

Rijn-Meetprogramma Biologie 2006/2007 deel II-A



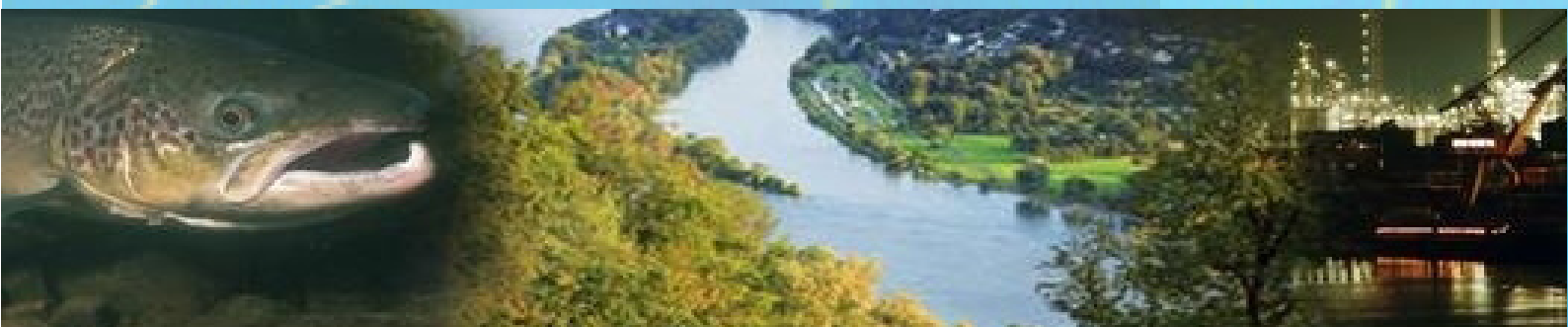
Het fytoplankton in de Rijn (2006-2007)

Internationale
Kommission zum
Schutz des Rheins

Commission
Internationale
pour la Protection
du Rhin

Internationale
Commissie ter
Bescherming
van de Rijn

Rapport Nr. 169



Colofon

Uitgegeven door de

Internationale Commissie ter Bescherming van de Rijn (ICBR)

Kaiserin-Augusta-Anlagen 15, 56068 Koblenz, Duitsland

Postbus 20 02 53, 56002 Koblenz, Duitsland

Telefoon: +49-(0)261-94252-0, fax +49-(0)261-94252-52

E-mail: sekretariat@iksr.de

www.iksr.org

Vertaling: Fabienne van Harten, Marianne Jacobs

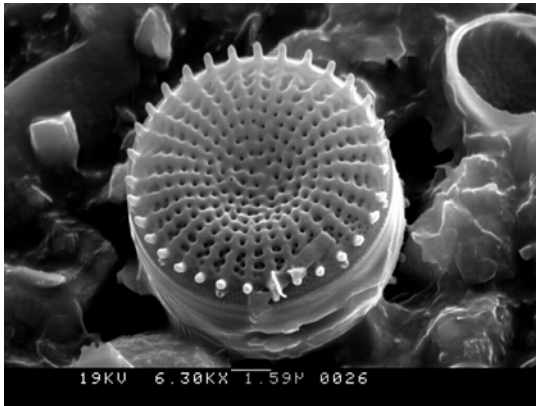
ISBN 3-935324-86-3

© IKSr-CIPR-ICBR 2009

Rijn-Meetprogramma Biologie 2006/2007, deel II-A

Het fytoplankton in de Rijn (2006-2007)

Opgesteld door: Karl-Heinz Christmann



Samenvatting	3
1. Inleiding.....	4
2. Methoden	4
2.1 Omvang van het onderzoek	4
2.2 Methodiek	4
3. Monitoringresultaten	5
3.1 Afvoer.....	5
3.2 Nutriënten	6
3.3 Fytoplankton.....	8
3.4 Zoöplankton	12
3.5 Vergelijking van de onderzoeksresultaten met eerdere studies	14
4. Beoordeling	16
5. Literatuur	19
Bijlage: Aandeel afzonderlijke algengroepen in het biovolume (geselecteerde stations)	20

Samenvatting

In 2006 en 2007 is in het kader van het programma "Rijn 2020" onderzoek gedaan naar het fytoplanktonbestand in de Rijn tussen het Bodenmeer en het Deltagebied. Het monitoringprogramma was zodanig opgezet dat het voldeed aan de eisen van de EG-Kaderrichtlijn Water betreffende de beoordeling van de ecologische toestand van de Rijn op basis van het fytoplankton (en andere biologische elementen).

Verreweg het grootste deel van de planktonbiomassa - lokaal > 90% - wordt gevormd door de centrische diatomeeën; belangrijke algengroepen zijn verder de cryptomonaden en de groenalgen. Andere groepen zijn slechts tijdelijk of lokaal van betekenis. Het zoöplankton, dat langs de Middenrijn en de Duitse Nederrijn is onderzocht, neemt stroomafwaarts toe. Kwantitatief spelen protozoa en rotatoria en ten dele ook vrij zwemmende mossellarven een belangrijke rol. Crustacea zijn van ondergeschikt belang; hun grazing-invloed op het fytoplankton wordt als gering beschouwd en wordt grotendeels veroorzaakt door de grote mosselbestanden.

Vergeleken met het onderzoek van zes jaar geleden is het niveau van de fytoplanktonproductie bij een nog slechts lichte daling van het nutriëntengehalte vrijwel onveranderd gebleven in de hele hoofdstroom van de Rijn.

Volgens de huidige stand van de kennis is de toestand van het plankton in het Bodenmeer, zowel in de Ober- als de Untersee, goed.

De Hoogrijn kan bij Öhningen als goed worden beoordeeld. Hier is er nog sprake van een sterke invloed van het plankton uit het Bodenmeer. Stroomafwaarts bij Reckingen is de ecologische toestand zeer goed. Ook het bovenstroomse deel van de Duits-Franse Bovenrijn is tussen Weil en Karlsruhe als zeer goed te beoordelen. De benedenloop van de Duits-Franse Bovenrijn en de Middenrijn worden op basis van het element fytoplankton aangewezen als goed; de benedenloop van de Duitse Nederrijn aan de Duits-Nederlandse grens is matig. Deze longitudinale kwaliteitsgradiënt weerspiegelt de nutriëntenconcentratie die stroomafwaarts geleidelijk toeneemt. In de Duitse Nederrijn is de langere verblijftijd van het water als gevolg van de dalende stroomsnelheid een extra factor met een gunstige invloed op de ontwikkeling van het fytoplankton. Deze ontwikkeling neemt al vanaf de Middenrijn duidelijk toe en bereikt haar piek bij Kleef. In de Rijndelta lijken de chlorofyl-a-waarden in het IJsselmeer op die van de Duitse Nederrijn. In het mondingsgebied bij Maassluis zijn er daarentegen lagere waarden gemeten. Langs de kust en in de Waddenzee is er voor de chlorofyl-a-concentratie sprake van duidelijke schommelingen tussen de afzonderlijke onderzoeksjaren (zeer goede tot ontoereikende toestand).

1. Inleiding

De doelstellingen van het onderzoek naar het biologische element "fytoplankton" zijn:

- de kwalitatieve en kwantitatieve inventarisatie van de Rijn van het Bodenmeer tot de Noordzee
- veranderingen binnen het fytoplanktonbestand in het verloop van de rivier
- seizoensgebonden veranderingen
- samenstelling van het fytoplankton
- vergelijking van de onderzoeksresultaten met eerdere studies
- beoordeling van de ecologische toestand volgens de EG-KRW aan de hand van het fytoplankton

Om de fytoplanktongegevens beter te kunnen interpreteren, werd langs de Middenrijn en de Duitse Nederrijn ook het zoöplankton in het onderzoek meegenomen.

2. Methoden

2.1 Omvang van het onderzoek

In het kader van het "Rijn-Meetprogramma Biologie 2006/2007" van de ICBR wordt onderzoek verricht langs de Rijn tussen de Untersee-uitloop van het Bodenmeer (Hoogrijn) en de Nederlandse Rijndelta. Ook de mondingsgebieden van grote zijrivieren (Main, Nahe, Lahn en Moezel) zijn in het programma opgenomen, om rekening te kunnen houden met hun invloed op de planktonontwikkeling in de Rijn. De Commissie ter Bescherming van het Bodenmeer heeft het Bodenmeer beoordeeld. In Nederland werd een KRW-fytoplanktonbeoordeling alleen voor stilstaande wateren, kust- en overgangswateren afgegeven. Voor stromende wateren werden slechts resultaten van de chlorofylmetingen en nutriëntengegevens voor sommige meetlocaties uit 2007 ter beschikking gesteld.

De bemonsteringslocaties en de bevoegde diensten worden opgesomd in deel I, hoofdstuk 2.

Dit rapport is gebaseerd op de resultaten uit 2006. Voor zover voor sommige meetlocaties resultaten uit 2007 beschikbaar zijn, worden deze eveneens in de beoordeling meegenomen.

Het fytoplanktononderzoek omvat tijdens de "vegetatieperiode" tussen april en oktober de volgende metingen en inventarisaties:

- chlorofyl-a-concentratie (metingen ten minste om de veertien dagen)
- analyse van de fytoplanktonsamenstelling (bepaling van de taxa en hun cellenaantal, berekening van het celvolume), over het algemeen maandelijks
- berekening van het totale biovolume van het fytoplankton
- begeleidende meting van abiotische indicatoren zoals afvoer, totale fosfaat-P- en siliciumconcentratie
- op de meetlocaties Koblenz, Bad Honnef en Kleef-Bimmen daarnaast metingen van het zoöplankton.

2.2 Methodiek

De methodiek van de monsternamen en de telling van het fytoplankton conform EG-KRW wordt uitvoerig beschreven in MISCHKE & BEHRENDT (2007).

De monsters werden op een waterdiepte van 0,5 m genomen. Voor de bepaling van het fytoplankton en het chlorofyl werden telkens deelmonsters uit hetzelfde schepmonster gebruikt.

