep	NL	erheblich verändert	erheblich verändert	3	2	
Wattenmeer	n.a.	Dantziggat, Doovebalg west	NL	natürlich	natürlich	3	2	
Holländische Küste (Küstengewässer)	n.a.	Noordwijk	NL	natürlich	natürlich	2	2	

Phytoplankton in Küsten- und Übergangsgewässern

Für Küstengewässer und Übergangsgewässer ist das Phytoplankton die wichtigste biologische Qualitätskomponente und wird nach seiner Biomasse (als Chlorophyll-a) und in seiner Taxazusammensetzung (nur Schaumalgen der Gattung *Phaeocystis*) bewertet (VAN DER MOLEN 2012). *Phaeocystis* zeigt Eutrophierungserscheinungen frühzeitig an und ist insofern ein Frühwarnsystem.

Eine *Phaeocystis*-Blüte wird als Dichte von $> 10^6$ Zellen/l definiert. Die Anzahl der Monate mit *Phaeocystis*-Blüten (ausgedrückt in %) legt die Klassengrenze fest. Zusätzlich wird das 90-Perzentil der Chlorophyllkonzentrationen während der Sommermonate (März bis September) als Indikator für die Gesamtbiomasse für die Bewertung genutzt.

Die Teilmesslatte für Chlorophyll-a gilt als Endbewertung, wenn diese einen niedrigeren Wert ergibt als die Messlatte für die Artenzusammensetzung (*Phaeocystis*-Blüte). Die Endbewertung wird durch den ökologischen Qualitätsindex EKR ausgedrückt, wobei die Grenze unbefriedigend/mäßig bei 0,4 liegt, die für mäßig/gut bei 0,6 und die für gut/sehr gut bei 0,8.

Das Phytoplankton hat in den Küstengewässern und in den meisten Bereichen des Wattenmeers einen guten Zustand erreicht (vgl. Tabelle 5). Für das Wattenmeer ist dieser Zustand jedoch noch nicht so stabil wie in den Küstengewässern. Der Zustand im östlichen Bereich des Wattenmeers ist schlechter als im westlichen Bereich.

Tabelle 5: Endbewertung der Qualitätskomponente Phytoplankton nach Verrechnung der Bewertung mit Chlorophyll-a und *Phaeocystis*-Blüte auf der Grundlage des niederländischen Bewertungssystems an den Überblicksmessstellen in den Küsten- und Übergangsgewässern des Rheingebietes.

Messstation	Wasser-körper	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
Noord-wijk 2	Holl. Küste	0,54	0,53	0,61	0,84	0,62	0,86	0,55	0,60	0,81	0,64	0,66	0,92
Ter-schel-ling 4	Watten-meer-küste	0,64	0,75	0,63	0,49	0,39	0,85	0,60	0,52	0,63	0,66	0,46	0,68
Dantzig-gat	Watten-meer-Ost	0,41	0,48	0,47	0,47	0,54	0,51	0,52	0,24	0,52	0,44	0,50	0,48
Doove Balg West	Watten-meer West						1,00	0,56	0,69	0,61	0,74	0,65	0,72
Mars-diep Noord	Watten-meer West										0,68	0,56	0,74
	Watten-meer gesamt	0,41	0,48	0,47	0,47	0,54	0,76	0,54	0,47	0,57	0,62	0,57	0,65

Legende: Ökologischer Zustand / Potenzial:

Sehr gut	
Gut	
Mäßig	
unbefriedigend	

5. Literatur

FRIEDRICH, G. & M. POHLMANN (2009): Long-term plankton studies at the lower Rhine/Germany. – *Limnologica* 39, 14-39.

HARDENBICKER, P., ROLINSKI, S., WEITERE, M. & H. FISCHER (2014): Temporal trends in the phytoplankton dynamics of the rivers Rhine and Elbe. - *International Review of Hydrobiology* 99, 287-299. DOI: 10.1002/iroh.201301680

IKSR (2002): Plankton im Rhein. Bericht Nr. 129-d.

IKSR (2009): Das Phytoplankton im Rhein. Rhein-Messprogramm Biologie 2006/2007, Teil II-A. Bericht Nr. 169

MISCHKE, U. & H. BEHRENDT (2007): Handbuch zum Bewertungsverfahren von Fließgewässern mittels Phytoplankton zur Umsetzung der EU-WRRL in Deutschland. Weißensee Verlag, Berlin.

MISCHKE, U. & U. RIEDMÜLLER (2013): Überarbeitung des Phytoplanktonverfahrens nach WRRL für Fließgewässer und Tool PhytoFluss 3.0. FKZ 371024207. Unveröffentlichter Abschlussbericht.

