



Rhein-Messprogramm Biologie 2006/2007

Teil II-A

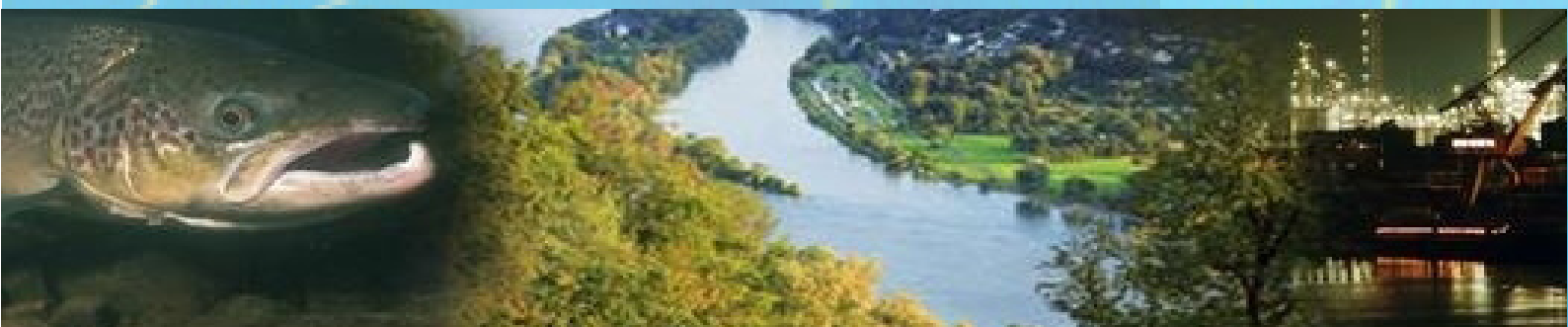
Das Phytoplankton im Rhein (2006-2007)

Internationale
Kommission zum
Schutz des Rheins

Commission
Internationale
pour la Protection
du Rhin

Internationale
Commissie ter
Bescherming
van de Rijn

Bericht Nr. 169



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

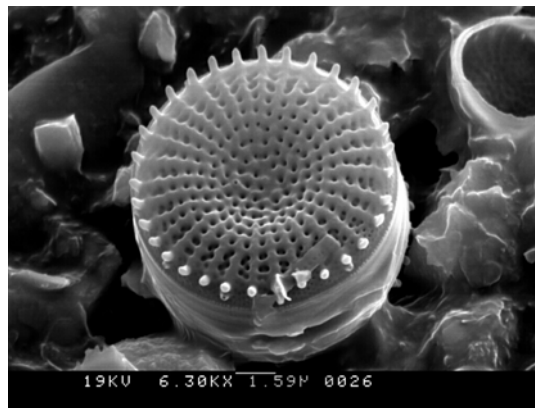
ISBN 3-935324-84-7

© IKSr-CIPR-ICBR 2009

Rhein-Messprogramm Biologie 2006/2007, Teil II-A

Das Phytoplankton im Rhein (2006-2007)

Bearbeitung: Dr. Karl-Heinz Christmann



Zusammenfassung	3
1. Einleitung	4
2. Methoden	4
2.1 Untersuchungsumfang	4
2.2 Methodik	4
3. Ergebnisse der Überwachung	5
3.1 Abfluss	5
3.2 Nährstoffe	6
3.3 Phytoplankton	8
3.4 Zooplankton	12
3.5 Vergleich der Befunde mit früheren Untersuchungen	14
4. Bewertung	16
5. Literatur	19
Anhang: Anteil einzelner Algengruppen am Biovolumen (ausgewählte Stationen)	20

Zusammenfassung

Der Phytoplanktonbestand des Rheins vom Bodensee bis zum Deltagebiet wurde 2006/07 im Rahmen des Programms „Rhein 2020“ untersucht. Das Monitoringprogramm war so konzipiert, dass es auch den Anforderungen der EG-Wasserrahmenrichtlinie genüge, den ökologischen Zustand des Rheins anhand des Phytoplanktons (und anderer Biokomponenten) zu bewerten.

Den weitaus größten Anteil an der Planktonbiomasse – örtlich > 90% - bilden centrische Diatomeen; weitere wichtige Algengruppen sind Cryptomonaden und Chlorophyceen.

Andere Gruppen sind nur temporär oder örtlich von Bedeutung. Auch das Zooplankton, das am Mittel- und Niederrhein untersucht worden ist, nimmt rheinabwärts zu.

Quantitativ spielen Protozoen und Rotatorien, zeitweise auch freischwimmende Muschellarven, eine wichtige Rolle. Crustaceen sind nur von untergeordneter Bedeutung, ihr grazing-Einfluss auf das Phytoplankton wird als gering angesehen und überwiegend von den großen Muschelbeständen ausgeübt.

Im Vergleich zur Untersuchung vor sechs Jahren bleibt bei nur noch leicht zurückgehenden Nährstoffgehalten die Produktion des Phytoplanktons im gesamten Rheinhauptstrom annähernd auf gleichem Niveau.

Der Zustand des Planktons im Bodensee wird im Ober- und Untersee – nach jetzigem Kenntnisstand - als gut bewertet.

Der Hochrhein ist bei Öhningen als „gut“ zu bewerten; er wird hier noch stark vom Plankton des Bodensees bestimmt. Im flussabwärts gelegenen Reckingen hat er einen „sehr guten“ ökologischen Zustand. Auch der obere Abschnitt des Oberrheins ist zwischen Weil und Karlsruhe „sehr gut“. Der untere Oberrhein sowie der Mittelrhein sind anhand des Phytoplanktons als „gut“ einzustufen, der untere Niederrhein an der deutsch-niederländischen Grenze als „mäßig“. Dieser Längsgradient der Qualität spiegelt die rheinabwärts zunehmende Nährstoffkonzentration wider. Am Niederrhein begünstigt zusätzlich die bei abnehmender Strömungsgeschwindigkeit längere Wasseraufenthaltszeit die Phytoplanktonentwicklung, die schon im Mittelrhein deutlich zunimmt und bei Kleve ihren Höhepunkt erreicht. Im Deltarhein ähneln die Chlorophyll-a-Werte im IJsselmeer denen im Niederrhein, während im Mündungsbereich bei Maassluis niedrigere Werte gemessen wurden. An der Küste und im Wattenmeer schwankt die Chlorophyll-a-Konzentration erheblich von einem Untersuchungsjahr zum anderen (sehr guter bis unbefriedigender Zustand).

1. Einleitung

Die Untersuchung der biologischen Komponente „Phytoplankton“ verfolgt folgende Ziele:

- Qualitative und quantitative Bestandsaufnahme im Rhein vom Bodensee bis zur Nordsee
- Veränderung des Phytoplanktonbestandes auf der Fließstrecke
- Jahreszeitliche Veränderungen
- Zusammensetzung des Phytoplanktons
- Vergleich der Befunde mit früheren Untersuchungen
- Bewertung des ökologischen Zustandes gemäß EG-WRRL anhand des Phytoplanktons

Zur besseren Interpretation der Phytoplanktondaten wurde am Mittel- und Niederrhein auch das Zooplankton erfasst.

2. Methoden

2.1 Untersuchungsumfang

Im Rahmen des „Rhein-Messprogramms Biologie 2006/2007“ der IKSR wird der Rheinstrom vom Unterseeablauf des Bodensees (Hochrhein) bis zum Deltarhein in den Niederlanden untersucht. Auch die Mündungsbereiche großer Nebenflüsse (Main, Nahe, Lahn und Mosel) sind in das Programm einbezogen worden, um deren Einfluss auf die Planktonentwicklung des Rheinstroms zu berücksichtigen. Eine Bewertung des Bodensees wurde von der Bodenseekommission durchgeführt. In den Niederlanden erfolgt die Phytoplanktonbeurteilung nach WRRL nur in Stillgewässern sowie in Küsten- und Übergangsgewässern. Für Fließgewässer wurden lediglich Ergebnisse der Chlorophyllmessungen und Nährstoffdaten aus 2007 für einige Messstellen übermittelt.

Probenahmestellen und Zuständigkeiten sind in Teil I, Kap. 2 aufgelistet.

Diesem Bericht liegen die Befunde aus 2006 zugrunde. Soweit von einigen Messstellen Ergebnisse aus 2007 verfügbar sind, werden auch diese berücksichtigt.

Die Phytoplanktonuntersuchung umfasst in der „Vegetationsperiode“ zwischen April und Oktober folgende Messungen und Erhebungen:

- Chlorophyll a-Konzentration (mind. 14tägliche Messungen)
- Analyse der Phytoplanktonzusammensetzung (Bestimmung der Taxa, ihrer Zellzahl, Berechnung des Zellvolumens), i. d. R. monatlich
- Berechnung des Gesamtbiovolumens des Phytoplanktons
- Begleitend die Erfassung abiotischer Kenngrößen wie Abfluss, Gesamt-Phosphat-P- und Siliziumkonzentration
- an den Messstellen Koblenz, Bad Honnef und Kleve-Bimmen zusätzlich Erfassung des Zooplanktons.

2.2 Methodik

Die Methodik der Probenahme und Zählung des Phytoplanktons nach EG-WRRL ist ausführlich in MISCHKE & BEHRENDT (2007) beschrieben.

Die Entnahmetiefe der Wasserproben lag bei 0,5 m. Für die Bestimmung des Phytoplanktons und des Chlorophylls dienten jeweils Teilproben aus der gleichen Schöpfprobe.

Im einzelnen wurden folgende Bestimmungen ausgeführt:

- Chlorophyll a
- Taxonomische Zuordnung des Phytoplanktons gemäß „Harmonisierter Taxaliste“
- Zellzahl des Phytoplanktons
- Biovolumen der Taxa sowie Gesamtbiovolumen
- Gesamt-P-Konzentration
- Gelöstes Silikat
- Erfassung des Zooplanktons nach Art und Zahl (Mittel- und Niederrhein, Moselmündung; Netzmaschenweite 55 µm)
- Zusätzlich Zooplanktonbiomasse (nur Koblenz)

Die taxonomische (mikroskopische) Analyse des Phytoplanktons erfolgte nach dem UTERMÖHL-Verfahren durch Diametralzählung der in Utermöhl-Kammern sedimentierten Algen an einem inversen Mikroskop. Die Zählstrategie ist in MISCHKE & BEHRENDT (2007) beschrieben. 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 EU-Wasserrahmenrichtlinie" (VAN SPLUNDER et al. 2006). Küsten- und Übergangsgewässer werden in der 1-Meilen-Zone auf den ersten Punkten einer Reihe von Transekten nach der OSPAR-Methode beprobt (7 Mal zwischen März und September).

