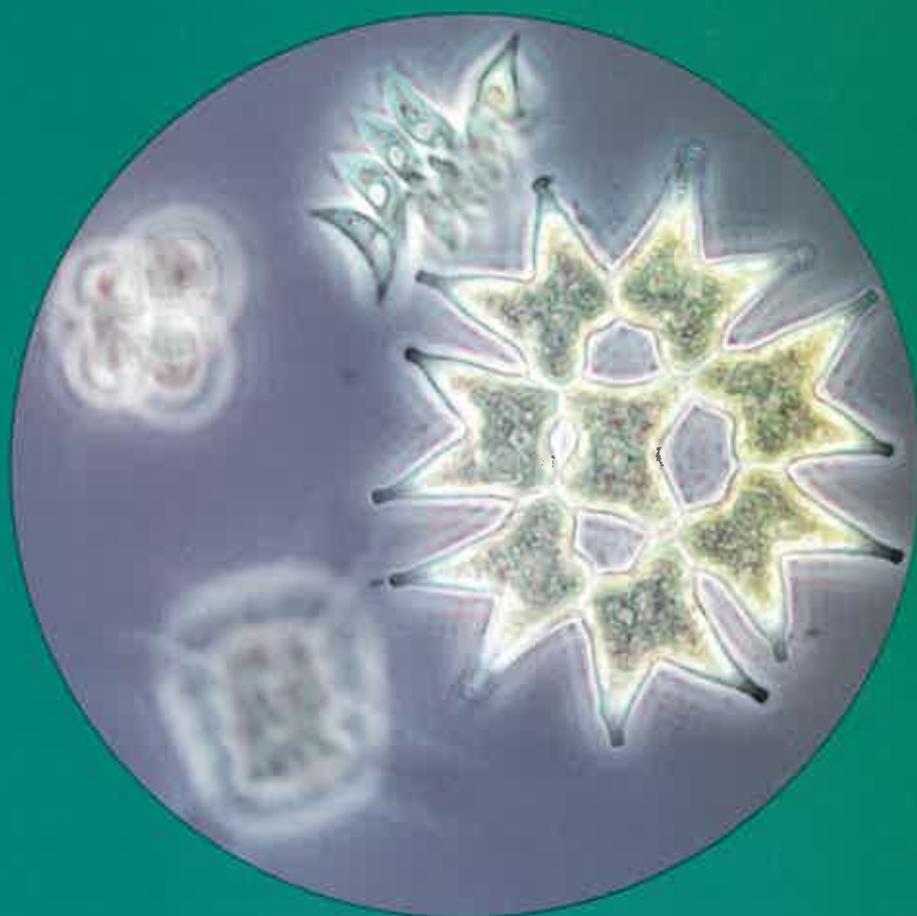


Plankton im Rhein 1995

Plancton dans le Rhin 1995



INTERNATIONALE KOMMISSION ZUM SCHUTZE DES RHEINS
COMMISSION INTERNATIONALE POUR LA PROTECTION DU RHIN



Inhaltsverzeichnis

Zusammenfassung	1
Résumé	3
1. Einleitung	5
2. Methode	6
3. Ergebnisse	8
3.1 Abfluß und Globalstrahlung	8
3.2 Chemie und Chlorophyll-a	10
3.3 Trophiebewertung	14
3.4 Biologie	16
3.4.1 Phytoplankton	16
3.4.2 Zooplankton	24
4. Diskussion	28
5. Literatur	31

Zusammenfassung

Im Rahmen des "Aktionsprogramms Rhein" der Internationalen Kommission zum Schutze des Rheins (IKSR) sind biologische Bestandsaufnahmen des Rheinplanktons, des Makrozoobenthos und der Rheinfischfauna in fünfjährigem Abstand vorgesehen. Sie sollen einerseits der Dokumentation des biologischen Istzustandes dienen und damit eine Basis für künftige ökologische Erfolgskontrollen bzw. Beweissicherungen abgeben. Andererseits liefern die erhobenen Untersuchungsdaten des Rheinplanktons unmittelbar verwendbare Hinweise für die Feststellung der gegenwärtigen Eutrophierungsverhältnisse im Rhein.

So wurden 1995 Planktonuntersuchungen im Rhein vom Bodensee bis zur Nordsee durchgeführt und alle vierzehn Tage an zehn Meßstellen Proben entnommen. Die Ergebnisse wurden mit Daten aus dem Jahr 1990 verglichen.

Die Nährstoff- und Chlorophyllkonzentrationen sind stromabwärts vom Bodensee bis Mannheim noch relativ niedrig. Unterhalb von Mannheim steigen die Konzentrationen der Nährstoffe Nitrat, Ammonium und Phosphat deutlich an. Die Silikatwerte sind im Mittelbereich des Flusses, zwischen Weisweil und Bimmen-Lobith, am höchsten. An den meisten Meßstellen lagen die Chlorophyllkonzentrationen im Jahre 1990 20 bis 300 % höher als im Jahre 1995.

Auf Basis der Zellzahlen stellen Kieselalgen die wichtigste Algengruppe im gesamten Fluß dar, gefolgt von Grünalgen, Cryptophyceen und Blaualgen. Der Bodensee-Untersee unterscheidet sich von den Flußmeßstellen im Hoch- und Oberrheinbereich durch den hohen prozentualen Anteil an Blaualgen. Bei Rekingen sind die Kieselalgen am häufigsten, gefolgt von Grünalgen und Cryptophyceen. Von Rekingen bis Koblenz nehmen die Kieselalgen weiter zu und die Cryptophyceen ab. Unterhalb von Koblenz ist der prozentuale Anteil an Blaualgenzellen wieder größer. Der entsprechende Anteil an Cryptophyceen ist in diesem Flußabschnitt sehr niedrig.

Bezogen auf das Biovolumen ergibt sich für die Darstellung der im Jahresverlauf beobachteten Algenentwicklung ein wesentlich anderes Bild als es die Berücksichtigung nur der Zellzahlen vermittelt. So spielen z.B. die Blaualgen beim Gesamtbiovolumen nur eine untergeordnete Rolle, während der prozentuale Anteil dieser Gruppe an den Gesamtzellzahlen im

Niederrhein sehr groß ist. Demgegenüber ist der prozentuale Biovolumenanteil der Kieselalgen wesentlich größer als der prozentuale Anteil an den Zellzahlen. Bei den Grünalgen ist wiederum der prozentuale Biovolumenanteil deutlich kleiner als der prozentuale Anteil der Zellzahlen.