VAN DER MOLEN 2012: Referenties en maatlatten voor natuurlijke watertypen voor de kaderrichtlijn water 2015-2021. STOWA 2012-31

VAN SPLUNDER, I., PELSMA, T.H.A.M. & A. BAK (2006) Richtlijnen Monitoring Oppervlaktewater Europese Kaderrichtlijn Water. Versie 1.3, augustus 2006. ISBN 9036957168.

WEITERE, M. & H. Arndt (2002) Top-down effects on pelagic heterotrophic nanoflagellates (HNF) in a large river (River Rhine): do losses to the benthos play a role? – *Freshwater Biology* 47, 1437-1450. DOI: 10.1046/j.1365-2427.2002.00875.x

Anlage 1: Taxaliste des Phytoplanktons im Rhein 2012 (ohne Messstellen, an denen nur Chlorophyll a beprobt wurde).

Taxa/Messstellen	ÖH	RE	WE	VO	KA	WO	MA	KO	BA	BI	AA	NE	MA	MO
BACILLARIOPHYCEAE														
<i>Achnanthes lanceolata</i>						x	x							
<i>Achnanthes sp.</i>	x		x			x	x			x				
<i>Achnantheidium catenatum</i>	x	x	x	x										
<i>Achnantheidium eutrophilum</i>					x									
<i>Achnantheidium minutissimum</i>	x	x	x	x	x		x				x			
<i>Achnantheidium minutissimum ssp. scotia</i>	x													
<i>Achnantheidium pyrenaicum</i>	x	x	x		x						x			
<i>Achnantheidium straubianum</i>					x									
<i>Actinocyclus normanii</i>	x		x	x			x		x	x		x	x	
<i>Amphora copulata</i>						x	x							
<i>Amphora inariensis</i>	x	x	x	x							x			
<i>Amphora indistincta</i>	x	x			x						x	x		
<i>Amphora ovalis</i>			x		x		x				x	x		
<i>Amphora pediculus</i>		x	x	x	x				x		x	x		
<i>Amphora sp.</i>		x		x	x	x	x	x			x			x
<i>Asterionella formosa</i>	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
<i>Aulacoseira ambigua</i>			x									x		
<i>Aulacoseira granulata</i>				x		x	x	x	x	x			x	x
<i>Aulacoseira muzzanensis</i>									x	x				
<i>Aulacoseira subarctica</i>						x						x		
<i>Aulacoseira sp.</i>	x	x	x		x		x			x		x	x	
<i>Bacillaria paxillifer</i>												x	x	
<i>Bumilleria sp.</i>						x								
<i>Caloneis bacillum</i>			x											
<i>Caloneis sp.</i>		x												
<i>Cocconeis pediculus</i>	x	x	x	x	x		x	x	x		x	x		x
<i>Cocconeis placentula</i>	x	x	x	x	x		x		x		x	x		
<i>Cocconeis pseudolineata</i>					x									
<i>Cocconeis sp.</i>		x					x	x						x
<i>Cyclostephanos delicatus</i>				x	x	x	x							
<i>Cyclostephanos dubius</i>		x	x	x	x	x	x		x	x	x	x	x	
<i>Cyclostephanos invisitatus</i>	x	x	x	x	x		x		x	x		x	x	
<i>Cyclotella atomus</i>	x		x	x	x				x	x	x	x	x	
<i>Cyclotella bodanica</i>	x		x											
<i>Cyclotella comensis</i>		x	x	x	x						x	x		
<i>Cyclotella costei</i>	x	x	x	x	x	x	x				x	x		
<i>Cyclotella cyclopuncta</i>									x	x				
<i>Cyclotella distinguenda</i>		x	x				x				x			
<i>Cyclotella kuetzingiana</i>						x								
<i>Cyclotella meneghiniana</i>	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
<i>Cyclotella ocellata</i>	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x			
<i>Cyclotella radiosa</i>	x	x	x	x	x	x	x		x		x			
<i>Cyclotella sp.</i>								x						x
<i>Cymatopleura elliptica</i>					x								x	
<i>Cymatopleura solea</i>				x		x	x	x		x	x	x		x
<i>Cymbella affinis</i>	x	x	x	x							x			
<i>Cymbella compacta</i>		x	x	x	x						x	x		
<i>Cymbella lanceolata</i>														