De volgende bepalingen werden uitgevoerd:

- chlorofyl-a
- taxonomische classificatie van het fytoplankton volgens de "geharmoniseerde taxalijst"
- cellenaantal van het fytoplankton
- biovolume van de taxa en totaal biovolume
- totale P-concentratie
- opgelost silicaat
- inventarisatie van het zoöplankton naar soort en aantal (Middenrijn en Duitse Nederrijn, monding van de Moezel; maaswijdte van het net 55 µm)
- daarnaast zoöplanktonbiomassa (alleen Koblenz)

De taxonomische (microscopische) fytoplanktonanalyse werd uitgevoerd door middel van diametraaltelling van de in een Utermöhl-cuvet gesedimenteerde algen met een omkeermicroscop (UTERMÖHL-methode). Deze telmethode wordt in MISCHKE & BEHRENDT (2007) beschreven. Het biovolume van een taxon wordt bepaald door het getelde cellenaantal te vermenigvuldigen met een specifiek celvolume dat per taxon is vastgelegd in de analysesoftware "Phytofluss" ofwel door eigen metingen wordt bepaald. De som van alle afzonderlijke algenvolumina resulteert in het totale biovolume van het monster. In Nederland wordt er bemonsterd conform de Richtlijnen Monitoring Oppervlaktewater Europese Kaderrichtlijn Water (VAN SPLUNDER *et al.* 2006).

Voor kust- en overgangswateren vinden fytoplanktonbemonsteringen plaats in de 1-mijlszone. Hier liggen de eerste punten van een aantal raaien die conform OSPAR-methodiek worden bemonsterd (zeven maal tussen maart en september).

3. Monitoringresultaten

3.1 Afvoer

De planktonontwikkeling is in grote mate afhankelijk van de verblijfstijd van het water in de afzonderlijke riviertrajecten. Daarom wordt onderstaand kort op de afvoersituatie ingegaan.

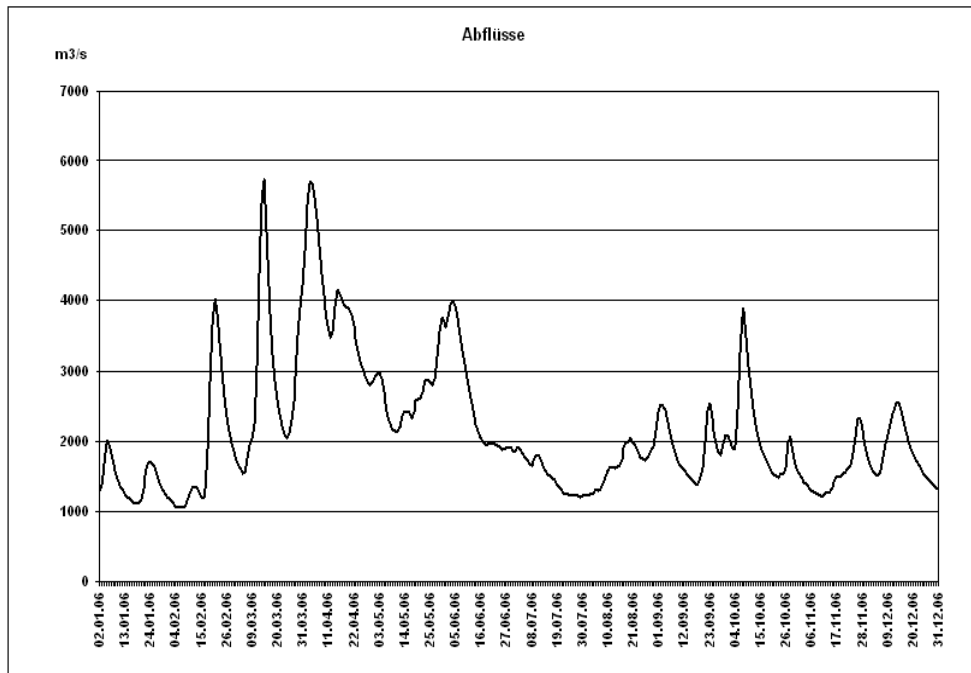
Het afvoerregime van de Duits-Franse Bovenrijn wordt in hoge mate bepaald door de neerslaggebeurtenissen in en de smeltwatertoevoer uit de Alpen, het Zwarte Woud en de Vogezes. Afvoerpieken treden in de regel tussen april en juni op. Stroomafwaarts neemt de invloed van de watertoevoer uit de zijrivieren toe. De afvoermaxima verschuiven in de regel naar het vroege voorjaar.

Figuur 2 toont de afvoercurven ter hoogte van Rees (Nederrijn) voor de jaren 2006 en 2007. In de eerste twee maanden van 2006 kwam de afvoer bijna overeen met de gemiddelde laagwaterafvoer (MNO) van 1050 m³/s. Deze werd in beide jaren echter nooit onderschreden. In de periode tussen eind februari en eind april was er sprake van meerdere afvoerpieken. Beide jaarmaxima overschreden duidelijk de MHQ-grens van 4200 m³/s en bereikten maximale waarden van bijna 6000 m³/s. Ook in de maanden juni en oktober was er sprake van verhoogde afvoeren. De gemiddelde jaarafvoer (2090 m³/s) was aanzienlijk lager dan in het daaropvolgende jaar.

2007 werd gekenmerkt door hogere afvoeren. De gemiddelde hoogwaterafvoer (MHQ) werd tussen januari en maart meerdere malen overschreden. Hetzelfde gebeurde in de maanden augustus en december. De gemiddelde jaarafvoer bedroeg 2350 m³/s.

Pegel: 2790010 / Rees / Rhein
Jahr: 2006

26.09.08



Pegel: 2790010 / Rees / Rhein
Jahr: 2007

26.09.08

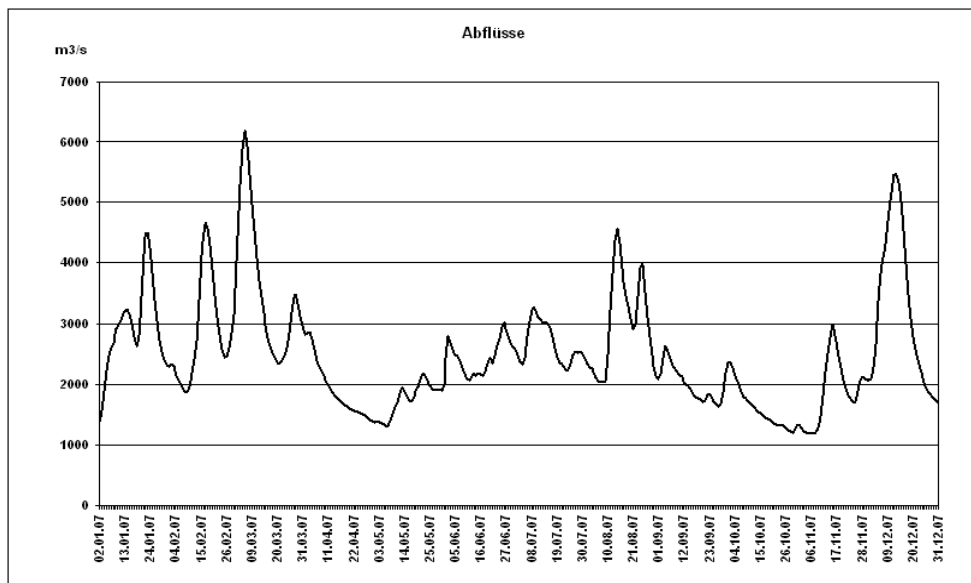


Fig. 1: Afvoervolumina (m^3/s) bij Rees/Duitse Nederrijn in de jaren 2006 en 2007

3.2 Nutriënten

Bij bijna alle meetstations werden de plantenvoedingsstoffen fosfor en opgelost kiezelzuur ($\text{SiO}_2\text{-Si}$) waargenomen. Stikstofverbindingen werden door het meetprogramma niet meer meegenomen omdat deze enerzijds voor de eutrofiëring van

binnenwateren van ondergeschikt belang zijn en anderzijds niet geschikt zijn voor de interpretatie van de bevindingen van het planktononderzoek.

De concentratie van totale $\text{PO}_4\text{-P}$ gemiddeld over het seizoen geeft een constante toename te zien vanaf het Bodenmeer ($< 10 \mu\text{g/l}$ op de meetlocatie Öhningen) tot aan de Duitse Nederrijn ($> 150 \mu\text{g/l}$ op de meetlocatie Kleef-Bimmen, figuur 3). Alleen in Bad Honnef zijn de meetwaarden in beide jaren iets lager dan in het stroomopwaarts gelegen Koblenz.

Hetzelfde beeld geeft ook het opgeloste kiezelzuur te zien. Hier stijgt de concentratie stroomafwaarts gemiddeld over het seizoen van $0,9 \text{ mg/l}$ in Öhningen naar $2,3 \text{ mg/l}$ $\text{SiO}_2\text{-Si}$ in Bimmen. De laagste concentraties zijn vaak in de periodes met een sterke diatomeeënontwikkeling te zien, waarbij kiezelzuur echter ook bij een sterke ontwikkeling van kiezelalgen niet wordt verteerd.