Bei der Entwicklung der Hauptalgengruppen sind, gemessen an deren jeweiligen gegenseitigen prozentualen Mengenverhältnissen, zwischen beiden Untersuchungsjahren erhebliche Unterschiede festzustellen. Auffallend ist der größere Anteil an Blau- und Grünalgen bei Rekingen, Karlsruhe und Mannheim und der geringere Anteil an Blaualgen bei Lobith, Bimmen und Maassluis im Jahr 1990. An den letztgenannten drei Meßstellen traten auch die Grünalgen 1990 - relativ gesehen - stärker hervor als 1995. Bei Rekingen, Karlsruhe und Mannheim waren Diversität und Ausmaß der kurzfristigen Schwankungen im Artengefüge 1990 größer als 1995. Diese Unterschiede sind offensichtlich auf die höheren und stärker schwankenden Abflüsse 1995 zurückzuführen. Damit würde sich bestätigen, daß für die Entwicklung des Fließgewässerplanktons neben der Nährstoffsituation vor allem das Abflußgeschehen und die Lichtverhältnisse eine besondere Rolle als Schlüsselfaktoren spielen.

Rädertiere (Rotatoria) bilden die wichtigste Zooplanktongruppe, während Kleinkrebse (Cladocera und Copepoda) aufgrund ihrer längeren Entwicklungszeit wesentlich geringere Individuenzahlen erreichten bzw. erst im Deltarhein auftraten. Das Zooplankton entwickelte sich besonders im Frühling und Sommer. Die Zooplanktondichte war 1995 niedriger als 1990, wahrscheinlich infolge des höheren Abflusses. Das trifft besonders für die *Dreissena*-Larven auf der gesamten Flußstrecke zu und für die Cladoceren im Niederrheingebiet. Die geringere Dichte der *Dreissena*-Larven ist außerdem auf den verminderten Bestand an adulten *Dreissena*-Muscheln infolge des Austrocknens eines Teils der Muschelbänke zurückzuführen.

Résumé

Des inventaires biologiques du plancton, du macrozoobenthos et de la faune piscicole du Rhin sont prévus tous les cinq ans dans le cadre du "Programme d'Action Rhin" de la Commission Internationale pour la Protection du Rhin (CIPR). Ils ont d'une part pour fonction de rendre compte de l'état biologique actuel et de servir ainsi de base aux futurs suivis écologiques et aux contrôles des résultats. D'autre part, les données d'analyse recensées sur le plancton du Rhin fournissent des informations directement utilisables sur les conditions actuelles d'eutrophisation dans le Rhin.

En 1995, des analyses du plancton ont été réalisées dans le Rhin depuis le lac de Constance jusqu'à la mer du Nord. Des échantillons ont été prélevés tous les quatorze jours dans dix stations de mesure et les résultats comparés aux données de 1990.

Les concentrations de nutriments et de chlorophylle sont encore relativement faibles en aval du lac de Constance jusqu'à Mannheim. En aval de Mannheim, les concentrations de nitrate, d'ammonium et de phosphate, tous des nutriments, augmentent sensiblement. Les teneurs maximales de silicate sont mesurées au milieu du fleuve entre Weisweil et Bimmen-Lobith. Dans presque toutes les stations de mesure, les concentrations de chlorophylle sont supérieures en 1990 d'un facteur variant entre 20 et 300 % à celles de 1995.

Si l'on se base sur le nombre de cellules, les diatomées constituent le groupe d'algues le plus important sur l'ensemble du fleuve, suivies des chlorophycées, des cryptophycées et des cyanophycées. Le lac inférieur du lac de Constance se distingue des stations de mesure fluviales du haut Rhin et du Rhin supérieur par le pourcentage élevé des cyanophycées. A hauteur de Rekingen, les diatomées sont les plus fréquentes, suivies des chlorophycées et des cryptophycées. Entre Rekingen et Coblenz, les diatomées continuent à augmenter alors que les cryptophycées diminuent. En aval de Coblenz, le pourcentage de cellules de cyanophycées est à nouveau plus élevé. Dans ce tronçon fluvial, le pourcentage des cryptophycées est très faible.

Si l'on se réfère au biovolume, l'évolution des algues observée au cours d'une année diverge sensiblement de celle que l'on constate lorsque l'on tient compte uniquement du nombre de

cellules. Ainsi, les cyanophycées p. ex. ne jouent qu'un rôle secondaire dans le biovolume total, alors que le pourcentage du nombre total de cellules de ce groupe est très élevé dans le Rhin inférieur. Par contre, le pourcentage du biovolume des diatomées est nettement supérieur au pourcentage du nombre de cellules. Chez les chlorophycées, le pourcentage du biovolume est sensiblement plus faible que le pourcentage du nombre de cellules.

Eu égard à l'évolution des principaux groupes d'algues, on constate, si l'on se base sur leurs pourcentages quantitatifs respectifs, des différences notables entre les deux années d'analyse. On note en particulier la part plus élevée de cyanophycées et de chlorophycées à hauteur de Rekingen, Karlsruhe et Mannheim et la part plus faible de cyanophycées à Lobith, Bimmen et Maassluis en 1990. Dans ces trois dernières stations, les chlorophycées sont relativement plus fréquentes en 1990 qu'en 1995. A Rekingen, Karlsruhe et Mannheim, la diversité et l'ampleur des variations de courte durée de la structure des espèces sont plus fortes en 1990 qu'en 1995. Ces différences sont visiblement dues aux débits plus élevés et plus variables en 1995. Ceci semble confirmer le fait que parallèlement aux nutriments, les débits et la luminosité sont des facteurs clé qui jouent un rôle particulier dans le développement du plancton fluvial.

Les rotifères (Rotatoria) constituent le principal groupe zooplanctonique, alors que les microcrustacés (cladocères et copépodes) atteignent un nombre d'individus sensiblement inférieur, ce qui est dû à leur développement plus lent, ou n'apparaissent que dans le Rhin deltaïque. Le zooplancton se développe particulièrement au printemps et en été. En 1995, la densité zooplanctonique est plus faible qu'en 1990, ce qui est vraisemblablement dû au débit plus élevé. Ceci vaut notamment pour les larves de *dreissènes* sur l'ensemble du fleuve et pour les cladocères dans le Rhin inférieur. La densité plus faible des larves de *dreissènes* est par ailleurs due à la baisse des populations de *dreissènes* adultes suite au dessèchement d'une partie des bancs de *dreissènes*.

1. Einleitung

Im Rahmen des "Aktionsprogramms Rhein" der Internationalen Kommission zum Schutze des Rheins (IKSR) sind biologische Bestandsaufnahmen des Rheinplanktons, des Makrozoobenthos und der Rheinfischfauna in fünfjährigem Abstand vorgesehen. Sie sollen einerseits der Dokumentation des biologischen Istzustandes dienen und damit eine Basis für künftige ökologische Erfolgskontrollen bzw. Beweissicherungen abgeben. Andererseits liefern die erhobenen Untersuchungsdaten des Rheinplanktons unmittelbar verwendbare Hinweise für die Feststellung der gegenwärtigen Eutrophierungsverhältnisse im Rhein.