Taxa/Messstellen	ÖH	RE	WE	VO	KA	WO	MA	KO	BA	BI	AA	NE	MA	MO
<i>Cymbella</i> sp.	x					x	x	x	x	x	x			x
<i>Cymbopleura inaequalis</i>					x									
<i>Diatoma ehrenbergii</i>	x	x	x	x	x	x	x				x			
<i>Diatoma hyemalis</i>										x				
<i>Diatoma monilliformis</i>		x	x	x							x			
<i>Diatoma tenuis</i>				x				x		x			x	x
<i>Diatoma vulgare</i>		x	x	x	x	x	x	x	x	x	x		x	x
<i>Diatoma</i> sp.			x		x									
<i>Diploneis elliptica</i>	x													
<i>Diploneis</i> sp.			x											
<i>Discostella pseudostelligera</i>	x	x	x	x	x	x	x		x	x	x	x	x	
<i>Encyonema minutum</i>		x	x	x										
<i>Encyonema prostratum</i>			x									x		
<i>Encyonema silesiacum</i>	x	x	x	x	x						x			
<i>Epithemia adnata</i>		x												
<i>Epithemia</i> sp.	x													
<i>Eunotia</i> sp.			x								x			
<i>Fragilaria acus</i>	x		x	x		x	x					x	x	
<i>Fragilaria capucina</i>	x	x	x			x	x	x			x			
<i>Fragilaria capucina</i> var. <i>vaucheriae</i>		x	x	x	x						x	x		
<i>Fragilaria constricta</i>						x								
<i>Fragilaria construens</i>						x								
<i>Fragilaria crotonensis</i>	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x			
<i>Fragilaria cyclopus</i>		x	x	x	x							x	x	
<i>Fragilaria delicatissima</i>	x													
<i>Fragilaria nanana</i>	x	x												
<i>Fragilaria pinnata</i>	x	x									x			
<i>Fragilaria tenera</i>	x												x	
<i>Fragilaria ulna</i>								x	x					x
<i>Fragilaria ulna</i> var. <i>acus</i>								x						x
<i>Fragilaria ulna</i> var. <i>angustissima</i>	x	x	x	x	x	x	x		x	x	x	x		
<i>Fragilaria ulna</i> var. <i>ulna</i>		x	x	x	x	x	x		x	x	x	x	x	
<i>Fragilaria</i> sp.	x	x	x	x	x	x			x	x	x			x
<i>Frustulia</i> sp.					x									
<i>Gomphonema micropus</i>	x				x									
<i>Gomphonema minutum</i>		x												
<i>Gomphonema olivaceum</i>	x	x	x	x	x						x			
<i>Gomphonema parvulum</i>		x	x	x							x			
<i>Gomphonema pumilum</i>	x	x	x	x	x						x			
<i>Gomphonema supertergestinum</i>											x			
<i>Gomphonema tergestinum</i>		x	x	x							x			
<i>Gomphonema</i> sp.	x	x	x	x		x	x	x	x	x	x	x		
<i>Gyrosigma acuminatum</i>						x	x							
<i>Gyrosigma attenuatum</i>		x	x	x	x		x		x	x	x		x	
<i>Gyrosigma sciotoense</i>		x	x		x						x	x	x	
<i>Gyrosigma</i> sp.		x				x	x	x			x			x
<i>Hantzschia amphioxys</i>											x			
<i>Hippodonta capitata</i>							x				x			
<i>Melosira varians</i>		x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
<i>Meridion circulare</i>			x								x			
<i>Navicula antonii</i>	x	x	x	x	x						x	x		