3. Ergebnisse der Überwachung

3.1 Abfluss

Die Entwicklung des Planktons hängt wesentlich von der Aufenthaltszeit des Wassers im entsprechenden Flussabschnitt ab. Daher wird im Folgenden kurz auf die Abflusssituation eingegangen.

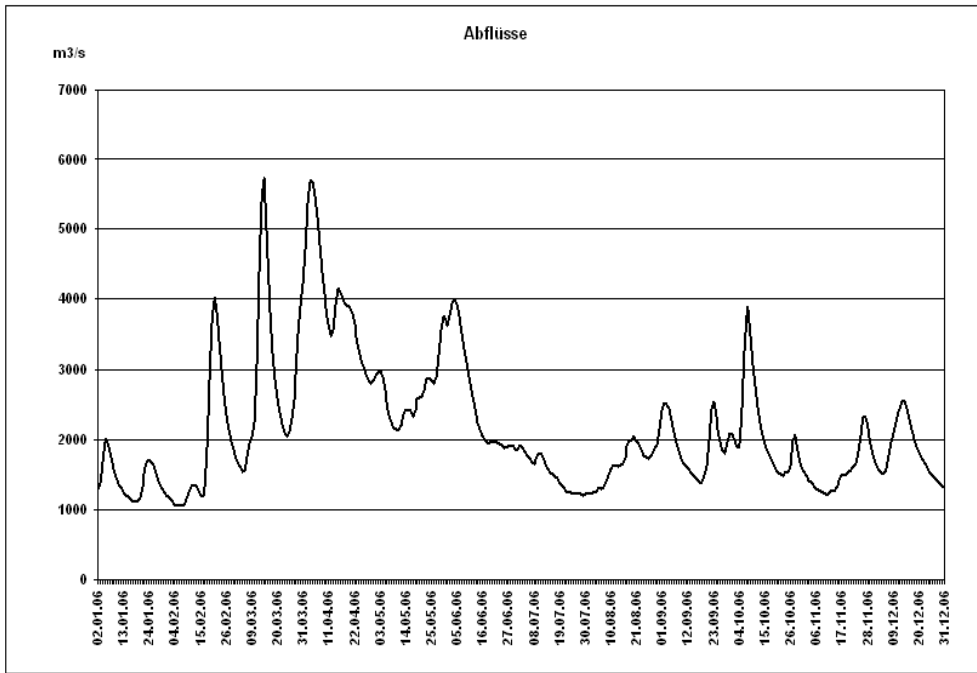
Das Abflussgeschehen am Oberrhein wird maßgebend von den Niederschlagsereignissen und der Schneeschmelze in den Alpen, im Schwarzwald und den Vogesen bestimmt. Die Abflussspitzen treten gewöhnlich zwischen April und Juni auf. Rheinabwärts gewinnt die Wasserspende durch die Zuflüsse an Bedeutung, die Abflussmaxima verschieben sich i. d. R. zum zeitigen Frühjahr hin.

Abb. 2 zeigt die Abflusskurven des Pegels Rees am Niederrhein für die Jahre 2006 und 2007. In den ersten beiden Monaten des Jahres 2006 lag der Abfluss nahe dem mittleren Niedrigwasserabfluss (MNQ) von 1050 m³/s, der jedoch in beiden Jahren nie unterschritten wurde. Im Zeitabschnitt von Ende Februar bis Ende April traten mehrere Abflussspitzen auf. Die beiden Jahresmaxima überschritten deutlich die MHQ-Marke von 4200 m³/s und erreichten Höchstwerte von fast 6000 m³/s. Weitere erhöhte Abflüsse waren in den Monaten Juni und Oktober zu verzeichnen. Der mittlere Jahresabfluss (2090 m³/s) war deutlich niedriger als im Folgejahr.

2007 war stärker von höheren Abflüssen geprägt. Der mittlere Hochwasserabfluss (MHQ) wurde von Januar bis März mehrfach überschritten, weitere Überschreitungen traten im August und Dezember auf. Der mittlere Jahresabfluss betrug 2350 m³/s.

Pegel: 2790010 / Rees / Rhein
Jahr: 2006

26.09.08



Pegel: 2790010 / Rees / Rhein
Jahr: 2007

26.09.08

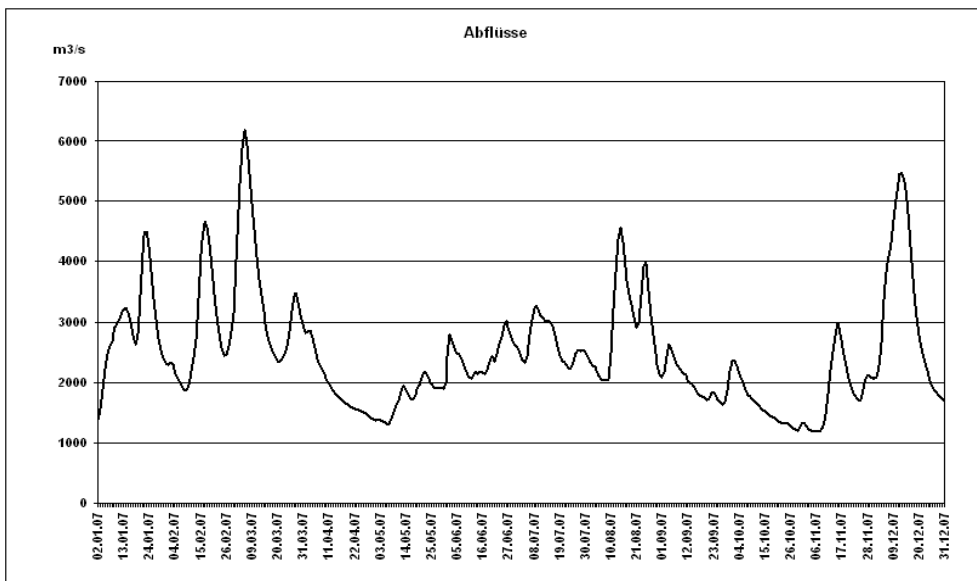


Abb 1: Abflüsse (m³/s) am Pegel Rees/Niederrhein in den Jahren 2006 und 2007

3.2 Nährstoffe

An fast allen Stationen erfasst wurden die Pflanzennährstoffe Phosphor und gelöste Kieselsäure (SiO₂-Si). Stickstoffverbindungen wurden im Messprogramm nicht mehr

berücksichtigt, weil sie für die Eutrophierung der Binnengewässer von untergeordneter Bedeutung und nicht zur Interpretation der Planktonbefunde geeignet sind.

Die Konzentration von Gesamt-PO₄-P im Saisonmittel zeigt eine stetige Zunahme vom Bodensee (< 10 µg/l an der Messstelle Öhningen) bis zum Niederrhein (> 150 µg/l an der Messstelle Kleve-Bimmen, Abb. 3). Lediglich in Bad Honnef liegen die Werte in beiden Jahren etwas niedriger als im stromaufwärts gelegenen Koblenz.

Eine Zunahme der Konzentration rheinabwärts ist auch bei gelöster Kieselsäure erkennbar, die im Saisonmittel von 0,9 mg/l in Öhningen auf 2,3 mg/l SiO₂-Si in Bimmen ansteigt. Die Konzentrationsminima fallen häufig in die Zeit höchster Diatomeenentwicklung, jedoch wird Kieselsäure auch bei starker Kieselalgenentwicklung nicht aufgezehrt.

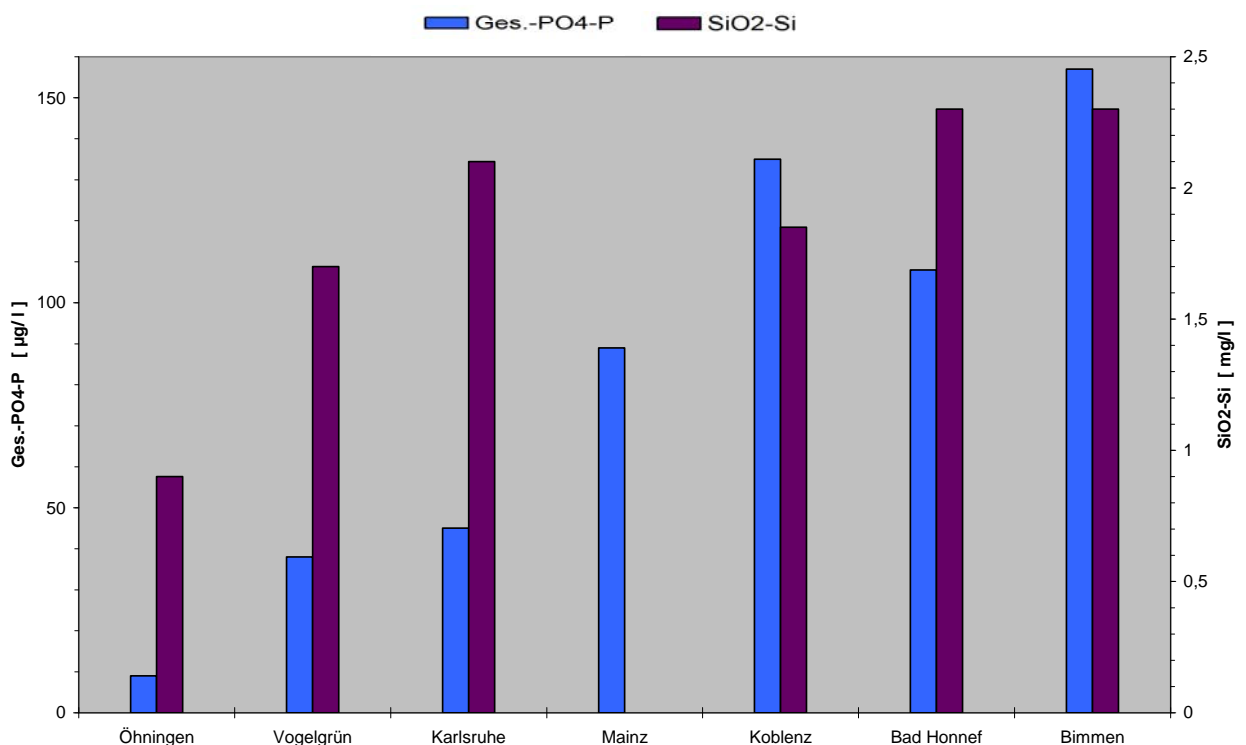


Abb. 2: Saisonmittel (April – Oktober 2006) der Gesamtphosphat-P- und Siliziumkonzentrationen ausgewählter Messstellen

Die mittlere Phosphorkonzentration ist in einigen größeren Nebenflüssen deutlich höher als im Rhein und überschreitet den Orientierungswert von 150 µg/l. Die Saisonmittelwerte von Silizium liegen in den Nebenflüssen, in denen sie gemessen wurden, höher als im Mittelrhein (Tab.1) und zumeist in der gleichen Größenordnung wie am Niederrhein.