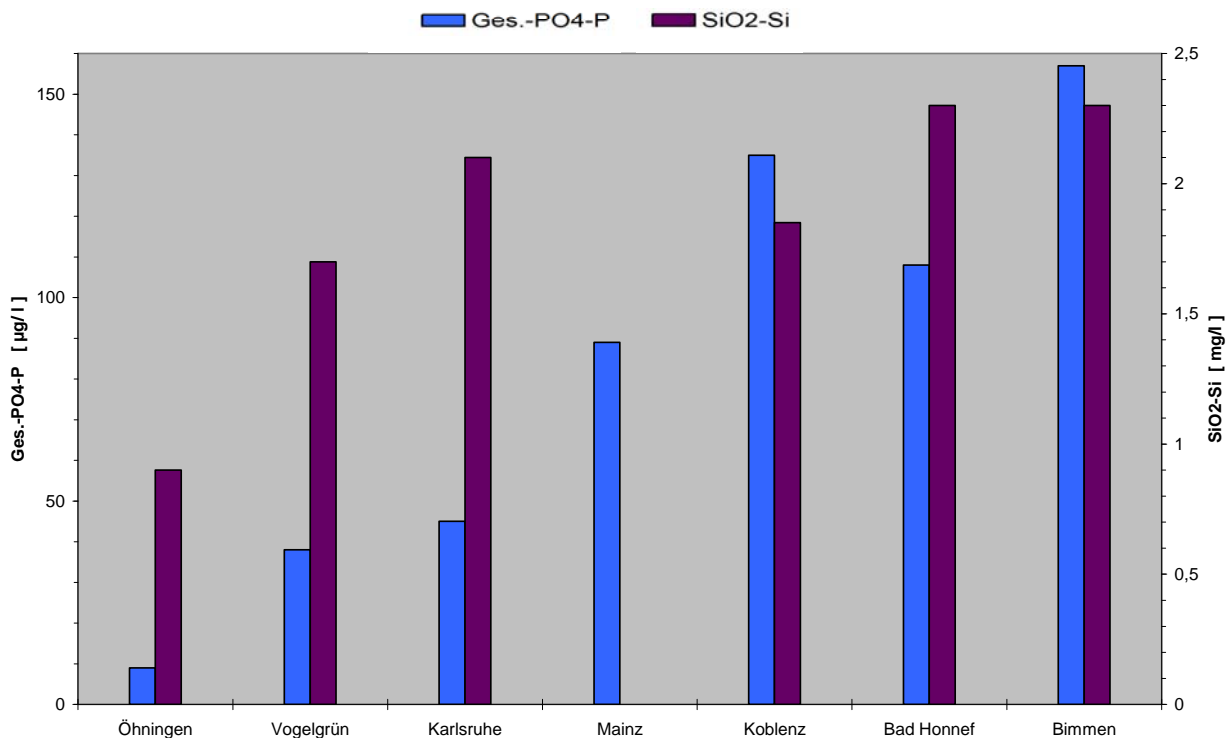


Fig. 2: Seizoensgemiddelde (april - oktober 2006) van de totale P- en siliciumconcentraties op geselecteerde meetlocaties

De gemiddelde fosforconcentratie is in enkele grotere zijrivieren aanzienlijk hoger dan in de Rijn en overschrijdt de oriënteringswaarde van $150 \mu\text{g/l}$. De seizoensgemiddelden voor silicium zijn in de zijrivieren waar de metingen zijn uitgevoerd hoger dan in de Middenrijn (tabel 1) en qua omvang grotendeels te vergelijken met die van de Duitse Nederrijn.

Tab. 1: Seizoensgemiddelden (april t/m oktober 2006) van geselecteerde indicatoren aan de monding van zijrivieren en langs de Middenrijn

Meetlocatie	totaal-PO ₄ -P (µg/l)	SiO ₂ -Si (mg/l)	Totaal pigment (µg/l)
Rijn bij Koblenz	134	1,85	7,45
Main	213 (2007)		7,9 (2007)
Nahe	256		14,4
Lahn	221		18,8
Moezel	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 Fytoplankton

3.3.1 Chlorofyl en het totale biovolume

De chlorofyl-a-concentratie dient als maatstaf voor de biomassa van het fytoplankton. Bij de analyse volgens MISCHKE & BEHRENDT (2007) ter beoordeling van de ecologische toestand conform KRW wordt de totale index berekend aan de hand van zogenaamde totaal pigmenten. Dit totaal is gelijk aan het "niet-gecorrigeerde" chlorofyl, d.w.z. de chlorofyl-a-concentratie zonder aftrek van het faeopigmentaandeel. Deze parameter wordt onderstaand - naast het totale biovolume - bij de karakterisering van de fytoplanktonontwikkeling gebruikt.

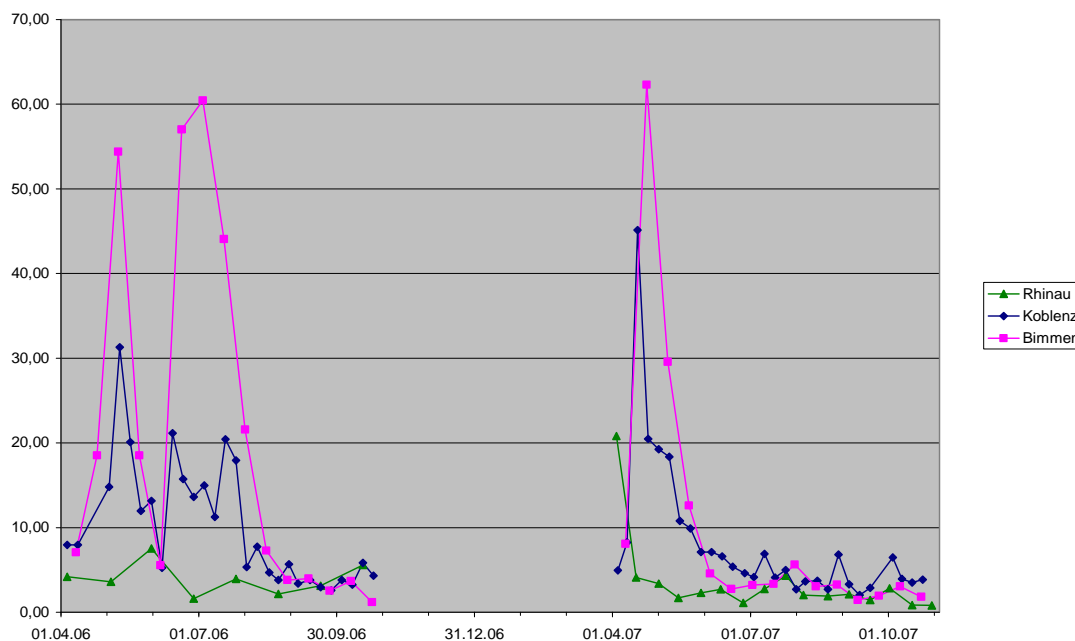


Fig. 3: Seizoensgebonden veranderingen in de totaal pigmentconcentratie (µg/l) op de meetlocaties Rhinau, Koblenz en Kleef-Bimmen (2006 en 2007)

3.3.2 Seizoensgebonden veranderingen

Figuur 4 geeft de seizoensgebonden veranderingen van het totaal pigmentgehalte weer voor geselecteerde meetlocaties langs de Boven-, Midden- en Nederrijn. De sterkste fytoplanktonontwikkelingen werden tijdens de onderzoeksperiode telkens in de eerste helft van het jaar waargenomen. De grootste schommelingen treden bij het meetstation Kleef-Bimmen op; langs de Duits-Franse Bovenrijn is slechts sprake van geringe schommelingen. Opvallend in 2006 zijn met name meerdere biomassamaxima met waarden boven de 50 µg/l bij Kleef-Bimmen. In het jaar daarna is er alleen eind april

sprake van een fytoplanktonmaximum. Zoals uit de figuur blijkt, neemt de algenbiomassa in het verloop van de rivier aanzienlijk toe.

Om een beeld van de fytoplanktonontwikkeling binnen het totale onderzochte Rijntraject te kunnen schetsen, worden naast de totaal pigmentconcentraties ook de totaalvolumina van de algen meegenomen. In figuur 5 worden de seizoensgemiddelden voor het totaal pigment vergeleken met de seizoensgemiddelden van het totaalvolumina langs het verloop van de rivier.

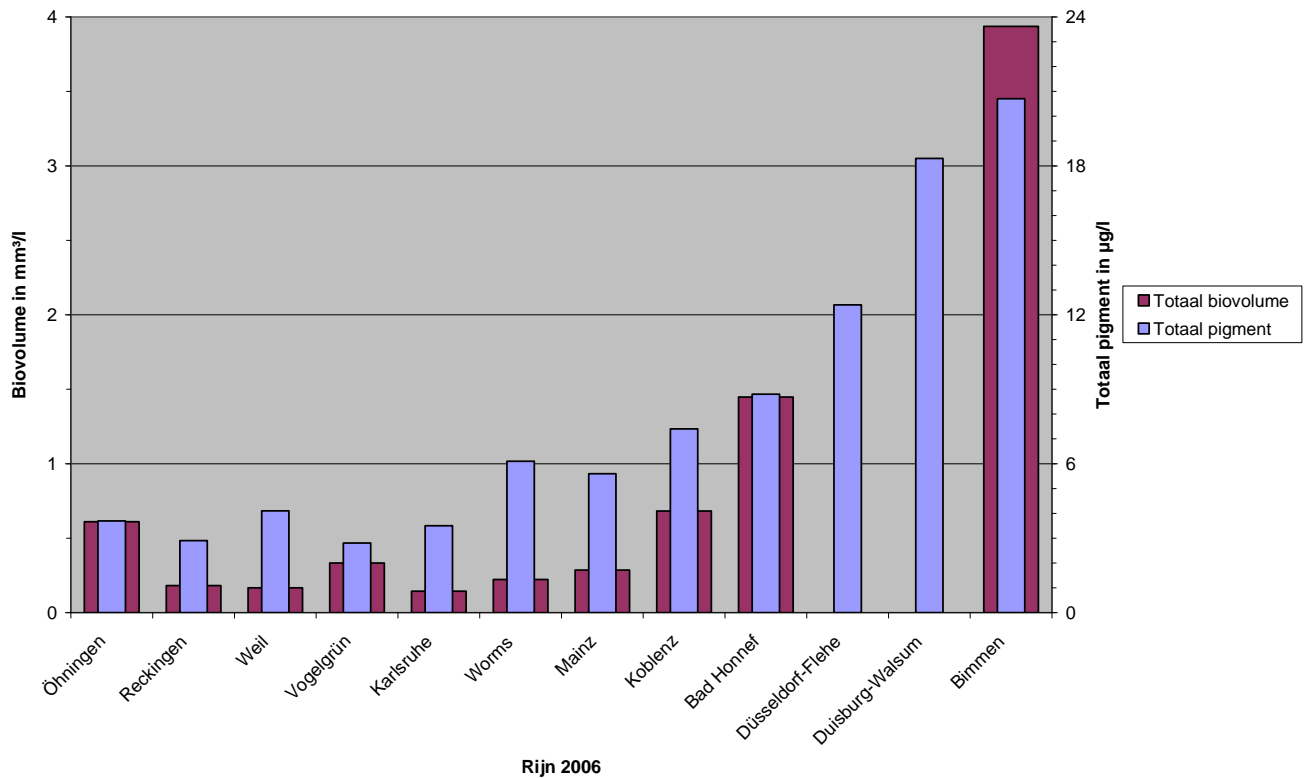


Fig. 4: Totaal pigment en totale biovolumina van het fytoplankton (seizoensgemiddelde april - oktober 2006)