Taxa/Messstellen	ÖH	RE	WE	VO	KA	WO	MA	KO	BA	BI	AA	NE	MA	MO
<i>Navicula capitata</i>							x							
<i>Navicula capitatoradiata</i>	x	x	x	x	x	x	x				x	x		
<i>Navicula caterva</i>			x	x							x			
<i>Navicula cincta</i>											x			
<i>Navicula cryptotenella</i>		x	x	x	x						x	x	x	
<i>Navicula cryptotenelloides</i>				x										
<i>Navicula gregaria</i>	x	x	x	x	x				x	x	x	x	x	
<i>Navicula lanceolata</i>	x	x	x	x	x	x	x		x	x	x		x	x
<i>Navicula menisculus</i>						x	x				x			
<i>Navicula radiosa</i>	x						x							
<i>Navicula recens</i>	x				x							x	x	
<i>Navicula reichardtiana</i>		x	x											
<i>Navicula reinhardtii</i>	x		x								x			
<i>Navicula rhynchocephala</i>					x	x								
<i>Navicula seibigiana</i>											x			
<i>Navicula slesvicensis</i>											x			
<i>Navicula splendidula</i>		x									x			
<i>Navicula tripunctata</i>	x	x	x	x	x	x	x				x	x		
<i>Navicula trivialis</i>					x									
<i>Navicula veneta</i>											x	x		
<i>Navicula viridula</i>			x		x						x	x		
<i>Navicula sp.</i>	x		x	x		x	x	x	x	x				x
<i>Neidium sp.</i>													x	
<i>Nitzschia acicularis</i>	x	x	x	x	x	x		x	x	x		x	x	x
<i>Nitzschia acicularis var. acicularis</i>						x	x							
<i>Nitzschia amphibia</i>		x										x	x	
<i>Nitzschia angustata</i>											x			
<i>Nitzschia capitellata</i>											x			
<i>Nitzschia constricta</i>					x							x		
<i>Nitzschia dissipata</i>	x	x	x	x	x	x	x		x	x	x	x	x	
<i>Nitzschia flexa</i>													x	
<i>Nitzschia fonticola</i>		x	x	x	x	x					x			
<i>Nitzschia frustulum</i>		x			x						x			
<i>Nitzschia frustulum var. inconspicua</i>		x			x									
<i>Nitzschia fruticosa</i>										x			x	x
<i>Nitzschia heufferliana</i>		x	x	x	x		x				x	x	x	
<i>Nitzschia levidensis</i>							x							
<i>Nitzschia linearis</i>					x			x			x	x	x	x
<i>Nitzschia palea</i>	x	x	x		x				x	x	x	x	x	
<i>Nitzschia recta</i>	x	x	x	x	x	x	x				x	x		
<i>Nitzschia sigmaidea</i>		x	x		x	x	x	x	x	x	x	x		x
<i>Nitzschia sociabilis</i>				x	x						x	x		
<i>Nitzschia supralitorea</i>					x									
<i>Nitzschia vermicularis</i>			x	x		x	x				x	x	x	
<i>Nitzschia sp.</i>	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x		x	x
<i>Pinnularia sp.</i>	x	x	x								x			
<i>Planothidium frequentissimum</i>			x											
<i>Planothidium lanceolatum</i>		x									x			
<i>Reimeria sinuata</i>			x								x			
<i>Rhoicosphenia abbreviata</i>		x	x	x	x	x	x	x	x		x			x
<i>Rhoicosphenia curvata</i>								x						

Taxa/Messstellen	ÖH	RE	WE	VO	KA	WO	MA	KO	BA	BI	AA	NE	MA	MO
<i>Sellaphora pupula</i>	x			x							x			
<i>Sellaphora sp.</i>		x	x	x							x	x		
<i>Skeletonema potamos</i>			x	x	x		x	x	x	x	x	x	x	x
<i>Skeletonema subsalsum</i>			x	x		x	x	x	x	x			x	x
<i>Stauroneis sp.</i>						x								
<i>Stephanodiscus alpinus</i>	x	x	x	x	x	x	x				x		x	
<i>Stephanodiscus hantzschii</i>	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
<i>Stephanodiscus minutulus</i>	x	x	x	x	x	x	x		x	x	x	x	x	
<i>Stephanodiscus neoastraea</i>	x	x	x	x	x	x	x		x	x	x		x	
<i>Stephanodiscus sp.</i>							x	x						x
<i>Surirella brebissonii</i>		x	x	x	x		x				x	x	x	
<i>Surirella minuta</i>											x			
<i>Surirella ovalis</i>												x		
<i>Surirella sp.</i>		x	x			x	x	x			x	x		x
<i>Tabellaria flocculosa</i>	x	x	x		x	x	x				x			
<i>Tabularia fasciculata</i>							x							
<i>Thalassiosira lacustris</i>			x						x	x		x	x	
<i>Thalassiosira weissflogii</i>	x			x					x	x				
<i>unb. pennate Diatomee</i>			x						x	x	x			
<i>unb. zentrale Diatomee</i>	x	x	x	x	x	x	x		x	x	x	x	x	
BICOSOECOPHYCEA (HNF)														
<i>Bicosoeca sp.</i>			x											
CHLORODENDROPHYCEAE														
<i>Scherffelia sp.</i>					x									
CHLOROPHYCEAE														
<i>Actinastrum hantzschii</i>							x	x	x	x		x	x	x
<i>Ankistrodesmus falcatus</i>									x	x				
<i>Ankyra judayi</i>				x					x	x				
<i>Ankyra lanceolata</i>						x								
<i>Ankyra sp.</i>									x	x				
<i>Carteria sp.</i>			x	x					x	x				
<i>Characium sp.</i>											x			
<i>Chlamydocapsa sp.</i>				x										
<i>Chlamydomonas sp.</i>	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
<i>Chlorogonium sp.</i>				x										
<i>Coelastrum astroideum</i>				x		x	x					x	x	
<i>Coelastrum microporum</i>	x	x	x	x	x			x	x	x	x	x	x	x
<i>Coelastrum polychordum</i>											x			
<i>Coelastrum reticulatum</i>				x			x				x		x	
<i>Coelastrum sp.</i>								x						
<i>Crucigenia fenestrata</i>									x	x				
<i>Crucigenia tetrapedia</i>	x	x		x							x	x	x	
<i>Crucigeniella apiculata</i>	x													
<i>Crucigeniella crucifera</i>				x										
<i>Crucigeniella pulchra</i>							x							
<i>Crucigeniella rectangularis</i>												x	x	
<i>Crucigenia sp.</i>										x				x
<i>Dictyosphaerium pulchellum</i>											x			
<i>Dictyosphaerium sp.</i>	x	x	x	x					x			x	x	
<i>Didymocystis planctonica</i>												x		
<i>Elakatothrix genevensis</i>	x			x							x			