Das Planktonuntersuchungsprogramm umfaßt folgende Schritte:

- Feststellung der zeitlichen und räumlichen Verteilung des Phyto- und Zooplanktons im Rhein
- Identifizierung der vorkommenden Arten
- Charakterisierung der Bioaktivität des Planktons
- Zusammenstellung der vom Plankton beeinflussten chemischen Parameter (Nährstoffe, gelöstes Silikat usw.)
- Ermittlung der die Planktonentwicklung steuernden abiotischen Faktoren (Abfluß, Wetterverhältnisse sowie Beeinflussung durch Nebenflüsse).

1995 beteiligten sich sechs Dienststellen in den Rheinanliegerstaaten an der Bestandsaufnahme des Rheinplanktons:

- Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft, Bern (BUWAL)
- Université de Nancy I, Nancy
- Landesanstalt für Umweltschutz Baden-Württemberg, Karlsruhe (LfU)
- Bundesanstalt für Gewässerkunde, Koblenz (BFG)
- Landesumweltamt Nordrhein-Westfalen, Essen (LUA)
- Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieuhygiëne, Bilthoven (RIVM)

Der Bericht gibt eine Zusammenfassung der Ergebnisse.

2. Methode

Die Proben wurden mindestens alle 14 Tage an den in der Abbildung 1 aufgeführten Probenahmestellen von den beteiligten Dienststellen im Hauptstrom des Rheins und einigen Nebenflüssen entnommen. An einigen Meßstellen wurden auch wöchentlich Proben entnommen. Die Probenahme und die mikroskopische Untersuchung der Proben erfolgte soweit wie möglich nach einheitlichen Kriterien. Die Artenzusammensetzung und -vielfalt des Phyto- und Zooplanktons wurde festgestellt. Einige Dienststellen wendeten die IKSR-Artenlisten an, in denen ein Mindestbestimmungsaufwand für das Phytoplankton festgelegt ist. Andere führten detailliertere Bestimmungen durch und ermittelten darüber hinaus die Biovolumina. Alle Dienststellen übermittelten die Zell- oder Koloniezahlen.

Taxonomische Zusammensetzung

Bei den Hormogonales gelangten bei der Zählung zwei verschiedene Methoden zur Anwendung. Am Oberrhein wurde die Fadenlänge in mm festgestellt, während für den Mittel- und Niederrhein durchgehend Zellen gezählt wurden. Die prozentuale Zuordnung der Zähleinheiten zu den taxonomischen Hauptgruppen ergibt jedoch einen Anhaltswert für die Verteilung der Biomasse über die Algengruppen.

Von Rekingen bis Bimmen sind während des Jahres Bestimmungen des Sauerstoffproduktionspotentials unter Laborbedingungen (SPL) durchgeführt worden. Deren Ergebnisse ermöglichen Aussagen über die Bioaktivität der Planktongemeinschaft.

Die Planktonergebnisse von der Meßstelle Bodensee-Untersee (Untersee-Berlingen) stammen aus dem ordentlichen Untersuchungsprogramm der Internationalen Gewässerschutzkommission für den Bodensee (IGKB, 0 - 20 m, 50 ml Proben). Sie bieten eine Vergleichsmöglichkeit für die Verhältnisse oberhalb des Rheinausflusses aus dem Bodensee, repräsentieren damit aber nicht automatisch die Situation im Seeabfluß selbst.

An vielen Untersuchungsstellen sind zusätzlich Wasserproben entnommen worden zur Bestimmung von Chlorophyll-a sowie von physikalischen und chemischen Daten (Nitrat, Ammonium, ortho-Phosphat, Gesamtphosphat, Siliziumdioxid). Diese Erhebungen fanden an (etwa) denselben Probenahmetagen statt.