Beide indicatoren tonen duidelijk dat de algenontwikkeling in de Hoogrijn en Duits-Franse Bovenrijn met totaal pigmentwaarden van $< 5 \mu\text{g/l}$ en algenvolumina van $< 1 \text{ mm}^3/\text{l}$ vrij gering is. Naarmate de nutriëntenconcentratie in het verloop van de rivier toeneemt, stijgt ook het eutrofiëringspotentieel. Dit gaat gepaard met een versterkte fytoplanktonontwikkeling. Een opvallende stijging valt langs de Middenrijn vanaf Koblenz waar te nemen. Deze toename wordt voortdurend sterker tot aan de Nederlands-Duitse grens bij Kleef-Bimmen. Op het traject tussen Koblenz en Kleef kan het fytoplankton uit de Duits-Franse Bovenrijn en uit de zijrivieren zich bij een stromingssnelheid van ca. drie dagen (bij gemiddelde afvoeren) duidelijk vermenigvuldigen. Zoals uit figuur 4 blijkt, is het algenbiovolume langs de benedenstroomse Nederrijn in 2006 zes keer zo hoog als in Koblenz. Ten opzichte van de waarden voor de Bovenrijn (bijv. voor Worms) is het volume zelfs met een factor 16 toegenomen. In het jaar daarna was de algengroei minder sterk. Een duidelijke toename van de fytoplanktonbiomassa in de Duitse Nederrijn was in de jaren daarvoor reeds geconstateerd door FRIEDRICH & POHLMANN (2009). Uit de beschikbare chlorofylmetingen van Maassluis en Kampen uit 2007 kan worden afgeleid dat deze ontwikkeling zich in Nederland niet voortzet maar dat de fytoplanktondichtheid ongeveer op het niveau van de Duitse Nederrijn blijft. Aan de monding van grote zijrivieren in de Duits-Franse Bovenrijn en de Middenrijn is het seizoensgemiddelde voor de fytoplanktonontwikkeling meestal hoger dan in de rest van de betreffende Rijntrajecten. Hetzelfde geldt ook voor het zoöplankton in de Moezel bij Koblenz.

3.3.3 Samenstelling van het fytoplankton

Figuur 5 bevat informatie over het aandeel belangrijke algengroepen in het totale biovolume voor het traject tussen Bodenmeer en de noordelijke Nederrijn. Gemiddeld over het seizoen zijn - met uitzondering van Öhningen - op alle meetlocaties bacillariophyceae (planktische diatomeeën, kiezelalgen) dominant. Op de tweede plaats volgen meestal cryptophyceae.

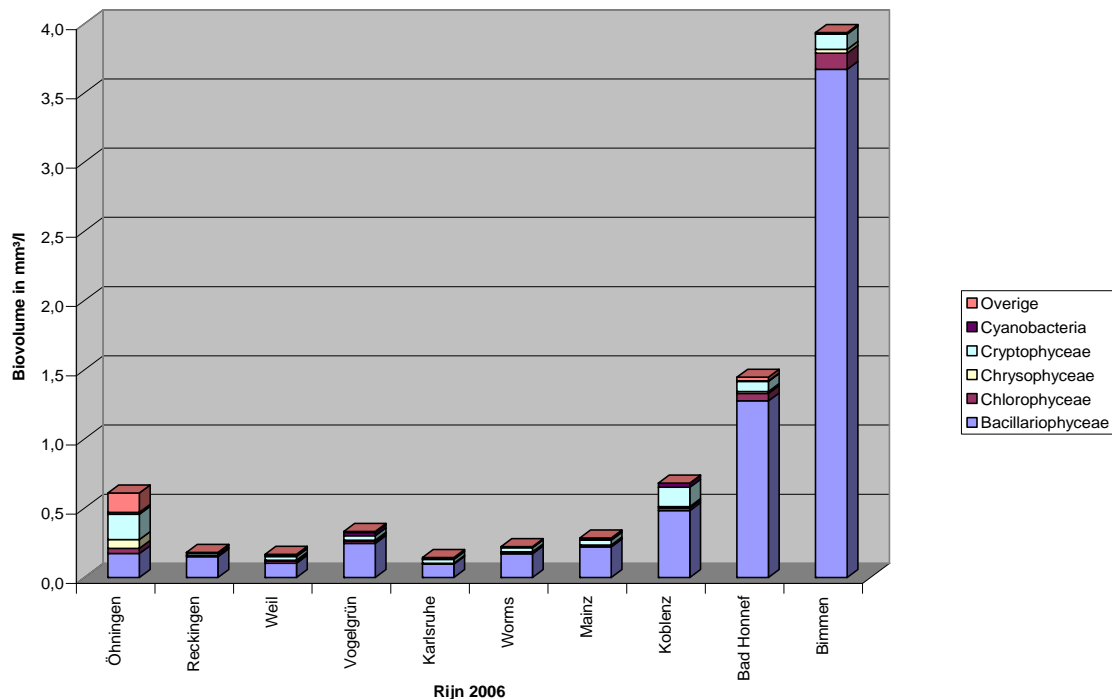


Fig. 5: Ontwikkeling van het totale fytoplanktonbiovolume tussen de Hoogrijn en de Duitse Nederrijn met aandeel van belangrijke algengroepen (seizoensgemiddelde 2006)

In de volgende alinea's wordt in het kort de fytoplanktonontwikkeling (2006) in de afzonderlijke Rijntrajecten toegelicht. De **bijlagen** bevatten grafieken van de afzonderlijke meetlocaties waaruit het procentuele aandeel van de belangrijkste algengroepen in het totale biovolume voor de periode april - oktober 2006 blijkt.

3.3.4 Hoogrijn

Bij **Öhningen** is de biomassa ca. drie keer zo hoog als op de stroomafwaartse meetlocaties langs de Hoogrijn en de bovenloop van de Duits-Franse Bovenrijn. Bovendien is er sprake van een sterke invloed van plankton uit het Bodenmeer. Ook de samenstelling van de algen wijkt op deze meetlocatie duidelijk af. Naast kiezelalgen zijn hier voornamelijk cryptophyceae dominant. Af en toe neemt ook het percentage van andere algengroepen toe binnen het totale biovolume: in september 2006 het percentage cyanobacteria (*Anabaena lemmermannii* etc., ca. 20%), in juli het percentage dinophyceae (peridineeën, >40%) en begin oktober het percentage conjugatophyceae (met name *Spirogyra* sp., bijna 50%). Reeds in **Reckingen** is het totale biovolume aanzienlijk gedaald en is ook de algensamenstelling veranderd. Net als op alle stroomafwaarts gelegen meetlocaties vormen ook hier gemiddeld over het seizoen de kiezelalgen de grootste groep binnen de fytoplanktonbiomassa. Andere algengroepen zijn slechts in geringe percentages (meestal <10%) vertegenwoordigd.

3.3.5 Duits-Franse Bovenrijn

In het gehele Bovenrijntraject is de fytoplanktonbiomassa nog relatief klein. Het totale biovolume ligt bij geen enkel meetstation hoger dan 0,5 mm³/l. Duidelijk dominant zijn bacillariophyceae, die bijna altijd goed zijn voor meer dan 50% van het biovolume. Andere belangrijke algengroepen zijn cryptophyceae en chrysophyceae. In **Weil** stijgt in juni en november het aandeel cyanobacteriën (*Planktothrix agardhi*), in augustus bestaat rond een derde van de fytoplanktonbiomassa uit groenalgen (*Chlorococcales*, *Coelastrum asteroideum*, *Scenedesmus obliquus*). In **Breisach/Vogelgrün** maken bacillariophyceae (*Eunotia* sp., *Diatoma vulgare*, *Melosira varians*) in september 92% van het biovolume uit. Reeds één maand later is de algensamenstelling echter volledig gewijzigd: nu zijn naast kiezelalgen ook cyanobacteriën (*Planktothrix*) en cryptophyceae (*Rhodomonas lacustris*, *R. lens*) elk met 30% van het totaalvolume dominant. In **Karlsruhe** treden naast diatomeeën en cryptophyceae tijdelijk ook versterkt cyanobacteriën (mei 12%), dinophyceae (augustus 17%, met name *Ceratium hirundinella*) en euglenophyceae (juli 10%, *Trachelomonas* sp.) op. In **Worms** en **Mainz** blijft het fytoplanktonvoorkomen gering. Bij kiezelalgendominantie heeft het aandeel centrische vormen, zoals verschillende *Cyclotella*-soorten en *Stephanodiscus minutulus*, de overhand.

3.3.6 Middenrijn

Op de meetlocatie **Koblenz**, nog vóór de monding van de Moezel, is vergeleken met Mainz in 2006 het totale biovolume verdubbeld. Diatomeeën vormen hierbij de grootste groep (>70% gemiddeld over het seizoen). De biomassamaxima bestaan met name uit centrische diatomeeën (*Skeletonema potamos*, *S. subsalsum*, *Melosira varians*, *Stephanodiscus hantzschii* en andere) alsmede uit *Diatoma vulgare* en *Navicula* sp. Tijdelijk maken ook chrysophyceae en *Cryptomonas* alsmede verschillende groenalgen deel uit van deze maxima. Het percentage groenalgen neemt in de zomer en herfst licht toe, maar blijft lager dan 10%. In **Bad Honnef** overheersen kiezelalgen met een volumeaandeel van 88% van het fytoplankton. Groenalgen nemen in aantal toe, het cryptophyceae-biovolume neemt af.

3.3.7 Duitse Nederrijn

Tussen Bad Honnef en **Kleef-Bimmen** stijgt het totale biovolume in 2006 van 1,44 naar 3,96 mm³/l gemiddeld over het seizoen. Dit is de hoogste stijging van alle onderzochte Rijntrajecten. Het aandeel kiezelalgen ligt in Bimmen bij 93%. Ook het groenalgengehalte neemt toe, maar blijft gemiddeld op 3%, in de zomer op ca. 10% van het totale biovolume. Steeds dominant zijn centrische diatomeeën, waarbij met name *Skeletonema subsalsum*, *S. potamos*, *Stephanodiscus hantzschii*, *St. neoastraea* en *St. minutulus* alsmede verschillende *Cyclotella*-soorten hoge biomassawaarden ontwikkelen. Deels ontwikkelen zich in de zomer ook grotere voorkomens groenalgen (bijv. *Chlamydomonas* sp., *Coelastrum microporum*) en cryptophyceae. Het soortenspectrum in de Duitse Nederrijn beslaat meer dan 300 taxa (zie lijst in FRIEDRICH & POHLMANN 2009).