Taxa/Messstellen	ÖH	RE	WE	VO	KA	WO	MA	KO	BA	BI	AA	NE	MA	MO
<i>Elakatothrix sp.</i>								x	x					
<i>Eudorina elegans</i>										x				
<i>Eudorina sp.</i>										x				
<i>Eutetramorus fottii</i>	x						x						x	
<i>Eutetramorus sp.</i>						x								
<i>Gonium sp.</i>								x		x				
<i>Golenkinia radiata</i>													x	
<i>Granulocystis helenae</i>												x		
<i>Kirchneriella aperta</i>											x			
<i>Kirchneriella cf. subcapitata</i>					x									
<i>Kirchneriella contorta</i>					x				x	x			x	
<i>Kirchneriella lunaris</i>									x	x				
<i>Kirchneriella obesa</i>					x									
<i>Kirchneriella sp.</i>	x	x	x					x	x	x				
<i>Lobomonas sp.</i>					x									
<i>Monoraphidium arcuatum</i>	x			x		x	x	x	x	x	x		x	x
<i>Monoraphidium contortum</i>	x			x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
<i>Monoraphidium griffithii</i>	x	x						x						x
<i>Monoraphidium komarkovae</i>						x	x					x		
<i>Monoraphidium tortile</i>		x											x	
<i>Monoraphidium sp.</i>									x	x				
<i>Neodesmus danubialis</i>									x	x				
<i>Nephrocytium sp.</i>										x				
<i>Pandorina morum</i>	x			x			x			x			x	x
<i>Pediastrum boryanum</i>	x	x	x	x		x	x					x	x	x
<i>Pediastrum boryanum var. longicorne</i>										x				
<i>Pediastrum duplex</i>		x					x		x	x		x	x	
<i>Pediastrum tetras</i>		x												
<i>Phacotus lendneri</i>				x							x			
<i>Phacotus lenticularis</i>								x						
<i>Planktonema lauterbornii</i>		x	x	x			x				x			
<i>Planktosphaeria gelatinosa</i>				x						x				
<i>Pseudodictyosphaerium (Dactylococcus) jurisii</i>				x								x	x	
<i>Pseudosphaerocystis lacustris</i>										x				
<i>Pteromonas sp.</i>														x
<i>Quadrichloris sp.</i>		x												
<i>Quadrigula pfitzeri</i>												x		
<i>Scenedesmus acuminatus</i>		x							x	x		x	x	
<i>Scenedesmus acutus</i>						x						x		
<i>Scenedesmus armatus</i>		x		x	x						x	x	x	
<i>Scenedesmus arthrodesmiformis</i>				x										
<i>Scenedesmus bicaudatus</i>		x	x											
<i>Scenedesmus costato-granulatus</i>				x					x	x		x		
<i>Scenedesmus dimorphus</i>				x			x	x				x		x
<i>Scenedesmus dispar</i>				x										
<i>Scenedesmus falcatus</i>								x						x
<i>Scenedesmus grahneisii</i>		x												
<i>Scenedesmus intermedius</i>													x	
<i>Scenedesmus lefevrii</i>											x			
<i>Scenedesmus linearis</i>				x						x				
<i>Scenedesmus longispina</i>						x								