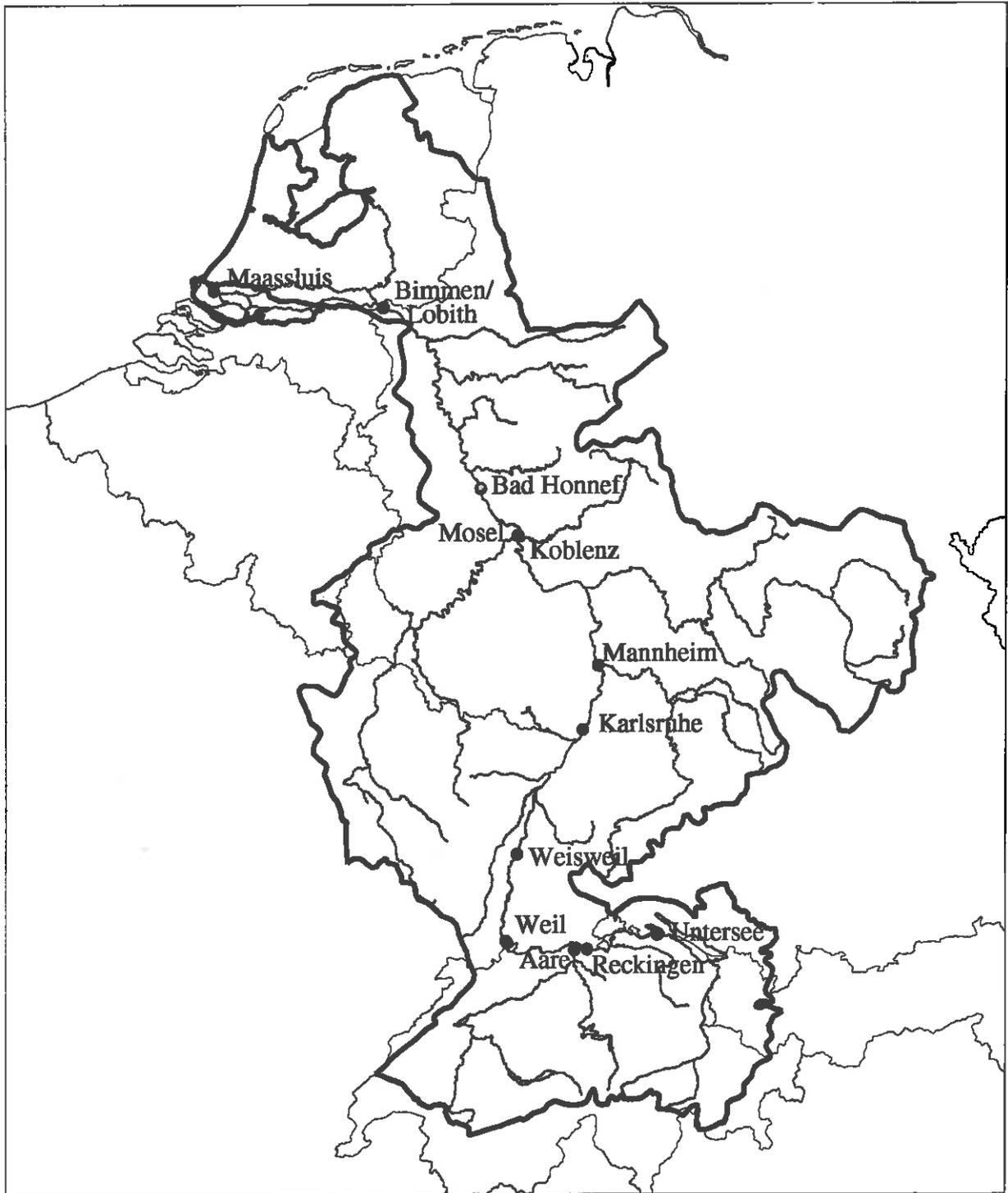


Abb. 1 Das Rheinstromgebiet mit Probenahmestellen

3. Ergebnisse

3.1 Abfluß und Globalstrahlung

Die Abflußganglinien der Jahre 1990 und 1995 für den Hoch- und Niederrhein sind in Abb. 2 wiedergegeben. Im Jahre 1995 lag der Gesamtabfluß in Lobith an der deutsch-niederländischen Grenze mit $88,1 \cdot 10^9 \text{ m}^3\text{j}^{-1}$ (Tagesmittelwert $2793 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$) um 51% höher als 1990. Der Abfluß 1990 lag bei $58,6 \cdot 10^9 \text{ m}^3\text{j}^{-1}$ (Tagesmittelwert $1857 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$). Hochwasserabflüsse wurden speziell im Spätwinter und Vorfrühling gemessen. Die Abflußganglinie am Pegel Rheinfelden 1990 und 1995 differierte nicht so stark wie die im Niederrheingebiet (Lobith).

Abbildung 3 stellt die Unterschiede der Globalstrahlung in De Bilt (Niederlande) dar. Die Globalstrahlungswerte waren in beiden Untersuchungsjahren ziemlich ähnlich. Der Frühling 1990 war sonniger als 1995 und der Juli 1990 war erheblich strahlungsärmer als 1995.

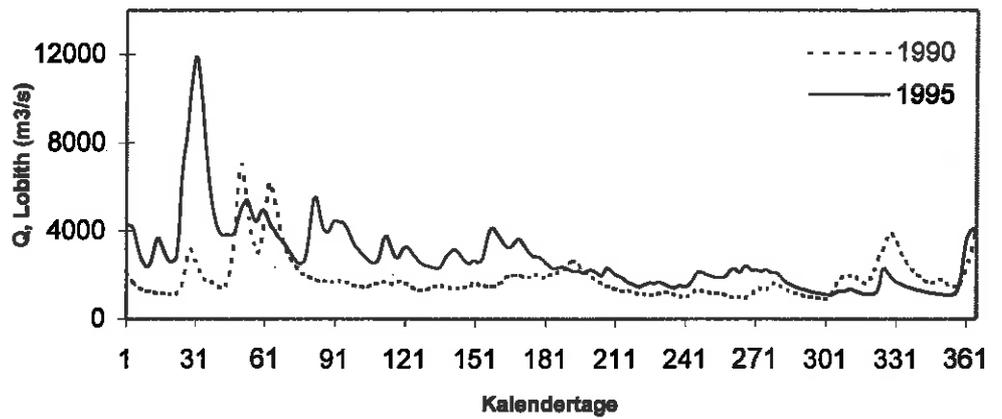
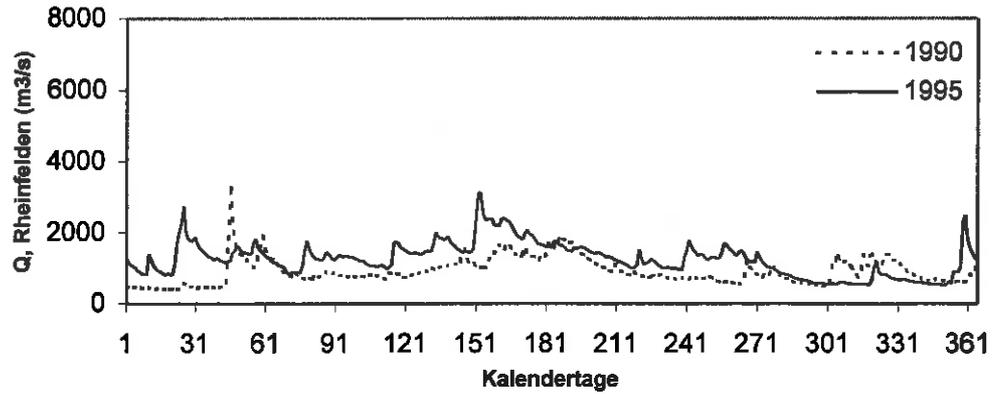


Abb. 2: Abflußganglinien an den Rheinpegeln Rheinfelden und Lobith 1990 und 1995 (Daten RIZA und BUWAL)

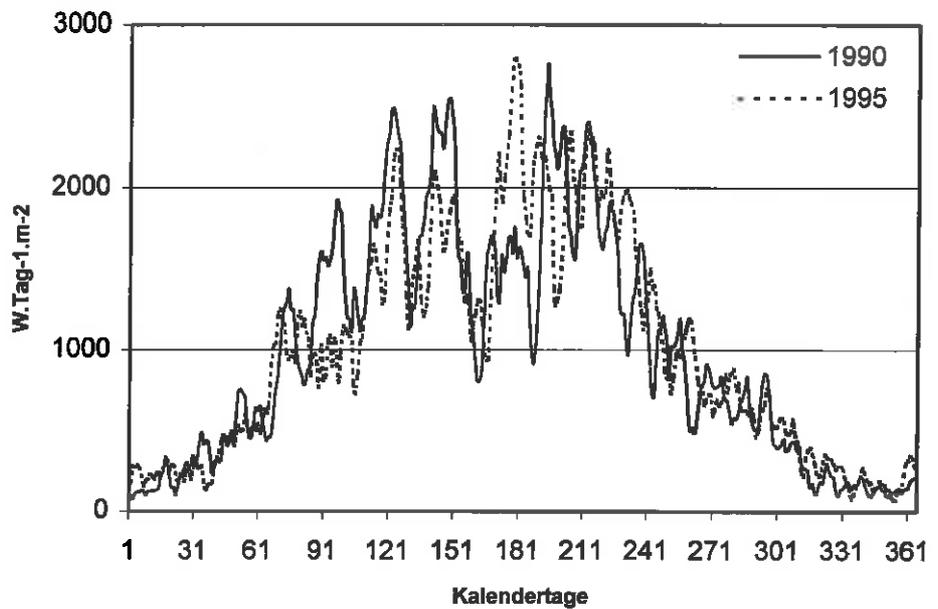


Abb. 3: Globalstrahlung (5-täglicher gleitender Mittelwert) in De Bilt (Niederlande) in den Jahren 1990 und 1995 (Daten KNMI)

3.2 Chemie und Chlorophyll-a

Im Durchschnitt sind die Nährstoffkonzentrationen im Untersee und im Rhein bis Mannheim relativ niedrig. Die mittleren Jahreskonzentrationen für Gesamtphosphat liegen bei etwa 0,05 mgP/l, die entsprechenden Nitratwerte bei 1,5 mg NO₃-N/l. Unterhalb Mannheim steigen die Nitrat-, Ammonium- und Phosphatwerte deutlich an. Im Jahre 1995 waren die Nährstoffkonzentrationen, vor allem die des Phosphats, erheblich niedriger als 1990 (Tabelle 1).