3.3.8 Rijndelta

Op de Nederlandse meetlocaties is geen onderzoek naar fytoplankton in de rivieren gedaan. Er zijn echter gegevens beschikbaar van chlorofylmetingen uit 2007. De totaal pigmentgehalten in het IJsselmeer zijn vergelijkbaar met die van de benedenstroomse Duitse Nederrijn, terwijl ter hoogte van de monding bij Maassluis lagere waarden worden gemeten.

3.3.9 Algehele beschouwing van de hoofdstroom van de Rijn

Over het algemeen kan worden vastgesteld dat het element fytoplankton pas vanaf de Middenrijn een belangrijke rol speelt. Belangrijke invloedsfactoren voor de

algenontwikkeling zijn - naast het licht- en nutriëntenaanbod en de vertraging van de stromingssnelheid in het verloop van de Rijn - ook de temperaturen en afvoerregimes in de vegetatieperiode alsmede de grazing-druk door predatoren.

Uit figuur 3 blijkt dat de fytoplanktonontwikkeling van jaar tot jaar behoorlijk kan verschillen. 2006 werd gekenmerkt door twee duidelijke fytoplanktonmaxima in het voorjaar en in de zomer. De algenontwikkeling werd gestimuleerd door relatief hoge watertemperaturen en een gereduceerd filtratievermogen van de mosselen in de rivier. De grazing-druk door de in grote aantallen voorkomende korfmosselen (*Corbicula fluminea*) op het fytoplankton is afgenomen nadat vele individuen het droogvallen van oevergebieden niet hebben overleefd. Mogelijkerwijs ligt de oorzaak ook in de meer dan twee weken aanhoudende opwarming tot max. 27°C van de Duitse Nederrijn in juli/augustus. VIERGUTZ *et al.* (2007) en WEITERE *et al.* (2008) hebben in laboratoriumtests aangetoond dat bij temperaturen > 25°C het filtratievermogen van *Corbicula* afneemt en sluiten dit effect derhalve ook voor de Rijn zelf niet uit.

In het jaar daarna was er sprake van een zeer sterke piek in het voorjaar, maar niet in de zomer. Vermoedelijk is deze uitgebleven vanwege de hogere afvoeren in de zomermaanden van 2007 (zie tabel 2). De temperaturen in de Duitse Nederrijn lagen nooit boven 25°C.

In tabel 2 worden de seizoensgemiddelden van het totale biovolume en het totaalpigment van de meetlocaties Bad Honnef en Kleef-Bimmen vergeleken met de afvoergegevens van de meetlocaties Bonn en Rees.

Tab. 2: Afvoer (juli/augustus) en biomassaparameters (seizoensgemiddelde) vergeleken voor de verschillende jaren

Jaar	Meetlocatie	Gemiddelde afvoer (m ³ /s), juli-augustus	Totaal pigment (µg/l)	Totale biovolume (mm ³ /l)
2006	Bad Honnef		8,8	1,45
	Bonn	1429		
	Rees	1594		
	Kleef-Bimmen		20,7	3,94
2007	Bad Honnef		5,5	0,39
	Bonn	2489		
	Rees	2837		
	Kleef-Bimmen		10,9	1,09

3.4 Zoöplankton

Abundantiewaarden van het zoöplankton zijn beschikbaar voor de meetstations Koblenz, Bad Honnef en Kleef-Bimmen. In Koblenz werd ook de biomassa bepaald.

In figuur 7 zijn de percentages (met betrekking tot het aantal individuen en het droog gewicht) van de belangrijkste groepen weergegeven. De verdeling is voor beide jaren vergelijkbaar. De grootste groep binnen de totale biomassa vormen de raderdieren (rotatoria), gevolgd door de protozoa (in kaart gebracht zijn wimperdieren en schaalmoeben). Ook vrij zwemmende mossellarven zijn wat de biomassa betreft een belangrijke groep, hoewel hun individuentichtheid gering is. Het percentage kleine kreeften (cladoceren, copepoden) valt te verwaarlozen en heeft vermoedelijk geen significante invloed op de algenconcentratie.

Rijn Koblenz

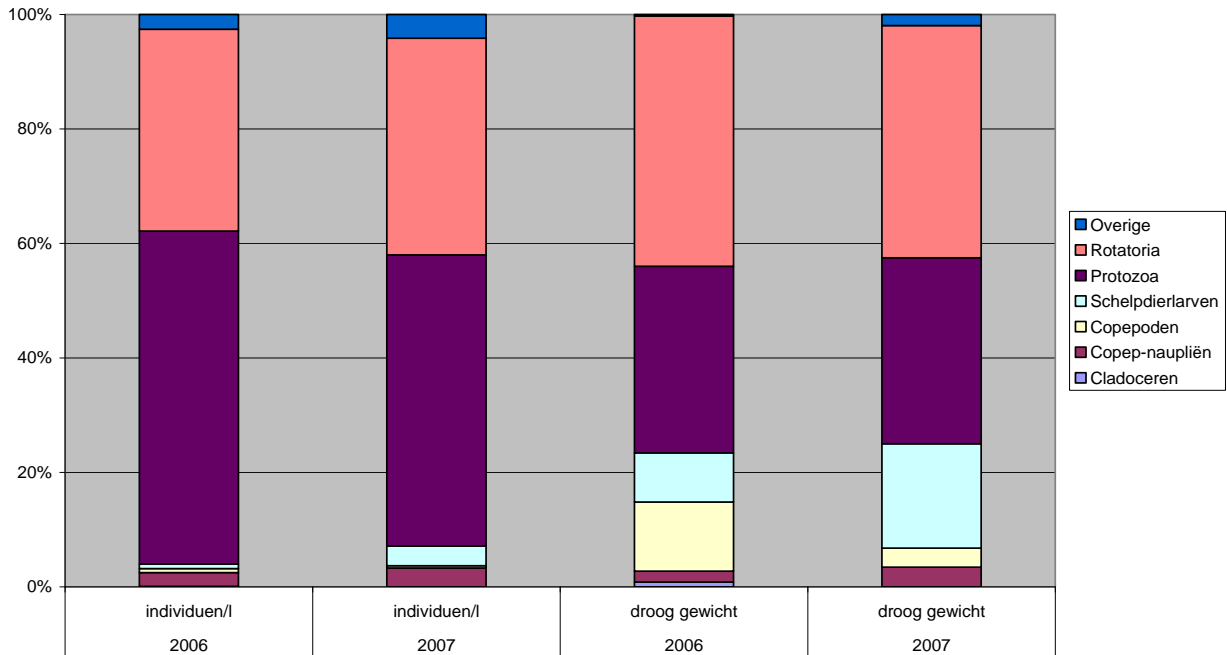


Fig. 6: Percentages belangrijke zoöplanktongroepen van het individuentotaal resp. van het droog gewicht in de Rijn bij Koblenz (2006 en 2007)

Ook in de Duitse Nederrijn zijn protozoa (waaronder met name schaalmoeben) en raderdieren de meest individuenrijke soorten. Vaak aan te treffen zijn de raderdieren *Keratella cochlearis*, *Synchaeta div. sp.*, alsmede veel membraneuze, niet nader bepaalde soorten. Bijna alle zoöplanktonsoorten gaven in mei en juni de sterkste ontwikkeling te zien. Tabel 3 bevat de abundanties van de afzonderlijke zoöplanktongroepen voor de drie meetlocaties in de periode 2006-2007 (seizoensgemiddelde april - oktober). Hieruit blijkt dat - op grond van het stijgende voedselaanbod - de individuen aantallen (met uitzondering van de crustacea) tussen Koblenz en Kleef-Bimmen stijgen.

Tab. 3: Zoöplankton (ind./l) langs de Middenrijn en de Duitse Nederrijn (seizoensgemiddelde 2006-2007)

Meetlocatie	Protozoa	Rotatoria	Cladoceren	Copepoden	Mossellarven
Koblenz	33	13	2	5	6
Bad Honnef	44	20	1	1	7,5
Kleef-Bimmen	55	29	2	2	12

Er mag van worden uitgegaan dat de grazing-Invloed van sessiele filtreerders op de fytoplanktonontwikkeling aanzienlijk groter is dan de invloed van het zoöplankton. Was het in het verleden de driehoeksmossel *Dreissena polymorpha*, die tot voor enkele jaren nog grote populaties vormde, de belangrijkste filtreerder, tegenwoordig is dit de korfmosseel *Corbicula fluminea*, een nieuwkomer in de Rijn waarvan er inmiddels vele miljoenen kunnen worden aangetroffen.

De zoöplanktonpopulatie in de Rijn profiteert van de constante toestroom van organismen uit de zijrivieren. Ter hoogte van de monding van de Moezel was de biomassa van het zoöplankton in de jaren 2006 en 2007 ca. vijf keer zo hoog als in de Rijn bij Koblenz, waarbij ook hier raderdieren en protozoa de grootste groepen vormden.

3.5 Vergelijking van de onderzoeksresultaten met eerdere studies

Binnen de **nutriënten** spelen met name fosfor en silicium een belangrijke rol voor de planktonontwikkeling in de Rijn. In het fytoplanktonrapport van de ICBR (2002) blijkt uit de vergelijking van de jaargemiddelden uit de jaren 1995 en 2000 een duidelijk dalende trend. Deze trend zet zich in afgezwakte vorm tot heden voort. Voor de meetlocatie Kleef-Bimmen zijn er langjarige metingen van de totale fosfaat-P-concentratie beschikbaar (zie figuur 8). Hieruit blijkt dat er, na een aanvankelijk sterke daling van de concentratie in de afgelopen jaren, momenteel nog maar sprake is van een lichte teruggang. De meetwaarden liggen rond de oriënteringswaarde van de ICBR van 0,15 mg/l.

Ook voor het opgeloste kiezelzuur (SiO₂-Si) zijn de jaargemiddelden ten opzichte van 2005 weer licht gedaald.