Tab. 1: Saisonmittelwerte (April bis Oktober 2006) ausgewählter Kenngrößen an den Mündungen der Nebenflüsse und am Mittelrhein

Messstelle	Ges.-PO ₄ -P (µg/l)	SiO ₂ -Si (mg/l)	Gesamtpigment (µg/l)
Rhein in Koblenz	134	1,85	7,45
Main	213 (2007)		7,9 (2007)
Nahe	256		14,4
Lahn	221		18,8
Mosel	226	2,6	18,1
Sieg	105	2,7	10,6
Wupper	121	2,0	10
Ruhr	97	2,3	5,5
Lippe	176	3,9	8,8

3.3 Phytoplankton

3.3.1 Chlorophyll und Gesamtbiovolumen

Die Chlorophyll a-Konzentration dient als Maß für die Biomasse des Phytoplanktons. Im Auswerteverfahren nach MISCHKE & BEHRENDT (2007) zur Beurteilung des ökologischen Zustandes gemäß WRRL werden sog. Gesamtpigmente zur Berechnung des Gesamtindex verwendet. Sie entsprechen dem „unkorrigierten“ Chlorophyll, d.h. der Chlorophyll a-Konzentration ohne Abzug des Phaeopigmentanteils. Diese Größe wird auch im Folgenden neben dem Gesamtbiovolumen zur Charakterisierung der Phytoplanktonentwicklung verwendet.

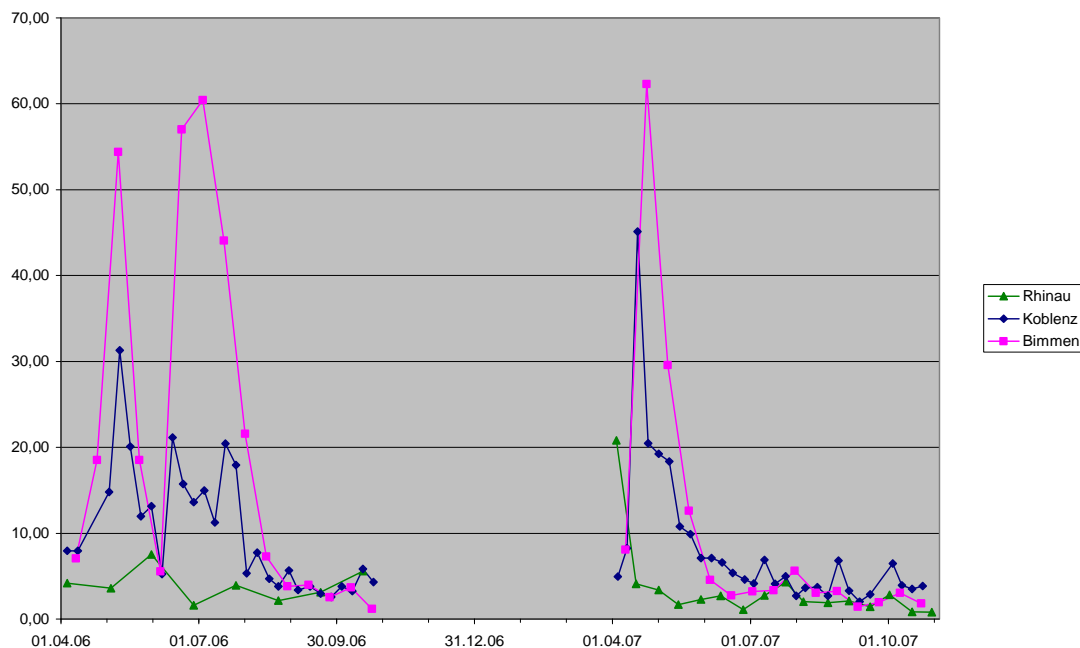


Abb 3: Saisonaler Verlauf der Konzentration des Gesamtpigmentes (µg/l) an den Messstellen Rhinau, Koblenz und Kleve-Bimmen (2006 und 2007)

3.3.2 Jahreszeitliche Veränderungen

Abb. 4 zeigt die saisonale Veränderung des Gesamtpigmentgehaltes an ausgewählten Messstellen vom Ober-, Mittel- und Niederrhein. Die stärksten Phytoplanktonentwicklungen liegen im betrachteten Zeitraum stets im ersten Halbjahr. Die größten Schwankungen treten an der Station Kleve-Bimmen auf, während sie am Oberrhein nur gering sind. Besonders 2006 fallen mehrere Biomassemaxima auf, die an der Station Kleve-Bimmen 50 µg/l überschreiten. Im Folgejahr ist dort nur Ende April ein

Phytoplanktonmaximum ausgeprägt. Wie aus der Darstellung hervorgeht, nimmt die Algenbiomasse auf der Fließstrecke deutlich zu.

Zur Darstellung der Phytoplanktonentwicklung innerhalb der gesamten untersuchten Rheinstrecke werden neben den Konzentrationen des Gesamtpigmentes die Gesamtvolumina der Algen verwendet. In Abb. 5 sind die Saisonmittelwerte des Gesamtpigmentes denen des Gesamtvolumens entlang der Fließstrecke gegenübergestellt.

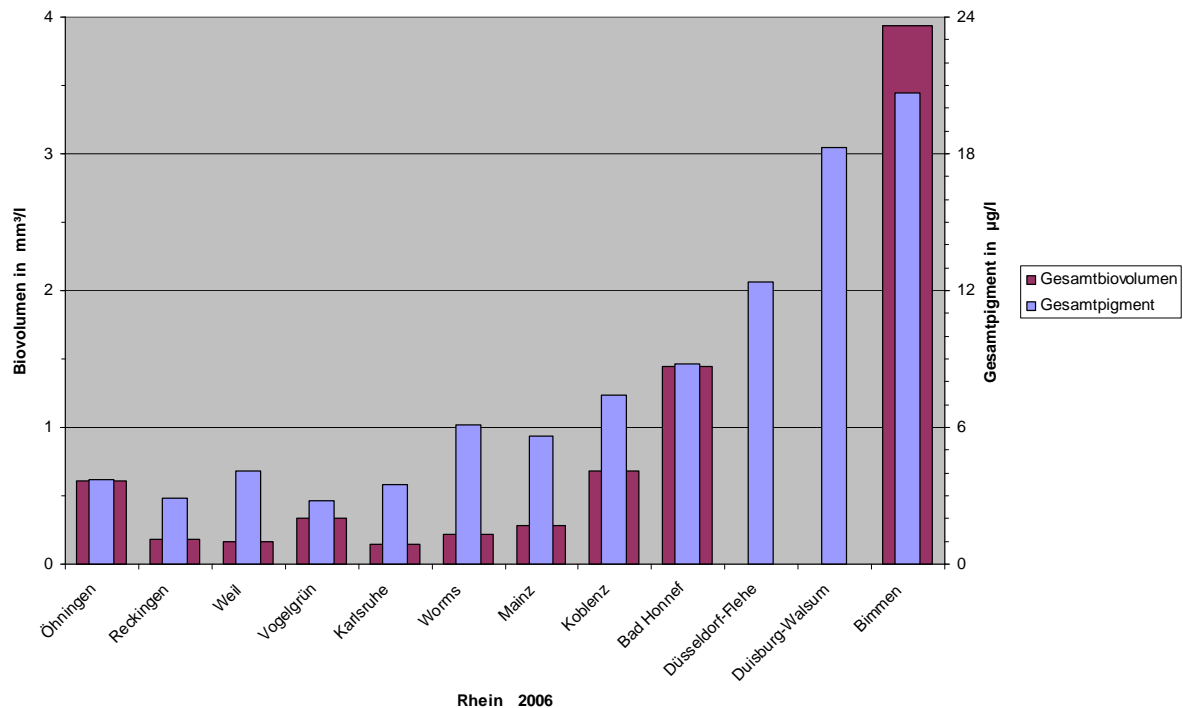


Abb. 4: Gesamtpigment und Gesamtbiovolumen des Phytoplanktons (Saisonmittel April bis Oktober 2006)

Beide Kenngrößen zeigen deutlich, dass die Algenentwicklung im Hochrhein und Oberrhein vergleichsweise gering ist mit Gesamtpigmentmittelwerten < 5 µg/l und Algenvolumen < 1 mm³/l. Mit stromabwärts zunehmenden Nährstoffkonzentrationen wächst auch das Eutrophierungspotenzial und äußert sich deutlich in einer verstärkten Phytoplanktonentwicklung. Eine auffällige Steigerung ist im Mittelrhein ab Koblenz zu verzeichnen. Die Zunahme setzt sich kontinuierlich bis zur deutsch-niederländischen Grenze bei Kleve-Bimmen fort. Auf der Strecke von Koblenz bis Kleve kann sich bei einer Fließdauer von etwa drei Tagen (bei mittleren Abflüssen) das vom Oberrhein und von den Nebenflüssen eingetragene Phytoplankton deutlich vermehren. Wie Abb. 4 zeigt, ist das Algenbiovolumen am unteren Niederrhein 2006 sechsfach höher als in Koblenz, gegenüber den Werten vom Oberrhein (z.B. Worms) ist es sogar um den Faktor 16 angewachsen. Im folgenden Jahr war die Algenvermehrung geringer. Eine deutliche Zunahme der Biomasse des Phytoplanktons im niederrheinischen Stromabschnitt haben FRIEDRICH & POHLMANN (2009) bereits in den Vorjahren festgestellt. Die vorliegenden Chlorophyllmessungen von Maassluis und Kampen von 2007 lassen darauf schließen, dass sich diese Entwicklung in den Niederlanden nicht fortsetzt, sondern die Phytoplanktondichte ungefähr auf dem am Niederrhein anzutreffenden Niveau bleibt. An den Mündungen der großen Nebenflüsse am Ober- und Mittelrhein ist die Phytoplanktonentwicklung im Saisonmittel meist höher als im entsprechenden Abschnitt des Rheinstromes Dies trifft auch für das Zooplankton in der Mosel in Koblenz zu.