Gelöstes Silikat ist der einzige Algennährstoff, der nicht durch menschliche Aktivitäten beeinflusst wird. Dieser Parameter wird u.a. durch den Abfluß und das Algenwachstum gesteuert. Die mittleren Jahreskonzentrationen sind im gesamten Stromverlauf ziemlich konstant (Tabelle 2). Die Konzentrationen dagegen sind an allen Probenahmestellen mit dem Algenwachstum eng korreliert.

In Abbildung 4 sind die Chlorophyll-a-Konzentrationen und Silikatwerte an den einzelnen Meßstationen nebeneinander dargestellt. Es ist deutlich zu sehen, daß die Kurven umgekehrt proportional zueinander verlaufen.

km	Meßstelle	PO ₄ -P (mg l ⁻¹)		Ges.-P (mg l ⁻¹)		NO ₃ -N (mg l ⁻¹)		NH ₄ -N (mg l ⁻¹)	
		1990	1995	1990	1995	1990	1995	1990	1995
	Untersee-Berlingen		0,02		n.n.		0,79		0,03
90,1	Rekingen	0,04	0,03	0,09	0,02	1,39	1,25	0,07	0,07
173,0	Weil/Village-Neuf	0,05	0,02	0,09	0,06	1,78	1,57	0,15	0,08
248,0	Weisweil		0,05		0,05		1,64		0,10
359,2	Karlsruhe		0,05		0,04		1,70		0,07
424,7	Mannheim		0,05		0,06		1,81		0,07
590,0	Koblenz	0,15	0,10*	0,31	0,15	3,47	3,00	0,24	0,11
640,0	Bad Honnef		0,08	0,24	0,19	3,38	2,92	0,20	0,07
863,0	Lobith	0,11	0,09	0,30	0,20	4,11	3,20	0,40	0,15
865,0	Bimmen		0,09	0,22	0,15	3,93	3,13	0,31	0,15
1019,0	Maassluis	0,22	0,15	0,36	0,34	3,64	-	0,31	0,15
2,0	Koblenz (Mosel)	0,26	0,21	0,41	0,25	4,00	3,65	0,16	0,09

* Gelöstes Ges.-P; n.n. = nicht nachweisbar

Tabelle 1: Konzentrationsmittelwerte von PO₄-P, Ges.-P, NO₃-N, NH₄-N 1990 und 1995. Der Mittelwert für die Mosel wurde aus dem Zeitraum 1.3.1995 bis 31.10.1995 ermittelt.

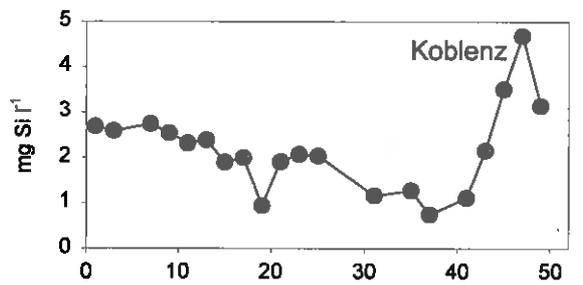
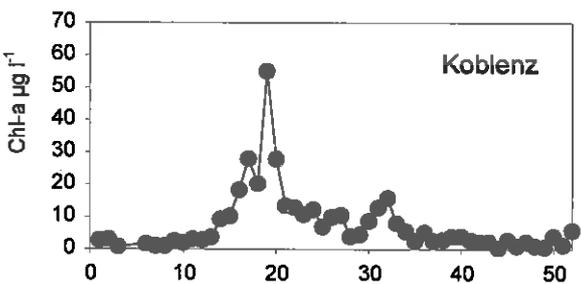
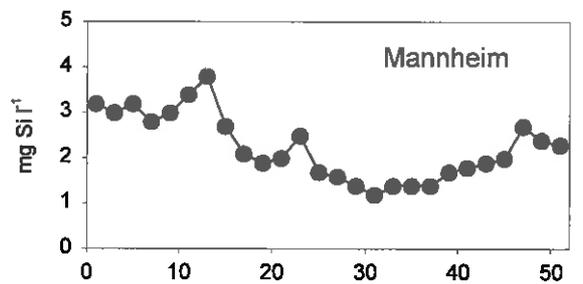
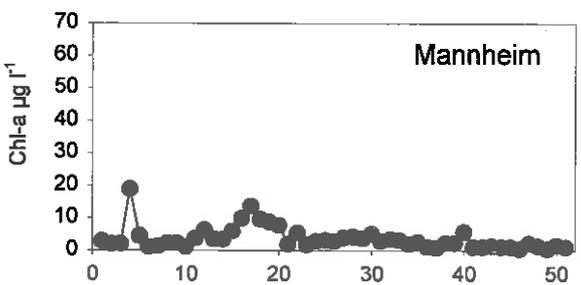
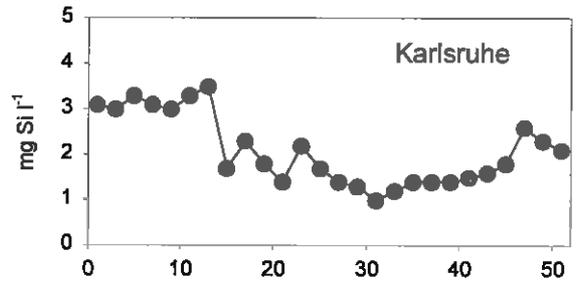
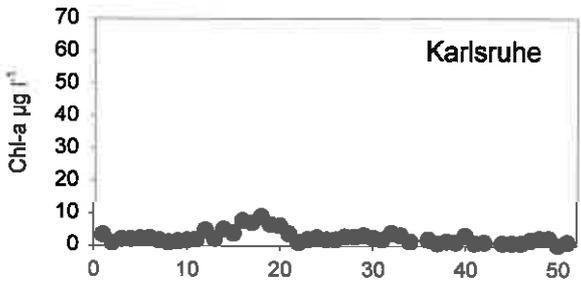
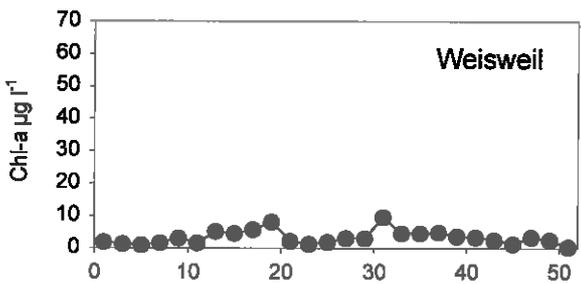
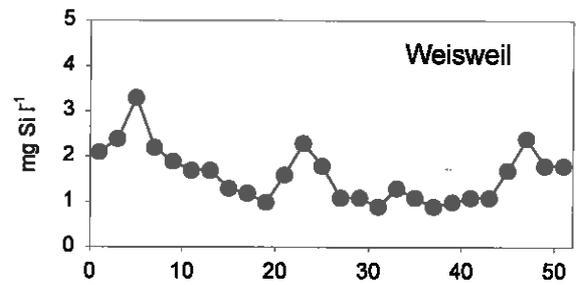
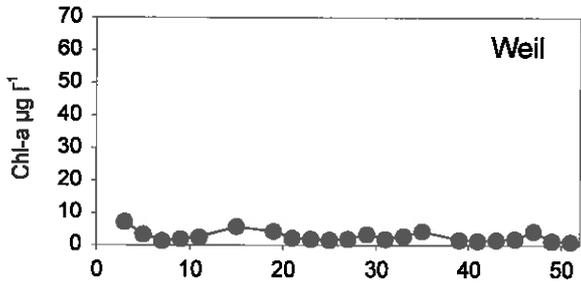
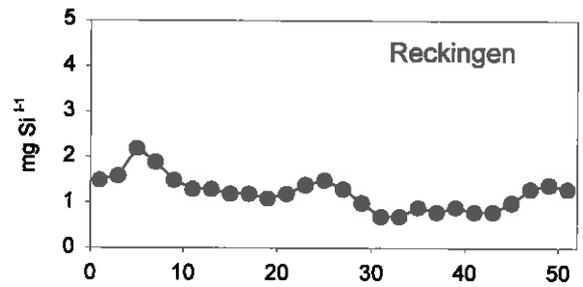
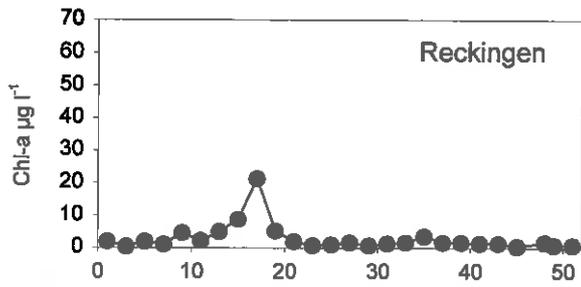
Chlorophyll-a