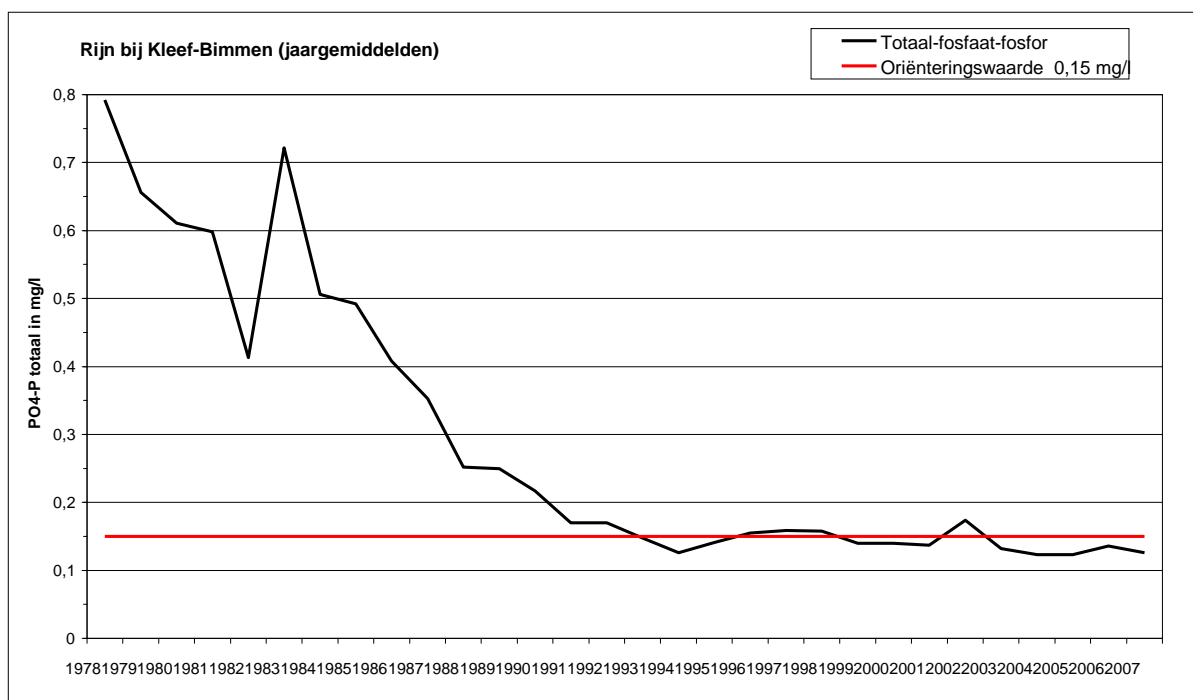


Fig. 7: Ontwikkeling van de totale fosfaat-fosfor-concentratie in de Rijn bij Kleef-Bimmen tussen 1978 en 2007 (bron: LANUV NRW)

De chlorofylconcentraties zijn om meerdere redenen moeilijk met elkaar te vergelijken. Zoals uit tabel 4 blijkt, werden in 2006 weliswaar op alle meetlocaties gemiddeld hogere concentraties gemeten maar het betreft hier gemiddelde waarden uit de vegetatieperiode (april - oktober). De reële jaargemiddelden zouden - gezien de kleinere primaire productie in de lichtarme winterperiode - vermoedelijk lager zijn.

De chlorofylmaxima zijn in Koblenz en Kleef-Bimmen hoger, in Bad Honnef lager dan zes jaar geleden. Omdat het hierbij slechts dagwaarden betreft en de daadwerkelijke fytoplanktonmaxima bij de monsternamen waarschijnlijk zijn gemist, is ook hier een vergelijking slechts in beperkte mate mogelijk. Daarbij mag ook niet worden voorbijgegaan aan het feit dat er met aanzienlijke door de natuur veroorzaakte schommelingen rekening dient te worden gehouden, aangezien ook de natuurlijke invloedsfactoren op de fytoplanktonontwikkeling, zoals gemiddelde straling en waterafvoer, van jaar tot jaar sterk kunnen verschillen (zie tabel 2).

Tab. 4: Vergelijking van de chlorofyl-meetwaarden (1995 en 2000 jaargemiddelden, 2006 seizoensgemiddelden)

	Chlorophyll a-Mittel ($\mu\text{g/l}$)			Chlorophylla-Max. ($\mu\text{g/l}$)	
	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. Beoordeling

De ecologische toestand conform de Europese Kaderrichtlijn Water kan aan de hand van het biologisch element fytoplankton worden beoordeeld met behulp van een nieuwe, in Duitsland ontwikkelde methode (MISCHKE & BEHRENDT 2007; vgl. tab. 5).

Het Zwitserse modulaire stappensysteem voor de beoordeling van de toestand van stromende wateren bevat ook een module "fytoplankton" (kiezelalgen / centrische diatomeeën) als indicator voor de waterkwaliteit (<http://www.modul-stufen-konzept.ch>). Voor het onderhavige rapport zijn de ruwe gegevens van de bemonsteringslocaties in de Hoogrijn ter beschikking gesteld ten behoeve van een eerste algemene beoordeling volgens de Duitse methode.

De kust- en overgangswateren werden beoordeeld volgens de Nederlandse methode (vgl. tab. 6).

Hoogrijn tot Duitse Nederrijn: Beoordeling volgens de Duitse methode

Het multimetrische beoordelingssysteem voor stromende wateren van het type 10.1 (Rijn benedenstrooms van het Bodenmeer tot de monding van de Wupper) en het type 20.1 (Rijn van de monding van de Wupper tot de Rijndelta) bevat drie afzonderlijke indicatoren die informatie leveren over de biomassa van de algen en de taxonomische samenstelling van het fytoplankton:

- Totaal pigment als maatstaf voor de biomassa van het fytoplankton. Herberekening van het ongecorrigeerde chlorofyl-seizoensgemiddelde resulteert in zgn. "B-waarden" tussen 0,5 en 5,5, waarbij de B-waarden stijgen naarmate de totaal pigmentconcentraties hoger worden. Deze cijfers worden gebruikt ter berekening van de totale index.
- Indicator "pennales": indexwaarde tussen 1 en 3 die resulteert uit een vergelijking van de dominantiewaarde van de pennale diatomeeën en vaste soortspecifieke klassengrenzen. Het percentage van de pennales daalt in de watertypen van de Rijn met stijgende degradatie, en de indexwaarde neemt toe.
- Soortspecifieke indexwaarde potamoplankton (TIP): indicator voor de degradatie op basis van indicatortaxa.

Uit deze drie afzonderlijke indicatoren wordt met behulp van de gemiddelde waarden de "Totaalindex fytoplankton" berekend.

De gegevens worden automatisch geanalyseerd met behulp van de analysesoftware "Phytofluss". Het resultaat zijn de berekende indicatoren en het analyseresultaat.

De "zeer goede toestand" komt overeen met totaalindexwaarden van 0,5 tot 1,5.

Waarden > 1,5 tot 2,5 zijn representatief voor de "goede toestand", etc.

Tabel 5 geeft de ecologische beoordeling van de Rijnmeetlocaties weer aan de hand van het fytoplankton.

Tab. 5: Beoordeling van de ecologische toestand van de meetlocaties op basis van de Duitse beoordelingsmethode (2006/2007)

Meetlocatie	Rivier-kilometer	Type	Totaal pigment B-waarde	Pennales EQ	TIP	Totaalindex	Beoordeling
Oehningen	23	10.1	0,5	3	2,6	2,0	goed
Reckingen	90	10.1	0,5	1	2,3	1,3	zeer goed
Weil	171	10.1	0,5	1	2,6	1,4	zeer goed
Vogelgrün	225	10.1	0,5	1	2,6	1,4	zeer goed
Karlsruhe	359	10.1	0,5	1	2,7	1,4	zeer goed
Worms	443	10.1	0,6	3	2,6	2,06	goed
Mainz	498	10.1	0,5	3	2,6	2,04	goed
Koblenz	590	10.1	0,9	3	2,6	2,16	goed
Honnet	640	10.1	1,2	3	2,8	2,33	goed
Bimmen	863	20.1	2,8	3	3,2	3,02	matig
2007							
Koblenz	590	10.1	0,5	3	2,5	2,00	goed
Honnet	640	10.1	0,6	2	2,8	1,79	goed
Bimmen	863	20.1	1,6	3	3,5	2,72	matig

Zoals uit het overzicht blijkt, werd in 2006 de Untersee-uitloop (Bodenmeer) op de meetlocatie Öhningen als goed beoordeeld. De Hoogrijn bij Reckingen en de Duits-Franse Bovenrijn tot Karlsruhe bevinden zich, voor wat betreft het biologisch element fytoplankton, in een **zeer goede** toestand. Het benedenstroomse traject van de Duits-Franse Bovenrijn en de Middenrijn tot Bad Honnet dient als **goed** te worden beoordeeld. De meetlocatie Kleef-Bimmen aan de benedenloop van de Duitse Nederrijn krijgt als totaalbeoordeling **matig**. Verder stroomafwaarts gelegen meetlocaties in het Rijn-deltagebied kunnen momenteel niet worden beoordeeld op basis van fytoplankton.

Op basis van de afzonderlijke indicatoren kan reeds vanaf Koblenz een stijging van de indicatiewaarde (B-waarde) voor het **totaal pigment** worden geconstateerd, die in Bimmen zijn maximum bereikt.

De indicator voor **pennales** bedraagt aan de Untersee-uitloop bij Öhningen "3", aangezien hier het plankton sterk wordt beïnvloed door de ontwikkeling van kiezelalgen in het Bodenmeer. Van Reckingen tot Karlsruhe is de waarde met "1" indicatief voor gunstige omstandigheden, waarna deze vanaf Worms naar "3" stijgt, hetgeen duidt op een toenemende degradatie.

De **TIP-index** bedraagt tot Koblenz vrijwel constant 2,6. Na Bad Honnet neemt deze toe om in de benedenloop van de Duitse Nederrijn zijn maximum te bereiken (3,2).