3.3.3 Zusammensetzung des Phytoplanktons

Abb. 5 informiert über den Anteil wichtiger Algengruppen am Gesamtbiovolumen auf der Strecke vom Bodensee bis zum unteren Niederrhein. Im Saisonmittel sind – mit Ausnahme von Öhningen - an allen Messstellen die Bacillariophyceen (planktische Diatomeen, Kieselalgen) dominant. Den zweithöchsten Anteil am Gesamtbiovolumen haben zumeist die Cryptophyceen.

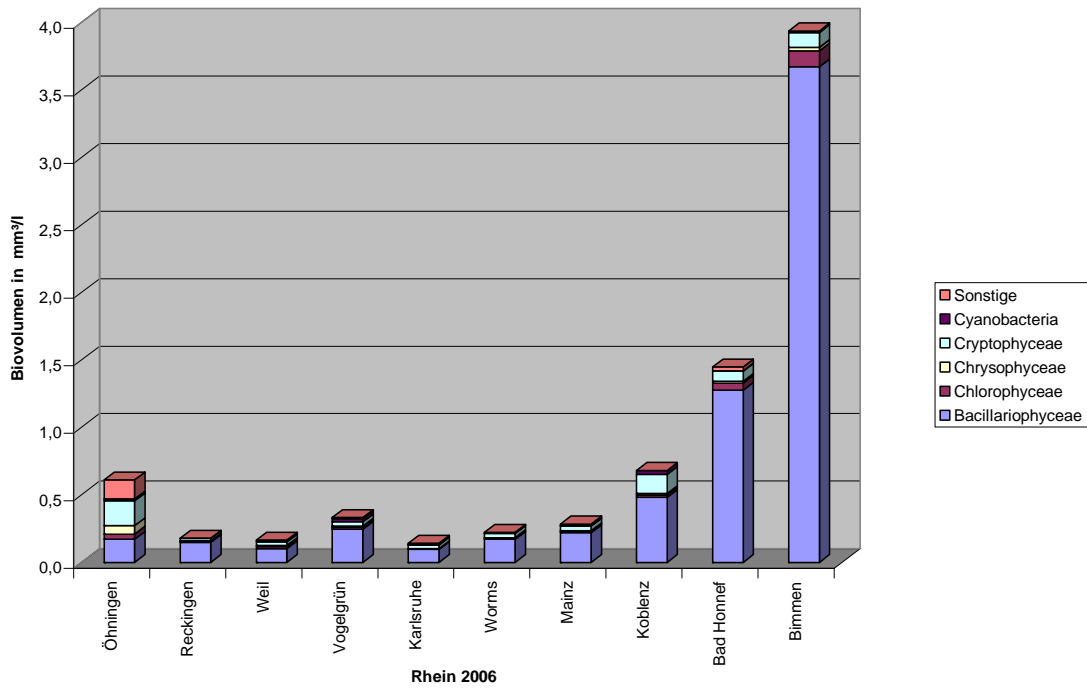


Abb. 5: Entwicklung des Gesamtbiovolumens des Phytoplanktons vom Hochrhein bis zum Niederrhein mit Anteilen wichtiger Algengruppen (Saisonmittel 2006)

Im Folgenden wird kurz auf die Phytoplanktonentwicklung (2006) in den einzelnen Rheinabschnitten eingegangen. Im **Anhang** sind Graphiken der einzelnen Messstellen zusammengestellt, aus denen der prozentuale Anteil der wichtigsten Algengruppen am Gesamtbiovolumen im Zeitraum April bis Oktober 2006 zu erkennen ist.

3.3.4 Hochrhein

Die Biomasse ist bei **Öhningen** etwa dreimal höher als in den flussabwärts gelegenen Messstellen des Hochrheins und des oberen Oberrheinabschnittes und stark vom Plankton des Bodensees beeinflusst. Auch die Algenzusammensetzung weicht an dieser Messstelle deutlich ab und wird neben Kieselalgen hauptsächlich von Cryptophyceen dominiert. Zeitweise zeigen auch andere Algengruppen einen hohen Anteil am Gesamtbiovolumen, so im September 2006 Cyanobakterien (*Anabaena lemmermannii* u. a., ca.20%), im Juli Dinophyceen (Peridineen, >40%) und Anfang Oktober Konjugatophyceen (bes. *Spirogyra* sp., fast 50%). Bereits in **Reckingen** ist das Gesamtbiovolumen erheblich geringer und auch die Algenzusammensetzung hat sich verändert. Hier wie an allen flussabwärts gelegenen Messstellen bilden im Saisonmittel die Kieselalgen den Hauptanteil der Phytoplanktonbiomasse. Andere Algengruppen sind nur in geringen Anteilen (meist <10%) vertreten.

3.3.5 Oberrhein

Im gesamten Oberrheinabschnitt ist die Phytoplanktonbiomasse noch relativ gering. Das Gesamtbiovolumen überschreitet an keiner Station 0,5 mm³/l. Deutlich dominant sind Bacillariophyceen, deren Anteil fast immer > 50% des Biovolumens ausmacht. Weitere wichtige Algengruppe sind Cryptophyceen und Chrysophyceen. **In Weil** treten

Cyanobacteria (*Planktothrix agardhii*) im Juni und November verstärkt auf, im August bilden Chlorophyceen (Chlorococcales, *Coelastrum asteroideum*, *Scenedesmus obliquus*) etwa ein Drittel der Phytoplanktonbiomasse. In **Breisach/Vogelgrün** bilden im September Bacillariophyceen (*Eunotia sp.*, *Diatoma vulgaris*, *Melosira varians*) einen Biovolumenanteil von 92%. Bereits einen Monat später hat sich die Algenzusammensetzung grundlegend geändert: nun prägen neben Kieselalgen auch Cyanobakterien (*Planktothrix*) und Cryptophyceen (*Rhodomonas lacustris*, *R. lens*) mit jeweils knapp 30% Volumenanteil das Plankton. In **Karlsruhe** treten neben Diatomeen und Cryptophyceen zeitweilig verstärkt Cyanobakterien (Mai 12%), Dinophyceen (August 17%, bes. *Ceratium hirundinella*) und Euglenophyceen (Juli 10%, *Trachelomonas sp.*) in Erscheinung. In **Worms** und **Mainz** ist das Phytoplanktonaufkommen weiterhin gering. Bei Dominanz von Kieselalgen überwiegen centrische Formen wie verschiedene *Cyclotella*-Arten und *Stephanodiscus minutulus*.

3.3.6 Mittelrhein

An der Messstelle **Koblenz**, noch vor der Einmündung der Mosel, hat sich 2006 das Gesamtbiovolumen gegenüber Mainz verdoppelt. Diatomeen bilden daran den Hauptanteil (>70% im Saisonmittel). Die Biomassemaxima werden im Wesentlichen von centrischen Diatomeen (*Skeletonema potamos*, *S. subsalsum*, *Melosira varians*, *Stephanodiscus hantzschii* u.a.) sowie *Diatoma vulgaris* und *Navicula sp.* gebildet. Zeitweise sind auch Chrysophyceen und *Cryptomonas* sowie verschiedene Chlorophyceen daran beteiligt. Der Anteil von Grünalgen wird im Sommer und Herbst etwas größer, bleibt aber unter 10%. In **Bad Honnef** beherrschen Kieselalgen mit einem Volumenanteil von 88% das Phytoplankton. Chlorophyceen werden häufiger, das Cryptophyceen-Biovolumen nimmt ab.

3.3.7 Niederrhein

Zwischen Bad Honnef und **Kleve-Bimmen** steigt das Gesamtbiovolumen 2006 von 1,44 auf 3,96 mm³/l im Saisonmittel an. Dies ist der höchste Zuwachs auf der gesamten untersuchten Rheinstrecke. Der Anteil der Kieselalgen beträgt in Bimmen 93%. Auch der Chlorophyceen-Anteil wird größer, beträgt aber im Mittel nur 3%, im Sommer um 10% am Gesamtbiovolumen. Stets dominant sind centrische Diatomeen, unter denen besonders *Skeletonema subsalsum*, *S. potamos*, *Stephanodiscus hantzschii*, *St. neoastraea* und *St. minutulus* sowie verschiedene *Cyclotella*-Arten hohe Biomassewerte bilden. Zeitweise entwickeln sich im Sommer auch Grünalgen (z.B. *Chlamydomonas sp.*, *Coelastrum microporum*) und Cryptophyceen in größerem Umfang. Das Artenspektrum im Niederrhein umfasst über 300 Taxa (Liste in FRIEDRICH & POHLMANN 2009).

3.3.8 Deltarhein

An den niederländischen Messstellen wurde in Fließgewässern kein Phytoplankton untersucht. Chlorophyllmessungen liegen aus 2007 vor. Die Gesamtpigmentgehalte sind im IJsselmeer in der gleichen Größenordnung wie am unteren Niederrhein, während im Mündungsbereich bei Maassluis niedrigere Werte gemessen werden.

3.3.9 Gesamtbetrachtung Rheinhauptstrom

Insgesamt betrachtet spielt die Komponente Phytoplankton erst ab dem Mittelrhein eine bedeutende Rolle. Wichtige Einflussgrößen für die Algenentwicklung sind neben dem Licht- und Nährstoffangebot und der stromabwärts abnehmenden Fließgeschwindigkeit die Temperatur- und Abflussbedingungen in der Vegetationsperiode sowie der grazing-Druck durch Prädatoren.