Im Untersee und im Rhein bis Mannheim sind die Chlorophyll-a-Konzentrationen relativ niedrig, im Einklang mit denjenigen der Nährstoffe. Die Konzentrationen bei Koblenz liegen höher, Maximalwerte sind bei Lobith/Bimmen beobachtet worden (Tabelle 2). Wie 1990 gab es einen Frühlingshöchstwert etwa zwischen den Wochen 17 und 20 (Ende April/Anfang Mai), gefolgt von einer deutlichen spontanen Abnahme der Chlorophyll-a-Werte. An den meisten Meßstellen sind die Konzentrationen im Jahre 1990 20 bis 300% höher als 1995. Ein ausgeprägtes Sommermaximum wurde 1990 im August beobachtet. 1995 ist mit Ausnahme der Station Bimmen nur ein sehr schwacher Sommerpeak vorhanden.

km	Meßstelle	SiO ₂ -Si (mg l ⁻¹)		Chlorophyll-a (µg l ⁻¹)	
		1990	1995	1990	1995
	Untersee-Berlingen				3,8
90	Rekingen		1,22	3,4	3,1 (21,5)
173	Weil/Village-Neuf	1,40		3,5	3,0 (7,5)
248	Weisweil		1,61	8,3	3,6 (9,8)
359	Karlsruhe		2,69	7,2	2,7 (9,2)
425	Mannheim		2,25		3,4 (19,2)
590	Koblenz		2,21	9,1	7,4 (55,2)
640	Bad Honnef		2,26	20,8	7,0 (34,6)
863	Lobith	1,78	2,43	31,5	21,1 (64,5)
865	Bimmen		2,21	32,3	13,5 (65,1)
1019	Maassluis	1,48	2,20	10,9	18,0 (67,0)
2	Koblenz (Mosel)		2,41		15,5 (107,7)

Tabelle 2: Konzentrationsmittelwerte für Silikat und Chlorophyll-a 1990 und 1995, in Klammern die Maximalwerte für Chlorophyll-a; der Mittelwert für die Mosel ist aus dem Zeitraum 1.3.1995 bis 31.10.1995 ermittelt.