De gegevens van 2007 geven voor de Middenrijn en de Duitse Nederrijn hetzelfde beeld, waarbij de indicatoren hier echter lager zijn. Vanwege de hogere afvoer en de kortere verblijfstijd lag de primaire productie in 2007 op een lager niveau.

Kust- en overgangswateren: Beoordeling volgens de Nederlandse methode

De trofie van de kust- en overgangswateren is beoordeeld aan de hand van de chlorofyl-a-concentratie. Tabel 6 bevat de classificaties voor de jaren 2001 - 2007 volgens het Nederlandse beoordelingssysteem¹.

De beoordeling (zeer goed: blauw; goed: groen; matig: geel; ontoereikend: oranje) is uitgedrukt in ecologische kwaliteitsratio's (EKR), waarbij de grens ontoereikend/matig 0,4; matig/goed 0,6 en goed/zeer goed 0,8 is. **Tab. 6:** Beoordeling van het biologische kwaliteitselement "fytoplankton" op basis van het Nederlandse beoordelingssysteem

Meetstation	Waterlichaam	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007
		Noordwijk 2	NL kust	0,54	0,53	0,61	0,84	0,62
Boomkensdiep	Waddenzee - kust	0,64	0,75	0,63	0,49	0,39	0,80	0,60
Dantziggat (+ Doovebalg West 2007)	Waddenzee	0,41	0,48	0,47	0,47	0,54	0,51	0,52

Uit de tabel blijkt dat de beoordelingen - met uitzondering van het Waddenzeestation Dantziggat dat uitsluitend als matig werd beoordeeld - in de verschillende jaren sterk van elkaar afwijken. De toestand in de Waddenkust en in de Hollandse kust is het ene jaar goed tot zeer goed, andere jaren matig tot ontoereikend. Een verdere stabilisatie van de "goede toestand" is noodzakelijk.

¹ De beoordeling van de situatie aan de kust heeft slechts betrekking op de 1-mijlszone en is afgestemd op de Europese beoordelingsmaatstaven van het interkalibratieproces. Hierdoor ontstaan afwijkingen van de OSPAR-uitspraken. OSPAR neemt de toestand van de gehele Noordzee, incl. estuaria en kustzone in beschouwing. In het kader van OSPAR zijn er ook maatregelenprogramma's voor de stikstofreductie gaande. De kernuitspraken volgens KRW en volgens OSPAR zijn vergelijkbaar.

5. Literatuur

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

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

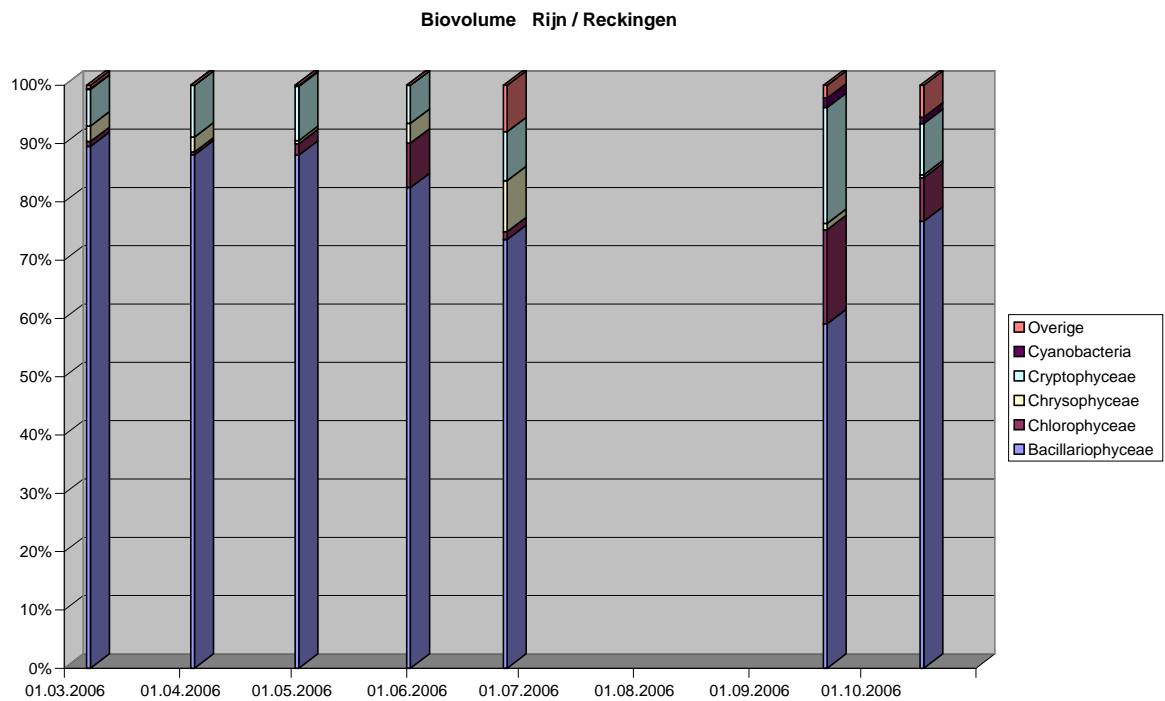
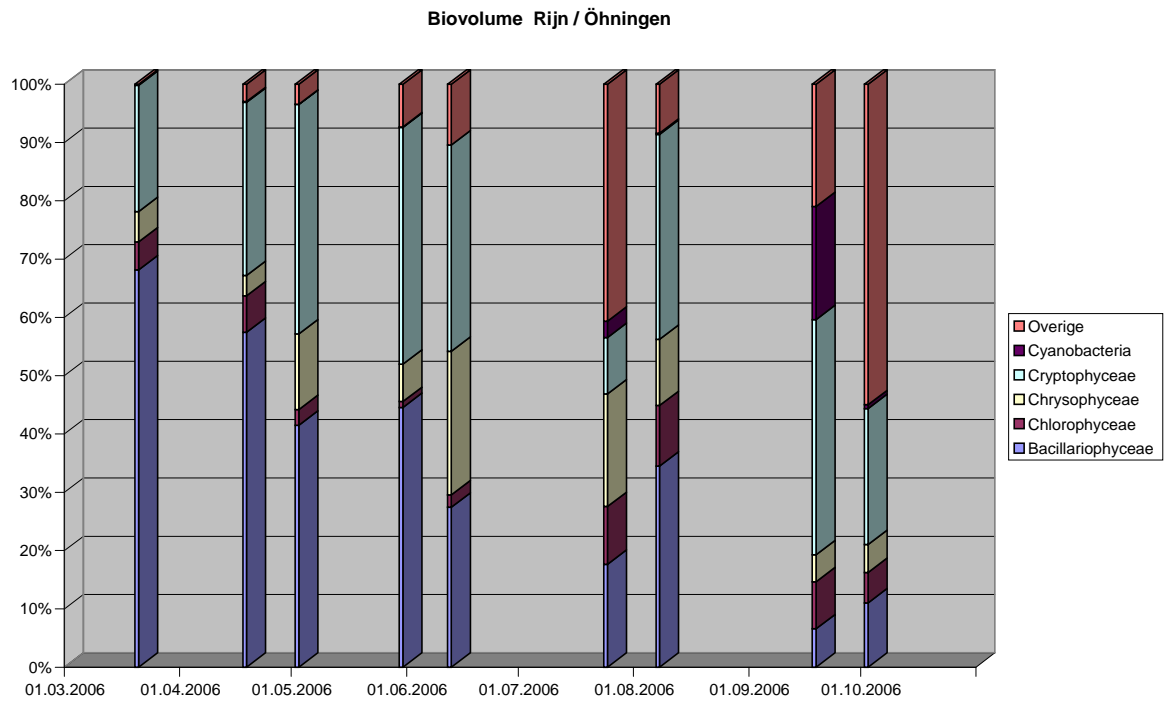
MISCHKE, U. & H. BEHRENDT (2007): Handbuch zum Bewertungsverfahren von Fließgewässern mittels Phytoplankton zur Umsetzung der EU-WRRL in Deutschland. Weißensee Verlag, 88 p.

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

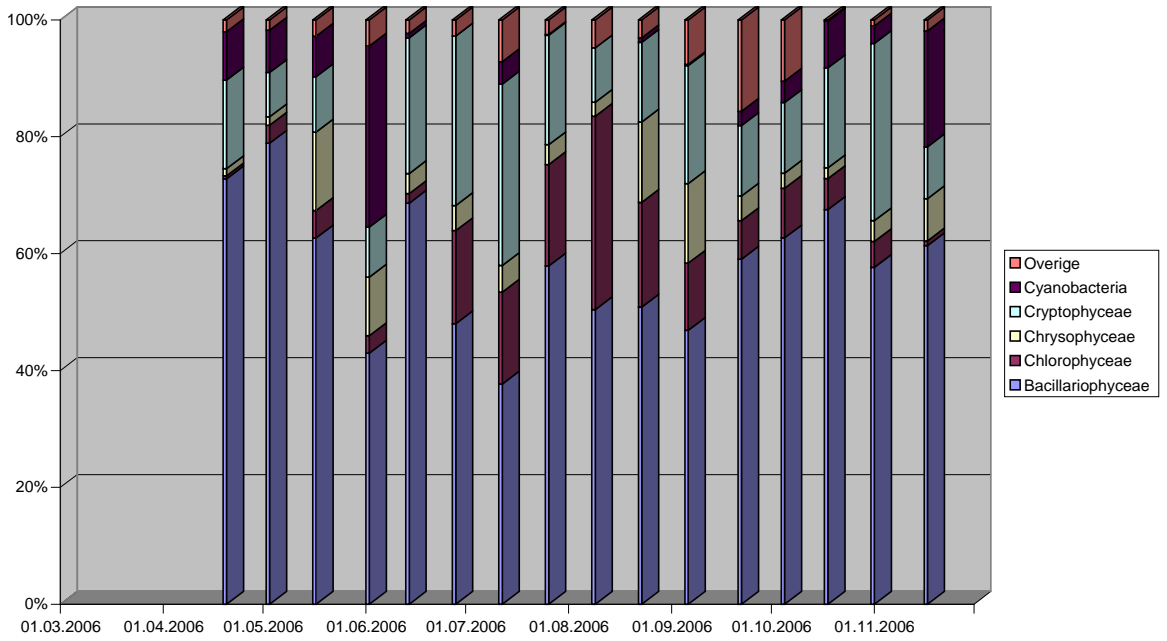
VIERGUTZ, C., M. KATHOL, H. NORF, H. ARNDT & M. WEITERE (2007): Control of microbial communities by the macrofauna: A sensitive interaction in the context of extreme summer temperatures. – *Oecologia* 151, pp 115-124.