Taxa/Messstellen	ÖH	RE	WE	VO	KA	WO	MA	KO	BA	BI	AA	NE	MA	MO
<i>Scenedesmus magnus</i>													x	
<i>Scenedesmus nanus</i>			x											
<i>Scenedesmus opoliensis</i>						x	x	x				x	x	x
<i>Scenedesmus quadricauda</i>			x	x		x	x	x				x		x
<i>Scenedesmus sempervirens</i>				x				x	x	x		x	x	x
<i>Scenedesmus smithii</i>													x	
<i>Scenedesmus tenuispina</i>								x						x
<i>Scenedesmus sp.</i>					x	x	x	x	x	x	x			x
<i>Schroederia setigera</i>				x		x					x	x	x	
<i>Schroederia/ Pseudoschroederia sp.</i>								x						x
<i>Scourfieldia cordiformis</i>										x				
<i>Spermatozopsis exultans</i>									x	x		x	x	
<i>Sphaerocystis schroeteri</i>									x					
<i>Sphaerocystis sp.</i>									x	x				
<i>Tetraedron caudatum</i>								x				x	x	x
<i>Tetraedron minimum</i>	x		x	x						x	x	x	x	x
<i>Tetraedron triangulare</i>		x					x					x		
<i>Tetrastrum glabrum</i>									x	x				
<i>Tetrastrum staurogeniaeforme</i>			x						x	x		x	x	x
<i>Tetrastrum triangulare</i>			x								x			
<i>Tetrastrum sp.</i>								x	x					
<i>Treubaria schmidlei</i>				x										
<i>Treubaria cf. planktonica</i>													x	
<i>Willea irregularis</i>									x					
<i>Willea sp.</i>								x						
unb. Chlorococcale										x	x			
unb. Chlorophyceae									x	x				
unb. Volvocale	x		x								x			
CHOANOFLLAGELLATEA														
<i>Codosiga botrytis</i>			x											
<i>Salpingoeca gracilis</i>	x	x												
CHRYSOPHYCEAE														
<i>Bitrichia chodatii</i>	x		x								x			
<i>Chromulina sp.</i>	x				x						x			
<i>Chrysamoeba sp.</i>	x													
<i>Chrysococcus biporus</i>									x	x			x	
<i>Chrysococcus diaphanus</i>									x	x				
<i>Chrysococcus minutus</i>			x	x	x	x	x		x	x		x	x	
<i>Chrysococcus rufescens</i>						x	x							
<i>Chrysococcus rufescens f. tripora</i>									x	x				
<i>Chrysococcus sp.</i>									x	x	x			
<i>Chrysoflagellaten</i>									x	x				
<i>Chrysolykos planctonicus</i>	x	x										x		
<i>Dinobryon bavaricum</i>			x	x							x			
<i>Dinobryon crenulatum</i>	x		x	x							x			
<i>Dinobryon cylindricum</i>	x		x								x			
<i>Dinobryon divergens</i>	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x			x
<i>Dinobryon petiolatum</i>	x			x										
<i>Dinobryon sertularia</i>		x												
<i>Dinobryon sociale</i>	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x			x	x
<i>Dinobryon sociale var. stipitatum</i>	x	x												