Dass die Phytoplanktonentwicklung in den einzelnen Jahren recht unterschiedlich verlaufen kann, verdeutlicht Abb. 3. Das Jahr 2006 war durch zwei deutliche

Phytoplanktonmaxima im Frühjahr und Sommer gekennzeichnet. Relativ hohe Wassertemperaturen und eine reduzierte Filtrationsleistung der Muscheln begünstigten die Algenentwicklung. Der grazing-Druck durch die in großer Zahl vorkommenden Körbchenmuscheln (*Corbicula fluminea*) auf das Phytoplankton war nach Absterben vieler Individuen im trocken gefallenem Uferbereich vermindert, möglicherweise auch durch die im Juli/August über zwei Wochen anhaltende Erwärmung des Niederrheins bis max. 27°C. VIERGUTZ et al. (2007) und WEITERE et al. (2008) wiesen in Laborversuchen nach, dass bei Temperaturen > 25°C die Filtrationsrate von *Corbicula* abnimmt und schließen diesen Effekt auch im Rhein selbst nicht aus.

Im Folgejahr war zwar ein sehr stark ausgeprägter Frühjahrsgipfel, aber kein Sommerpeak zu beobachten. Wahrscheinlich ist dieser wegen des in den Sommermonaten 2007 erhöhten Abflusses (Tab. 2) ausgefallen. Die Temperaturen im Niederrhein überschritten zu keinem Zeitpunkt 25°C.

In Tab. 2 sind die Saisonmittelwerte des Gesamtbiovolumens und Gesamtpigmentes der Messstellen Bad Honnef und Kleve-Bimmen den Abflusswerten der Messstellen Bonn und Rees gegenüber gestellt.

Tab. 2: Abfluss (Juli/August) und Biomasseparameter (Saisonmittel) im jährlichen Vergleich

Jahr	Messstelle	Mittlerer Abfluss (m ³ /s), Juli-August	Gesamtpigment (µg/l)	Gesamtbiovolumen (mm ³ /l)
2006	Bad Honnef		8,8	1,45
	Bonn	1429		
	Rees	1594		
	Kleve-Bimmen		20,7	3,94
2007	Bad Honnef		5,5	0,39
	Bonn	2489		
	Rees	2837		
	Kleve-Bimmen		10,9	1,09

3.4 Zooplankton

Abundanzwerte des Zooplanktons liegen von den Stationen Koblenz, Bad Honnef und Kleve-Bimmen vor, von Koblenz auch Biomassebestimmungen.

Abb. 7 zeigt den prozentualen Anteil der wichtigsten Gruppen, bezogen auf Individuenzahl und Trockengewicht. In beiden Jahren ist die Verteilung recht ähnlich. Den größten Anteil an der Gesamtbio masse haben die Rädertiere (Rotatoria), gefolgt von den Protozoen (erfasst wurden Wimperntiere und Schalenamöben). Freischwimmende Muschellarven sind biomassebezogen ebenfalls eine wichtige Gruppe, aber nur in geringer Individuendichte vertreten. Der Anteil von Kleinkrebsen (Cladoceren, Copepoden) ist nur verschwindend gering und wahrscheinlich ohne signifikanten Einfluss auf die Algendichte.

Rhein Koblenz

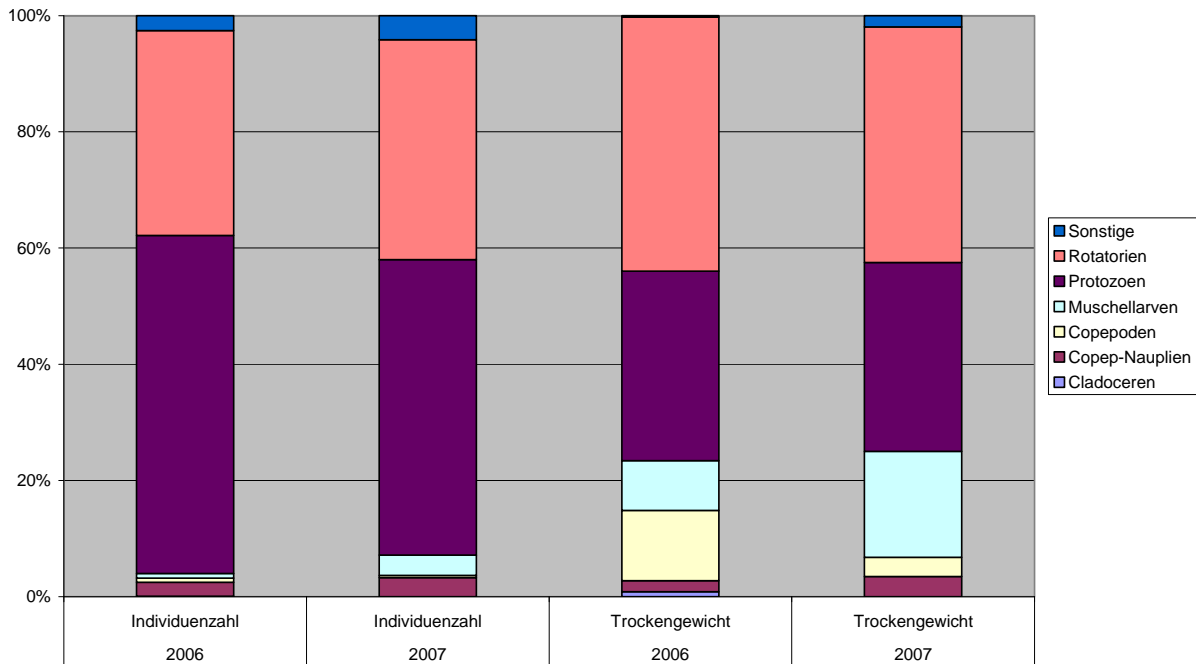


Abb 6: Prozentualer Anteil wichtiger Zooplanktongruppen an der Gesamtindividuenzahl bzw. am Trockengewicht im Rhein bei Koblenz (2006 und 2007)

Auch im Niederrhein sind Protozoen (unter ihnen ein großer Anteil Schalenamöben) sowie die Rädertiere die individuenreichsten Gruppen. Häufig sind die Rädertiere *Keratella cochlearis*, *Synchaeta* div. sp., außerdem viele häutige, nicht näher bestimmte Arten. Fast alle Zooplankter kamen im Mai und Juni zur größten Entwicklung. In Tab. 3 sind die Abundanzen der einzelnen Zooplanktongruppen für die drei Messstellen im Zeitraum 2006-07 (Saisonmittel April bis Oktober) zusammengestellt. Daraus geht hervor, dass - bedingt durch das wachsende Nahrungsangebot - die Individuenzahlen (ausgenommen Crustaceen) auf der Fließstrecke von Koblenz bis Kleve-Bimmen ansteigen.

Tab. 3: Zooplankton (Ind./l) an Mittel- und Niederrhein (Saisonmittel 2006-07)

Messstelle	Protozoen	Rotatorien	Cladoceren	Copepoden	Muschellarven
Koblenz	33	13	2	5	6
Bad Honnef	44	20	1	1	7,5
Kleve-Bimmen	55	29	2	2	12

Die Entwicklung des Phytoplanktons dürfte wesentlich stärker durch das „Grazing“ sessiler Filtrierer beeinflusst werden als durch Zooplankton. War es in der Vergangenheit besonders die Dreikantmuschel *Dreissena polymorpha*, die noch vor wenigen Jahren ausgedehnte Bestände bildete, so ist heute die Körbchenmuschel *Corbicula fluminea*, ein inzwischen im Rheinunterlauf in Millionenzahl vorkommender Neubürger, der wichtigste Filtrierer.

Gestützt wird die Zooplanktonpopulation im Rhein durch den ständigen Eintrag von Organismen aus den Nebenflüssen. An der Moselmündung lag die Zooplanktonbiomasse in den Jahren 2006 und 2007 etwa um den Faktor 5 höher als im Rhein bei Koblenz, wobei auch dort Rädertiere und Protozoen den größten Anteil hatten.

3.5 Vergleich der Befunde mit früheren Untersuchungen

Unter den **Nährstoffen** spielen insbesondere Phosphor und Silizium für die Planktonentwicklung im Rhein eine wichtige Rolle. Im Phytoplanktonbericht der IKSR (2002) zeigen die aus den Jahren 1995 und 2000 gegenübergestellten Jahresmittelwerte eine deutlich abnehmende Tendenz. Diese setzt sich in geringerem Umfang bis heute fort. Von der Station Kleve-Bimmen liegen langjährige Aufzeichnungen der Gesamt-Phosphat-P-Konzentration vor, die in Abb. 8 wiedergegeben sind. Daraus wird deutlich, dass nach anfänglich starker Reduzierung der Konzentration in den letzten Jahren nur noch eine schwache Abnahme zu verzeichnen ist und sich die Messwerte um den Orientierungswert der IKSR von 0,15 mg/l bewegen. Auch bei der gelösten Kieselsäure ($\text{SiO}_2\text{-Si}$) sind die Jahresmittelwerte gegenüber 2005 nochmals leicht rückläufig.