Plankton im Rhein 1995



Kalenderwochen

Kalenderwochen

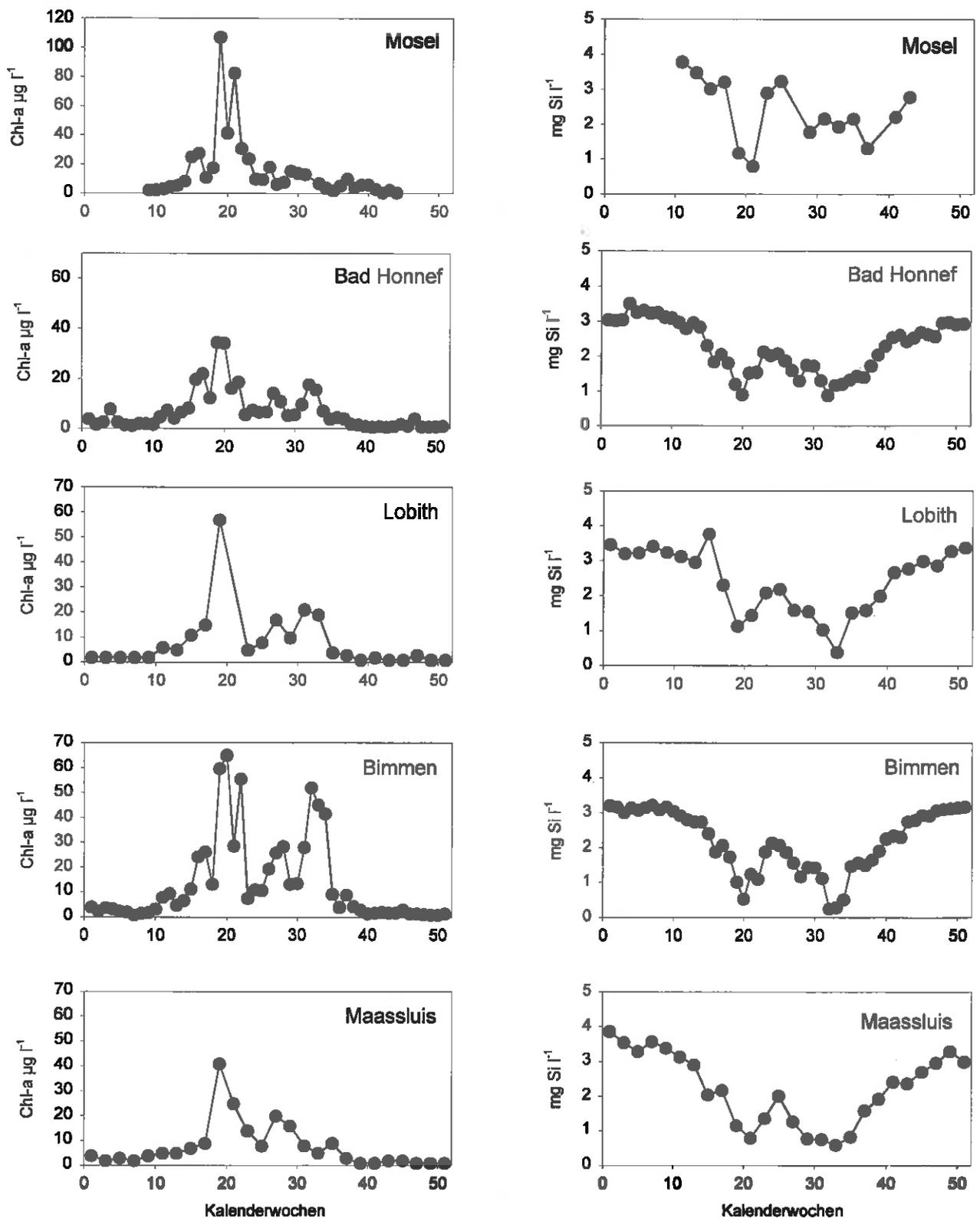


Abb. 4: Verlauf der Konzentrationen von Chlorophyll-a (links) und von Siliziumdioxid (rechts) im Laufe des Jahres 1995. Horizontal: Kalenderwochen

3.3 Trophiebewertung

Eutrophierungsprozesse, deren negative Auswirkungen für stehende Gewässer seit langem untersucht und beschrieben werden, können auch für den Stoffhaushalt von Fließgewässern von nachhaltiger Bedeutung sein. Wenn auch nährstoffreiche staugeregelte Gewässer in besonderem Maße betroffen sind, sind Eutrophierungssymptome jedoch auch in solchen Gewässern erfaßbar, die hinreichende Entfaltungsmöglichkeiten für das Phytoplankton in der freifließenden Welle bieten. Für den Rhein ist dies in weiten Bereichen der Fall.

In Deutschland hat die Länderarbeitsgemeinschaft Wasser (LAWA) kürzlich einen Vorschlag zur Trophiebewertung planktondominierter Fließgewässer zur Diskussion gestellt, der in Anlehnung an die bekannten Trophiedefinitionen der OECD (1982) auch ein entsprechendes Klassifizierungssystem für solche planktonreiche Gewässer enthält. Die Methode beruht auf der Berücksichtigung von 14-tägig gemessenen Chlorophyllkonzentrationen in der fließenden Welle über eine Periode von mindestens 3 Jahren. Benötigt werden jeweils Mittelwerte und 90-Perzentilwerte aus der Vegetationsperiode von März bis Oktober. Nach diesem Verfahren wurden auch die IKSR-Planktoninspektionsstellen bewertet. Die Ergebnisse sind in der Tabelle 3 zusammengefaßt.

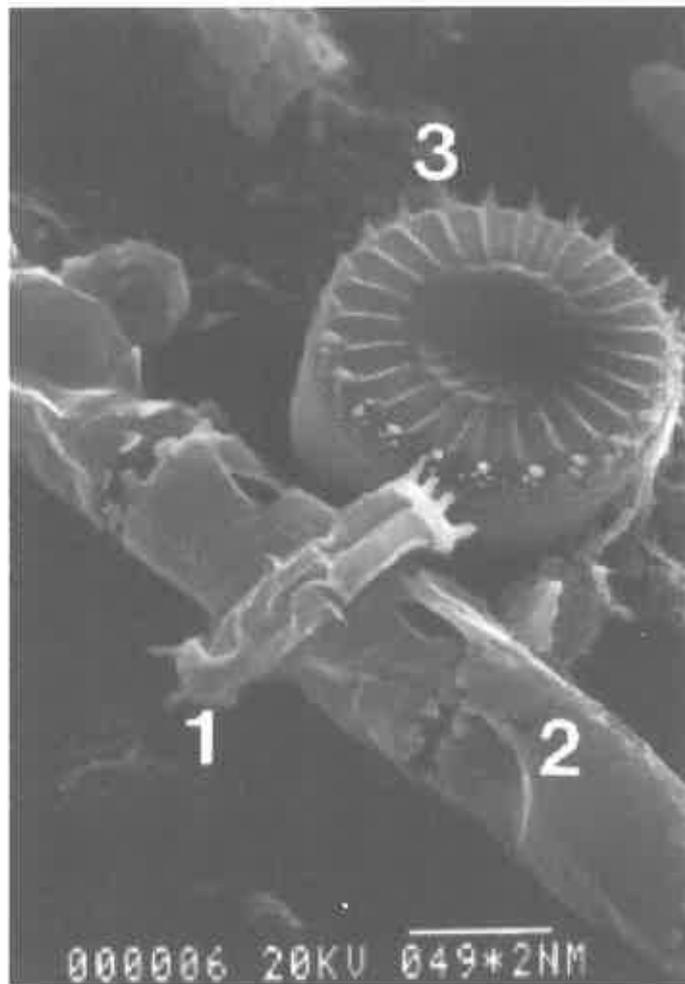
Probenahmestelle	Chlorophyll-a 90-Perzentil	Chlorophyll-a Mittelwert	Bewertung
Rekingen	7,4	4,3	I-(I-II): oligo-mesotroph
Albbruck	7,4	4,1	I-(I-II): oligo-mesotroph
Weisweil	11,3	6,5	I-II: mesotroph
Karlsruhe	12,2	5,3	I-II: mesotroph
Mannheim	15,8	6,8	I-II: mesotroph
Koblenz Rhein	35,5	15,2	II: eutroph
Koblenz Mosel*	50,3	19,0	II: eutroph
Bad Honnef	33,7	12,0	II: eutroph
Kleve-Bimmen	61,1	22,8	II: eutroph
Lobith	54,9	20,1	II: eutroph
Maassluis	25,4	11,9	II: eutroph

* Berechnet mit Ergebnissen der Jahre 1992, 1993, 1995

Tabelle 3: Trophiebewertung der IKSR-Planktonprobenahmestellen aufgrund des LAWA-Verfahrens; Basis: Chlorophyll-a-Meßwerte der Vegetationsperioden 1993 - 1995

Der Hochrhein ist vom Ausfluß aus dem Bodensee bis in den Raum Basel in den Übergangsbereich von oligotroph zu mesotroph einzustufen, wobei der Schwerpunkt auf den Bereich oligotroph zu legen ist. Im Oberrhein herrschen überall mesotrophe Verhältnisse, während Mittel- und Niederrhein durchgehend als eutroph zu bewerten sind.