Taxa/Messstellen	ÖH	RE	WE	VO	KA	WO	MA	KO	BA	BI	AA	NE	MA	MO
<i>Dinobryon sociale</i> var. <i>americana</i>		x	x								x			
<i>Erkenia subaequiciliata</i>				x					x	x	x			
<i>Kephyrion</i> cf. <i>petasatum</i>	x													
<i>Kephyrion</i> cf. <i>spirale</i>											x			
<i>Kephyrion francevii</i>				x										
<i>Kephyrion littorale</i>	x	x			x								x	
<i>Kephyrion ovale</i>				x										
<i>Kephyrion planctonicum</i>					x									
<i>Kephyrion</i> sp.					x			x	x	x				x
<i>Ochromonas</i> sp.	x	x	x	x	x				x	x	x	x	x	
<i>Pseudokephyrion circumvallatum</i>					x									
<i>Pseudokephyrion entzii</i>	x	x	x		x						x			
<i>Pseudokephyrion ovum</i>						x								
<i>Pseudokephyrion pseudospirale</i>	x		x		x									
<i>Pseudokephyrion</i> sp.					x	x	x	x	x	x				x
<i>Uroglena</i> sp.	x	x	x											
unb. Chrysophyceae						x			x	x				
<i>Chrysophyceencyste</i>		x	x	x	x						x	x		
CRYPTOPHYCEAE														
<i>Cryptomonas erosa/ovata</i>	x	x	x	x	x						x	x	x	
<i>Cryptomonas marssonii</i>	x	x	x	x	x							x	x	
<i>Cryptomonas reflexa</i>												x		
<i>Cryptomonas rostratiformis</i>											x			
<i>Cryptomonas</i> sp.	x		x			x	x	x	x	x	x			x
<i>Rhodomonas lacustris</i>				x	x	x	x					x	x	
<i>Rhodomonas lacustris</i> var. <i>lacustris</i>	x	x	x	x	x				x	x	x	x	x	
<i>Rhodomonas lacustris</i> var. <i>nannoplanctica</i>		x			x				x	x				
<i>Rhodomonas lens</i>	x	x	x	x	x	x	x		x	x	x	x	x	
<i>Rhodomonas</i> sp.								x						x
unb. Cryptophyceae		x												
CYANOPHYCEAE														
<i>Anabaena bergii</i>	x	x												
<i>Anabaena circinalis</i>									x					
<i>Anabaena flos-aquae</i>	x						x			x	x			
<i>Anabaena lemmermannii</i>	x	x												
<i>Anabaena sigmaidea</i>											x			
<i>Anabaena viguieri</i>											x			
<i>Anabaena</i> sp.							x						x	
<i>Aphanizomenon flos-aquae</i>			x						x	x	x			
<i>Aphanizomenon gracile</i>				x			x	x				x		
<i>Aphanocapsa delicatissima</i>				x										
<i>Aphanocapsa</i> sp.									x	x	x			
<i>Aphanothece clathrata</i>										x		x		
<i>Aphanothece minutissima</i>												x		
<i>Aphanothece</i> sp.									x	x				
<i>Chroococcus minutus</i>			x		x								x	
<i>Chroococcus turgidus</i>									x					
<i>Chroococcus</i> sp.			x											
<i>Cyanodiction filliforme</i>					x									
<i>Geitlerinema</i> sp.						x								
<i>Gloeocapsa</i> sp.											x			

Taxa/Messstellen	ÖH	RE	WE	VO	KA	WO	MA	KO	BA	BI	AA	NE	MA	MO
<i>Gloeocapsopsis</i> sp.											x			
<i>Komvophoron constrictum</i>						x								
<i>Leptolyngbya</i> sp.											x			
<i>Limnothrix obliqueacuminata</i>						x								
<i>Limnothrix planctonica</i>									x					
<i>Limnothrix redekei</i>									x	x				
<i>Limnothrix</i> sp.						x								
<i>Lyngbya</i> sp.								x						
<i>Microcystis aeruginosa</i>			x											
<i>Microcystis wesenbergii</i>		x				x								
<i>Microcystis</i> sp.														x
<i>Nodularia</i> sp.	x													
<i>Oscillatoria agardhii</i>								x						x
<i>Oscillatoria limnetica</i>								x						x
<i>Oscillatoria limosa</i>			x	x			x				x	x		
<i>Oscillatoria tenuis</i>				x										
<i>Oscillatoria</i> sp.						x								
<i>Phormidium</i> sp.		x									x			
<i>Planktothrix agardhii</i>	x	x	x	x	x	x	x		x	x		x	x	
<i>Planktothrix clathrata</i>				x										
<i>Planktothrix compressa</i>												x		
<i>Planktothrix isothrix</i>				x										
<i>Planktothrix rubescens</i>		x	x								x			
<i>Pseudanabaena catenata</i>				x		x	x				x			
<i>Pseudanabaena limnetica</i>	x	x	x			x	x		x	x	x			
<i>Pseudanabaena</i> sp.						x	x		x	x				
<i>Romeria</i> sp.										x				
<i>Snowella lacustris</i>													x	
<i>Snowella</i> sp.										x				
<i>Synechocystis aquatilis</i>			x											
<i>Synechocystis</i> sp.											x			
<i>Woronichinia elorantae</i>				x										
<i>Woronichinia</i> sp.							x							
unb. Chroococcales									x					
unb. Cyanobacteria									x	x				
unb. Oscillatoriales									x	x				
DESMIDIACEAE														
<i>Cosmarium bioculatum</i>	x	x			x									
<i>Cosmarium depressum</i>	x	x	x											
<i>Cosmarium depressum</i> var. <i>planctonicum</i>				x							x			
<i>Cosmarium laeve</i>			x											
<i>Cosmarium obtusatum</i>		x												
<i>Cosmarium subcostatum</i>			x											
<i>Cosmarium</i> sp.								x			x			
<i>Cosmarium Zygospora</i>											x			
DICTYOCOPHYCEAE														
<i>Pseudopedinella erkensis</i>	x	x	x				x		x	x	x			
DINOPHYCEAE														
<i>Ceratium hirundinella</i>	x	x	x	x		x	x	x			x			
<i>Gymnodinium helveticum</i>	x	x	x	x			x				x			
<i>Gymnodinium lantzschii</i>	x	x	x		x								x	