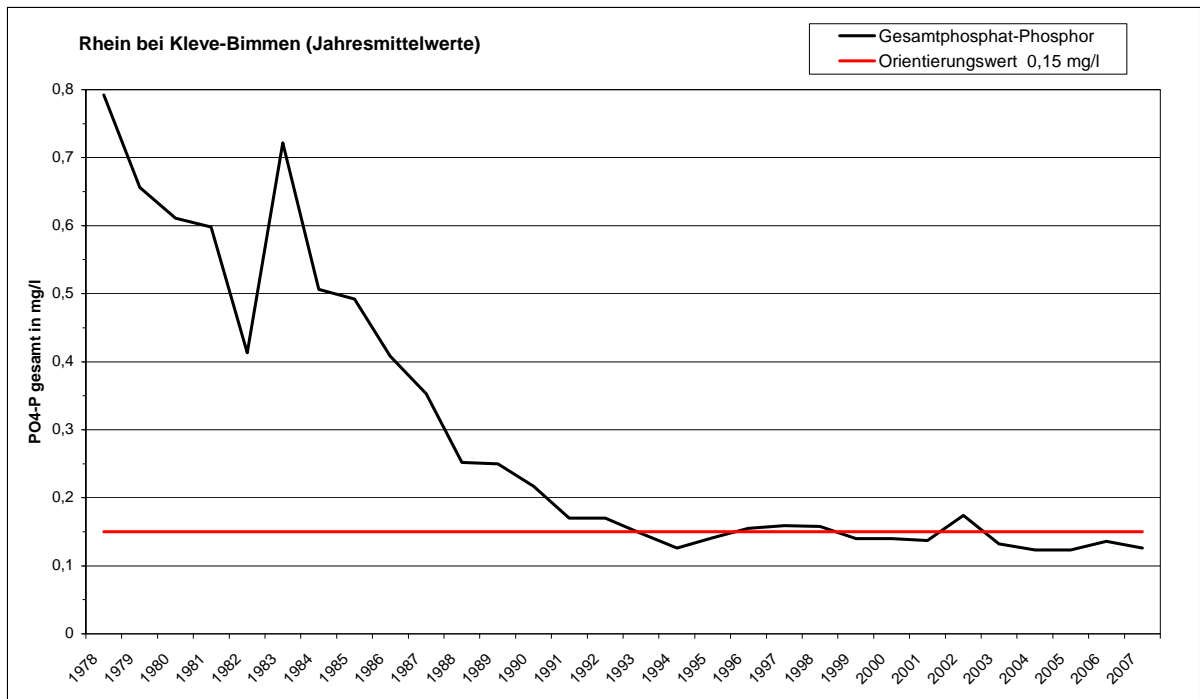


Abb. 7: Entwicklung der Gesamtphosphat-Phosphorkonzentration im Rhein bei Kleve-Bimmen von 1978 bis 2007 (Quelle: LANUV NRW)

Ein Vergleich der Chlorophyllkonzentrationen gestaltet sich aus verschiedenen Gründen schwierig. Wie aus Tab. 4 ersichtlich, wurden 2006 zwar an allen Stationen höhere durchschnittliche Konzentrationen gemessen, jedoch sind dies Mittelwerte aus der Vegetationsperiode (April bis Oktober). Die reellen Jahresmittelwerte würden wegen der im lichtarmen Winter geringeren Primärproduktion wahrscheinlich niedriger ausfallen. Die Chlorophyllmaxima sind in Koblenz und Kleve-Bimmen höher, in Bad Honnef niedriger als vor sechs Jahren. Da es sich hierbei nur um Tageswerte handelt, die tatsächlichen Phytoplanktonmaxima aber wahrscheinlich bei der Probenahme nicht erfasst worden sind, ist auch hier ein Vergleich nur unter Vorbehalt möglich. Bei dieser Betrachtung darf auch nicht außer acht gelassen werden, dass natürlicherweise beträchtliche Schwankungen auftreten können, da auch natürliche Steuergrößen der Phytoplanktonentwicklung wie Globalstrahlung und Abfluss von Jahr zu Jahr sehr unterschiedlich ausfallen (vgl. Tab. 2).

Tab. 4: Vergleich der Chlorophyll-Messwerte (1995 u. 2000 Jahresmittel, 2006 Saisonmittel)

	Chlorophyll a-Mittel (µg/l)			Chlorophylla-Max. (µg/l)	
	1995	2000	2006	2000	2006
Koblenz	7,4	3,3	5,2	17,5	19,1
Bad Honnef	7	3,4	6	24,6	16,1
Kleve-Bimmen	13,5	8,3	14,2	29,1	44,7

4. Bewertung

Der ökologische Zustand gemäß EG-Wasserrahmenrichtlinie lässt sich anhand der Biokomponente Phytoplankton nach einem in Deutschland neu entwickelten Verfahren bewerten (MISCHKE & BEHRENDT 2007; vgl. Tab. 5).

Das Schweizer Modul-Stufen-Konzept zur Bewertung des Zustandes der Fließgewässer enthält ein Modul Phytoplankton (Kieselalgen/ zentrische Diatomeen) als Indikator der Wasserqualität (<http://www.modul-stufen-konzept.ch>). Für den vorliegenden Bericht wurden die Rohdaten der Probenahmestellen am Hochrhein für die überblicksmäßige Bewertung nach dem deutschen Verfahren zur Verfügung gestellt.

Die Übergangs- und Küstengewässer wurden zudem nach dem niederländischen Verfahren bewertet (vgl. Tab. 6).

Hochrhein bis Niederrhein: Bewertung nach dem deutschen Verfahren

Das multimetrische Bewertungssystem für die Fließgewässertypen 10.1 (Rhein unterhalb des Bodensees bis zur Wuppermündung) und 20.1 (Rhein: von der Wuppermündung bis zum Deltarhein) enthält drei Einzelkenngrößen, die Informationen über die Biomasse der Algen und die taxonomische Zusammensetzung des Phytoplanktons liefern:

- Gesamtpigment als Maß für die Biomasse des Phytoplanktons. Nach Umrechnung des unkorrigierten Chlorophyll-Saisonmittels erhält man sog. „B-Werte“ zwischen 0,5 und 5,5, wobei die B-Werte mit zunehmenden Gesamtpigmentkonzentrationen ansteigen. Diese Zahlen werden zur Berechnung des Gesamtindex herangezogen.
- Kenngröße „Pennales“ : Indexwert zwischen 1 und 3, der aus einem Vergleich des Dominanzwertes der pennaten Diatomeen mit festen typspezifischen Klassengrenzen hervorgeht. Der Prozentanteil der Pennales nimmt in den Gewässertypen des Rheins mit zunehmender Degradation ab, und der Indexwert steigt an.
- Typspezifischer Indexwert Potamoplankton (TIP): Kenngröße für die Degradation auf der Basis von Indikator taxa.

Aus diesen drei Einzelmetriken wird durch Mittelwertbildung der „Gesamtindex Phytoplankton“ berechnet.

Die Auswertung der Daten erfolgt automatisiert mit Hilfe der Auswertesoftware „Phytofluss“. Als Resultat erhält man die berechneten Indices und das Bewertungsergebnis.

Der „sehr gute Zustand“ entspricht Gesamtindexwerten von 0,5 bis 1,5. Werte > 1,5 bis 2,5 indizieren den „guten Zustand“ usw.

Tab. 5 informiert über die ökologische Bewertung der Rheinmessstellen anhand des Phytoplanktons.

Tab. 5: Bewertung des ökologischen Zustandes der Messstellen auf der Basis der deutschen Bewertungsmethode (2006/2007)

Messstelle	Fluss-km	Typ	Gesamt-pigment B-Wert	Pennales EQ	TIP	Gesamtinde- x	Bewertung
Oehningen	23	10.1	0,5	3	2,6	2,0	gut
Reckingen	90	10.1	0,5	1	2,3	1,3	sehr gut
Weil	171	10.1	0,5	1	2,6	1,4	sehr gut
Vogelgrün	225	10.1	0,5	1	2,6	1,4	sehr gut
Karlsruhe	359	10.1	0,5	1	2,7	1,4	sehr gut
Worms	443	10.1	0,6	3	2,6	2,06	gut
Mainz	498	10.1	0,5	3	2,6	2,04	gut
Koblenz	590	10.1	0,9	3	2,6	2,16	gut
Honnet	640	10.1	1,2	3	2,8	2,33	gut
Bimmen	863	20.1	2,8	3	3,2	3,02	mäßig
2007							
Koblenz	590	10.1	0,5	3	2,5	2,00	gut
Honnet	640	10.1	0,6	2	2,8	1,79	gut
Bimmen	863	20.1	1,6	3	3,5	2,72	mäßig

Wie aus der Übersicht hervorgeht, wird 2006 der Ablauf des Untersees (Bodensee) an der Messstelle Öhningen als „gut“ bewertet. Der Hochrhein bei Reckingen sowie der Oberrhein bis Karlsruhe sind, bezogen auf die Biokomponente Phytoplankton, in „**sehr gutem**“ Zustand. Der flussabwärts folgende Bereich des Oberrheins sowie der Mittellrhein bis Bad Honnet ist als „**gut**“ zu bewerten. Die Messstelle Kleve-Bimmen am unteren Niederrhein erhält die Gesamtbewertung „**mäßig**“. Weiter stromabwärts gelegene Messstellen im Deltarheingebiet lassen sich derzeit nicht anhand des Phytoplanktons bewerten.

Betrachtet man die Einzelindices, ist bereits ab Koblenz eine Zunahme des Kennwertes (B-Wert) für das **Gesamtpigment** festzustellen, der in Bimmen sein Maximum erreicht.

Die Kennzahl für **Pennales** beträgt am Unterseeauslauf bei Öhningen „3“, da hier das Plankton stark von der Kieselalgenentwicklung im Bodensee beeinflusst wird. Von Reckingen bis Karlsruhe zeigt der Wert „1“ günstige Verhältnisse an, steigt aber ab Worms auf „3“ an und deutet auf zunehmende Degradation hin.

Der **TIP-Index** ist bis Koblenz fast konstant bei 2,6. Er steigt in Bad Honnet an und erreicht am unteren Niederrhein sein Maximum (3,2).

Die Daten von 2007 führen am Mittel- und Niederrhein zur gleichen Bewertung, jedoch sind die Indices hier niedriger. Infolge der stärkeren Wasserführung und verkürzten Aufenthaltszeit war die Primärproduktion 2007 insgesamt auf einem niedrigeren Niveau.

Übergangs- und Küstengewässer: Bewertung nach dem niederländischen Verfahren

Die Trophie der Übergangs- und Küstengewässer wurde anhand der Chlorophyll a-Konzentrationen beurteilt. Tab. 6 gibt einen Überblick über die Einstufung in den Jahren 2001 – 2007 nach dem niederländischen Bewertungssystem.¹ Die Beurteilung (sehr gut: blau, gut: grün, mäßig: gelb, unbefriedigend: orange) wird ausgedrückt als ökologischer Qualitätsquotient (*ecologische kwaliteitsratio* EKR): die Grenze zwischen unbefriedigend/mäßig liegt bei 0,4; zwischen mäßig/gut bei 0,6 und zwischen gut/sehr gut bei 0,8.