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), pp 477-486.

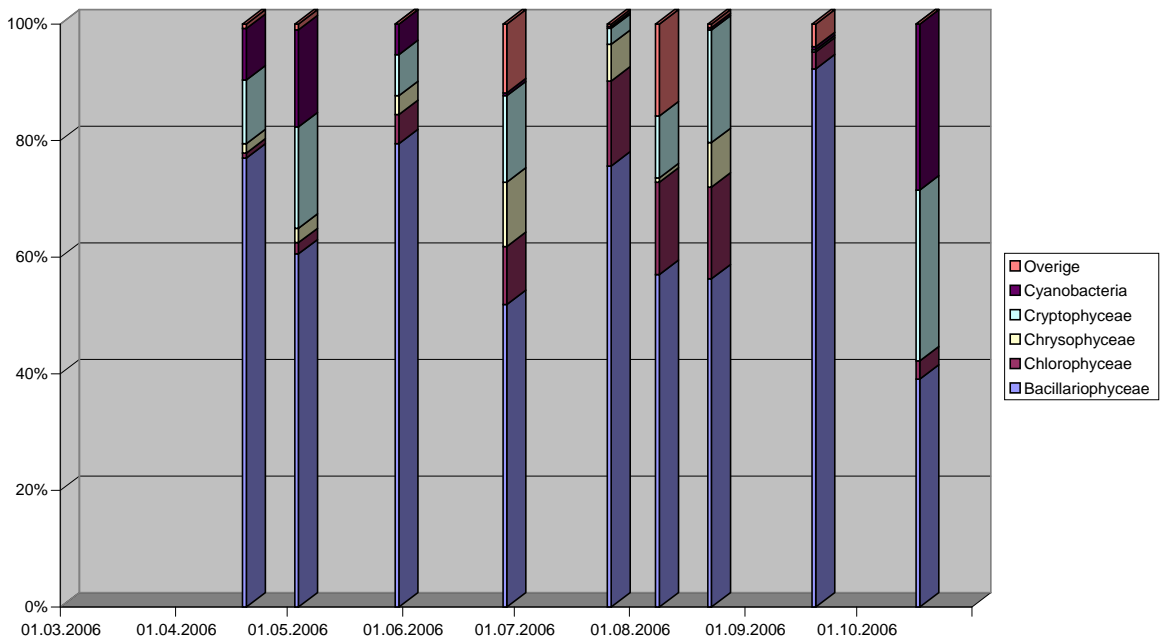
Bijlage: Aandeel afzonderlijke algengroepen in het biovolume (geselecteerde stations)



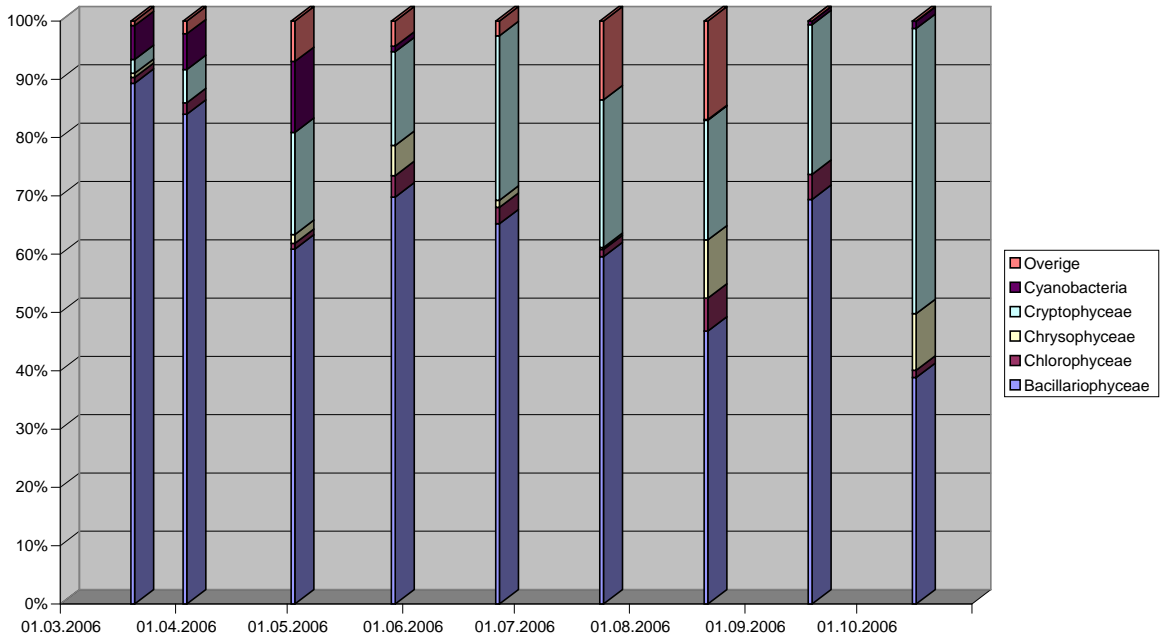
Biovolume Rijn / Weil



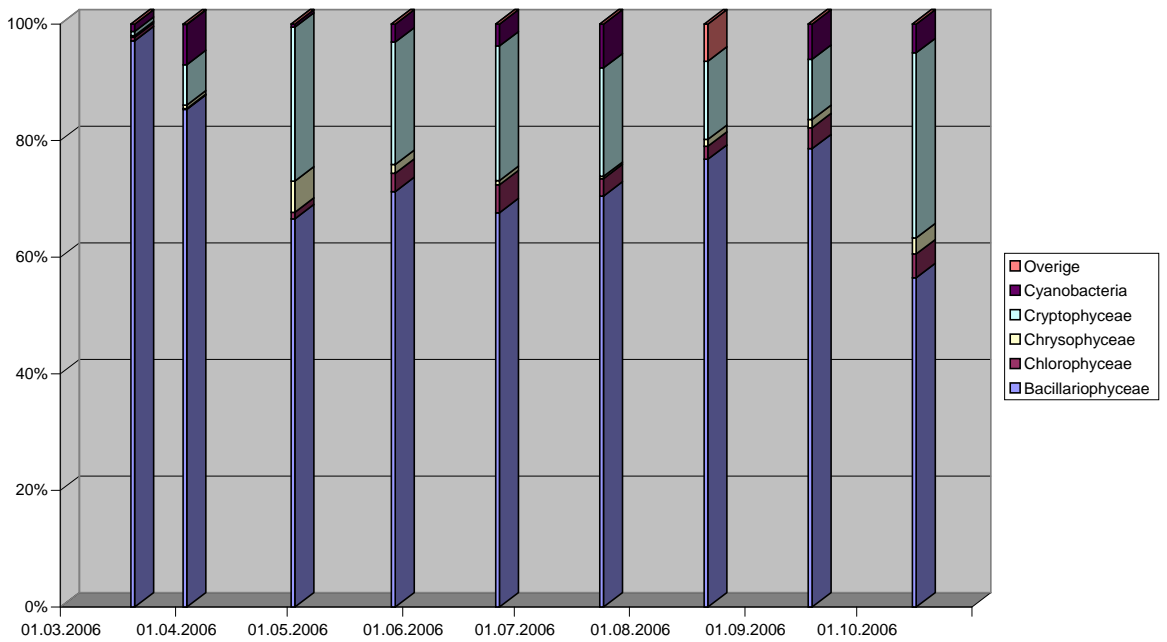
Biovolume Rijn / Vogelgrün



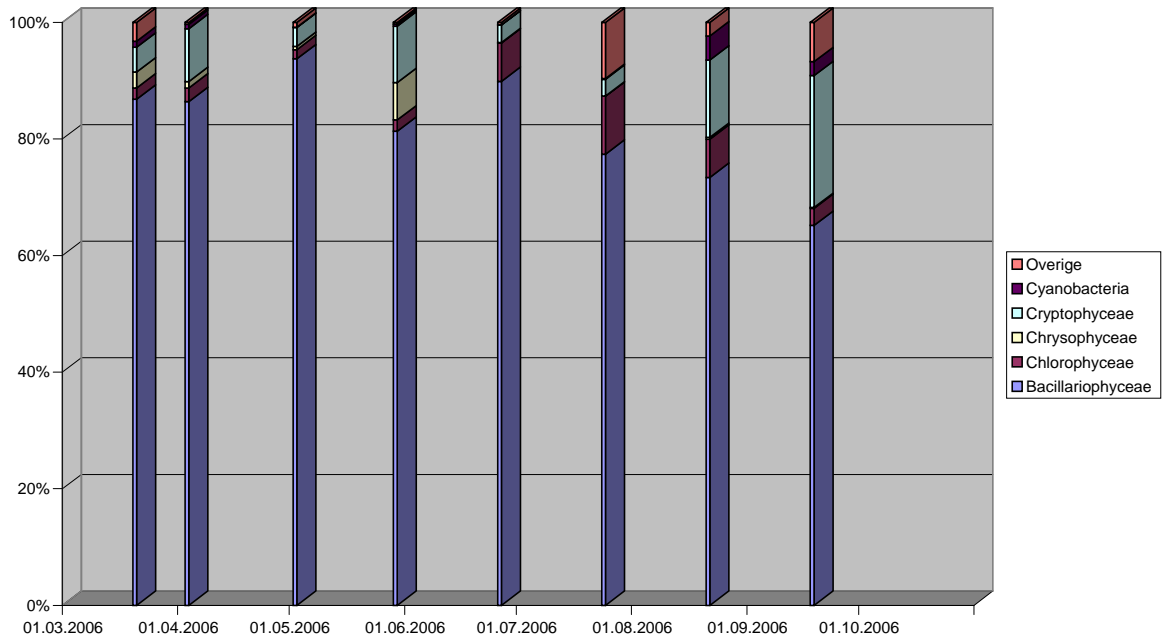
Biovolume Rijn / Karlsruhe



Biovolume Rijn / Koblenz



Biovolume Rijn / Bad Honnef



Biovolume Rijn / Binnen