Taxa/Messstellen	ÖH	RE	WE	VO	KA	WO	MA	KO	BA	BI	AA	NE	MA	MO
<i>Gymnodinium uberrimum</i>	x		x		x									
<i>Gymnodinium sp.</i>	x			x	x	x	x		x	x	x			
<i>Peridinium umbonatum</i>	x		x			x					x			
<i>Peridinium willei</i>											x			
<i>Peridinium sp.</i>		x	x	x	x	x	x	x			x		x	x
EUGLENIDA														
<i>Colacium sp.</i>				x										
<i>Euglena sp.</i>					x			x			x	x	x	x
<i>Phacus sp.</i>						x			x	x				
<i>Trachelomonas volvocinopsis</i>						x								
<i>Trachelomonas sp.</i>							x		x	x				
KATABLEPHARIDACEAE														
<i>Katablepharis ovalis</i>	x	x	x	x	x							x	x	
<i>Katablepharis sp.</i>									x	x				
KLEBSORMIDIOPHYCEAE														
<i>Koliella longiseta</i>					x						x			
PRYMNESIOPHYCEAE														
<i>Chrysochromulina parva</i>	x	x	x		x	x	x		x	x				x
PRASINOPHYCEAE														
<i>Nephroselmis sp.</i>											x			
<i>Pyramimonas inconstans</i>												x		
<i>Pyramimonas sp.</i>			x		x						x			
<i>Tetraselmis cordiformis</i>									x	x				
<i>Tetraselmis sp.</i>									x					
STAMENOPILE														
<i>Mallomonas akrokomos</i>				x					x			x	x	
<i>Mallomonas caudata</i>											x		x	
<i>Mallomonas sp.</i>	x	x	x	x		x		x	x	x	x		x	
SYNUROPHYCEAE														
<i>Synura sp.</i>	x		x	x	x		x	x		x	x			x
TREBOUXIOPHYCEAE														
<i>Chlorella sp.</i>								x						
<i>Coenocystis planctonica</i>							x							
<i>Gloeotila pelagica</i>					x									
<i>Lagerheimia balatonica</i>													x	
<i>Lagerheimia genevensis</i>								x						x
<i>Lagerheimia ciliata</i>							x					x		
<i>Lagerheimia genevensis</i>			x						x	x	x	x		
<i>Nephrochlamys subsolitaria</i>											x	x	x	
<i>Oocystis marssonii</i>									x	x				
<i>Oocystis sp.</i>	x	x	x	x	x		x	x			x	x	x	x
<i>Siderocelis kolkwitzii</i>				x								x		
<i>Tetrachlorella ornata</i>													x	
ULOTRICHACEAE														
<i>Ulothrix sp.</i>		x	x		x	x	x				x			
ULVOPHYCEAE														
diverse Ulotrichales											x			
XANTHOPHYCEAE														
<i>Goniochloris pulchra</i>												x		
<i>Tetraedriella sp.</i>		x												
<i>Tribonema sp.</i>								x						

Taxa/Messstellen	ÖH	RE	WE	VO	KA	WO	MA	KO	BA	BI	AA	NE	MA	MO
ZYGNEMOPHYCEAE														
<i>Closteriopsis acicularis</i>												x		x
<i>Closterium aciculare</i>		x												
<i>Closterium acutum</i>											x			
<i>Closterium acutum var. linea</i>			x										x	
<i>Closterium acutum var. variabile</i>	x	x	x								x			
<i>Closterium gracile</i>						x	x							
<i>Closterium leibleinii</i>				x										
<i>Closterium limneticum</i>			x										x	
<i>Closterium parvulum</i>			x											
<i>Closterium sp.</i>						x		x		x	x			
<i>Mougeotia sp.</i>						x	x				x	x		
<i>Staurastrum cingulum</i>											x			

ÖH = Öhningen, Rhein-km 23

RE = Reckingen, Rhein-km 90

WE = Weil, Rhein km-173

VO = Vogelgrün, Rhein-km 224

KA = Karlsruhe, Rhein-km 359

WO = Worms, Rhein-km 443

MA = Mainz, Rhein-km 499

KO = Koblenz, Rhein-km 590

BA = Bad Honnef, Rhein-km 640

BI = Bimmen, Rhein-km 865

AA = Aare, Mündung bei Rhein-km 102

NE = Neckar, Mündung bei Rhein-km 428

MA = Main, Mündung bei Rhein-km 497

MO = Mosel, Mündung bei Rhein-km 592