Tab. 6: Beurteilung der biologischen Qualitätskomponente „Phytoplankton“ auf der Grundlage des niederländischen Bewertungssystems

Messstation	Wasserkörper	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007
Noordwijk 2	Holl. Küste	0,54	0,53	0,61	0,84	0,62	0,86	0,55
Boomkensdiep	Wattenmeer-küste	0,64	0,75	0,63	0,49	0,39	0,80	0,60
Dantziggat (+ Boovebalg West 2007)	Wattenmeer	0,41	0,48	0,47	0,47	0,54	0,51	0,52

Wie aus der Tabelle ersichtlich, sind die Bewertungen mit Ausnahme der Wattenmeerstation Dantziggat, die stets als „mäßig“ beurteilt wurde, in den einzelnen Jahren häufig unterschiedlich. Der Zustand im Wattenmeer und an der niederländischen Küste ist in einem Jahr gut bis sehr gut, in anderen Jahren mäßig bis unbefriedigend. Eine weitere Stabilisierung des "guten Zustands" ist notwendig.

¹ Die Beurteilung der Situation an der Küste beschränkt sich auf die entsprechenden 1-Seemeilen Küstenzone und orientiert sich an europäischen Bewertungsmaßstäben aus dem Interkalibrierungsprozess. Hierdurch kommt es zu Abweichungen von den Aussagen nach OSPAR. OSPAR betrachtet den Zustand der gesamten Nordsee einschließlich der Mündungsgebiete und Küstenzone. Im Rahmen der OSPAR laufen gleichfalls Maßnahmenprogramme zur Stickstoffreduzierung. Die Kernaussagen, die nach WRRRL wie nach OSPAR getroffen werden, sind vergleichbar.

5. Literatur

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

IKSR (2002): Plankton im Rhein. Bericht Nr. 129-d, 41 S.

MISCHKE, U. & H. BEHRENDT (2007): Handbuch zum Bewertungsverfahren von Fließgewässern mittels Phytoplankton zur Umsetzung der EU-WRRL in Deutschland. Weißensee Verlag, 88 S.

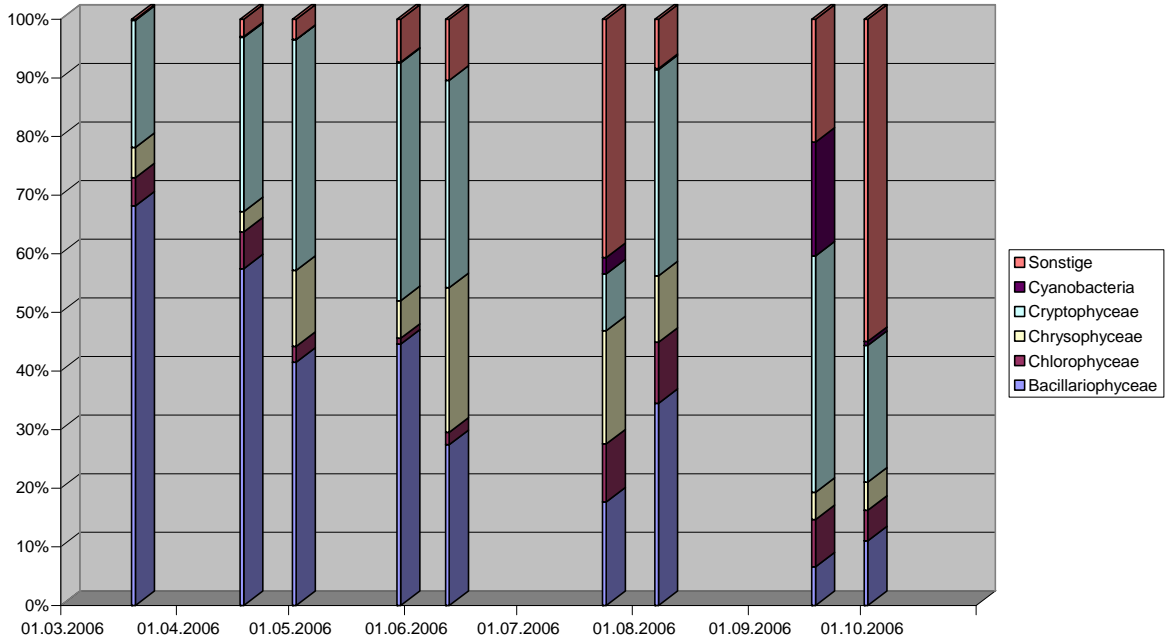
VAN SPLUNDER I.I.T.A., H. PELSMA, A. BAK (2006)
Richtlijnen Monitoring Oppervlaktewater Europese Kaderrichtlijn Water.

VIERGUTZ, C., M. KATHOL, H. NORF, H. ARNDT & M. WEITERE (2007): Control of microbial communities by the macrofauna: A sensitive interaction in the context of extreme summer temperatures. – *Oecologia* 151, S. 115-124.

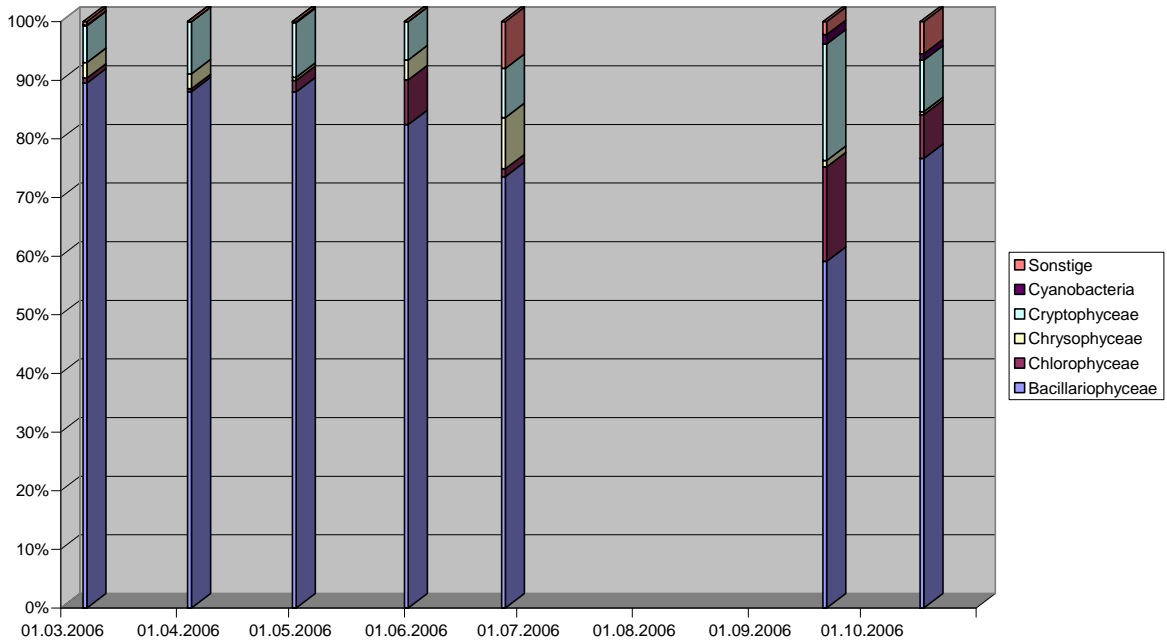
WEITERE, M, J. DAHLMANN, C. VIERGUTZ & H. ARNDT (2008): Differential grazer-mediated effects of high summer temperatures on pico- and nanoplankton communities. – *Limnol. Oceanogr.* 53(2), S. 477-486.

Anhang: Anteil einzelner Algengruppen am Biovolumen (ausgewählte Stationen)

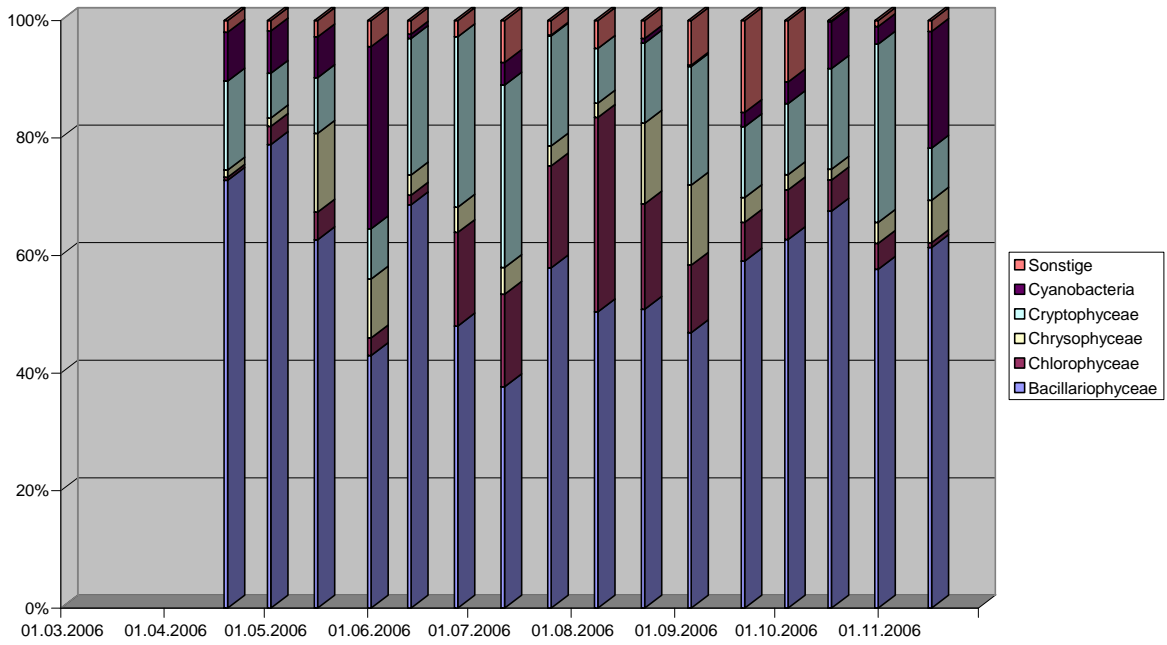
Biovolumen Rhein / Öhningen



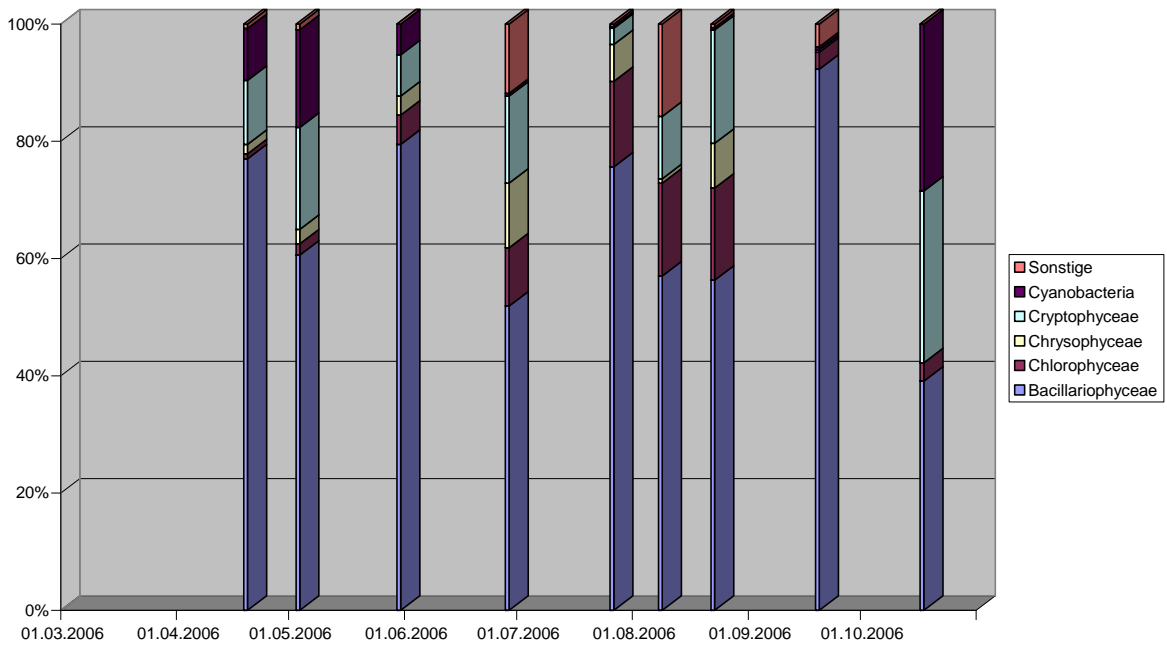
Biovolumen Rhein / Reckingen



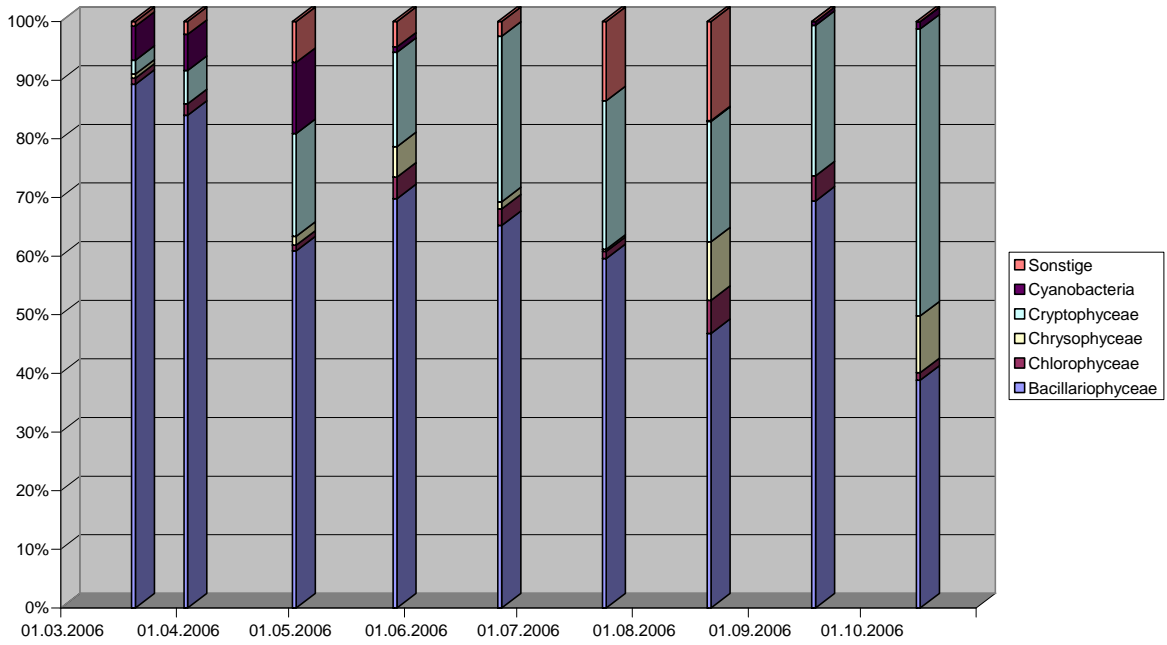
Biovolumen Rhein / Weil



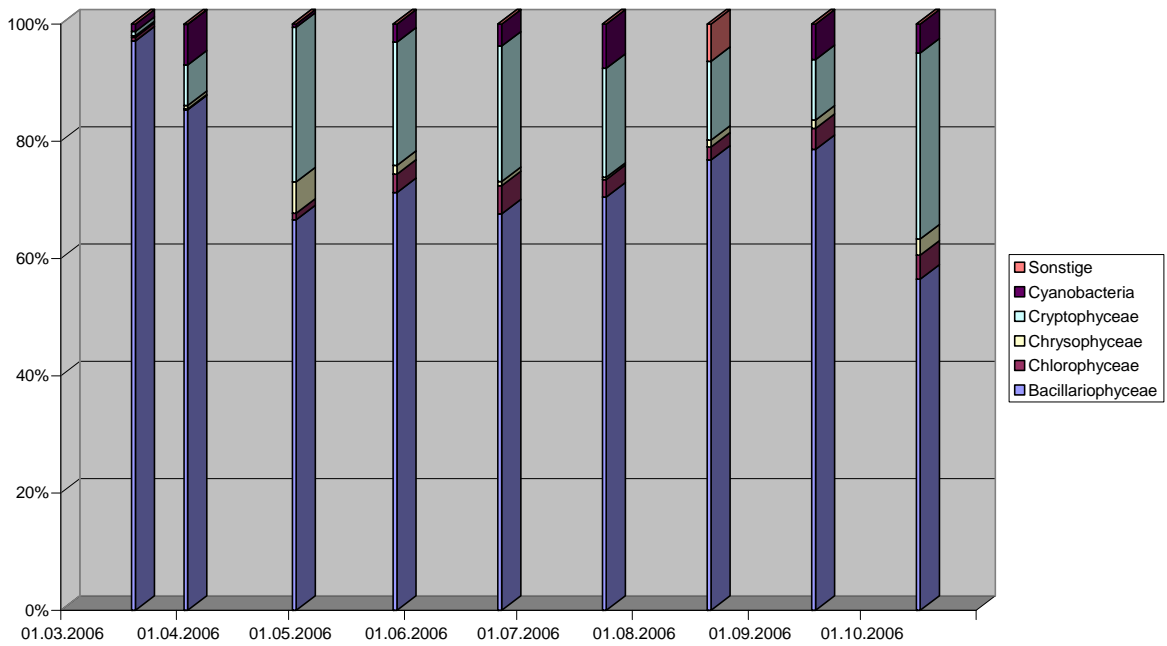
Biovolumen Rhein / Vogelgrün



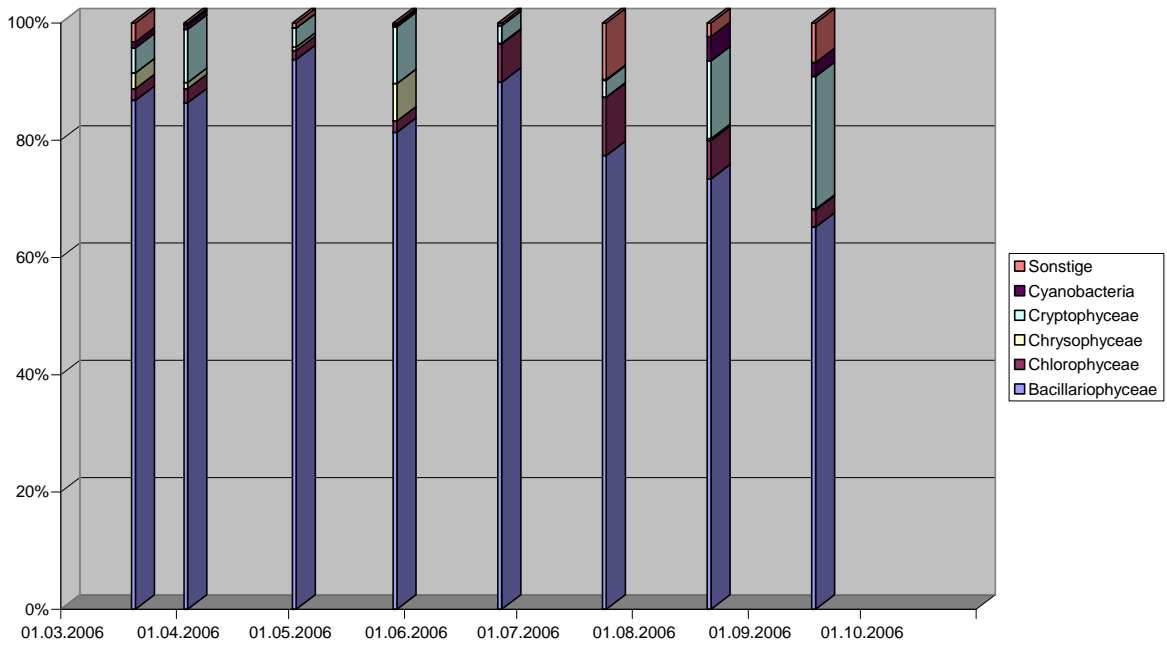
Biovolumen Rhein / Karlsruhe



Biovolumen Rhein / Koblenz



Biovolumen Rhein / Bad Honnef



Biovolumen Rhein / Bimmen