Diese Trophiezuordnung entspricht weitgehend den Wachstumsbedingungen für das Phytoplankton, wie sie aus dem Nährstoffdargebot und den hydrologischen Gegebenheiten zu erwarten sind.



Centrische Kieselalgen aus dem Rhein:

- 1) *Skeletonema potamos*
- 2) *Skeletonema subsalsum*
- 3) *Cyclotella meneghiniana*

REM-Aufnahme: R. Klee, Bayrisches Landesamt für Wasserwirtschaft, München

3.4 Biologie

3.4.1 Phytoplankton

Überblick

Abb. 5 zeigt einen Überblick über alle verfügbaren Daten der Planktonverteilung. Für jede Meßstelle ist die jahresdurchschnittliche prozentuale Verteilung der Algenhauptgruppen berechnet worden. Der Bodensee-Untersee unterscheidet sich von den Flußstationen im Hochrhein durch den

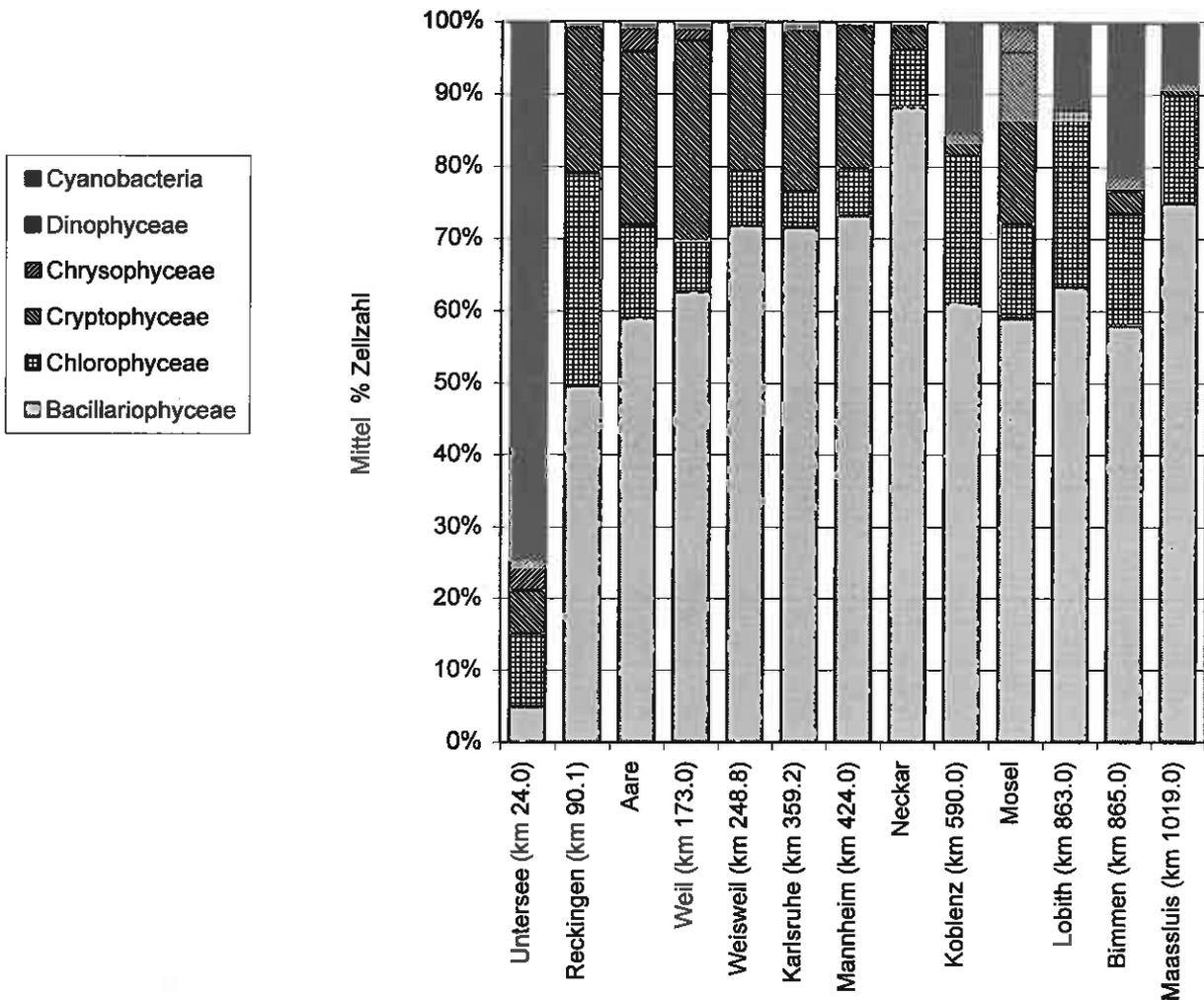


Abb. 5: Jahresdurchschnittlicher prozentualer Anteil der Algenhauptgruppen am Gesamtalgenbestand im Rhein (1995)

hohen Anteil an Cyanophyceae (Blaualgen). Bei Rekingen sind die Bacillariophyceae (Kieselalgen) am zahlreichsten, gefolgt von den Chlorophyceae (Grünalgen) und Cryptophyceae. Von Rekingen bis Koblenz steigen die Kieselalgen auf Kosten der Cryptophyceae an. Ab Koblenz steigen die Blaualgen wieder, während der Anteil der Cryptophyceae hier sehr niedrig ist. Ein Vergleich der Algenzusammensetzung der zwei wichtigsten Nebenflüsse Neckar und Mosel mit derjenigen des Rheins an den Zusammenflüssen zeigt, daß der Neckar relativ gesehen mehr Kieselalgen und die Mosel mehr Grünalgen mitführt.

*Vorherrschende
und charakteristische
Taxa*

Für drei Meßstellen im Hochrhein (Rekingen), Mittelrhein (Koblenz) und Niederrhein (Lobith) werden die im Jahreslauf vorherrschenden Arten in Tabelle 4 aufgelistet. In diese Tabelle sind auch solche Planktonalgen aufgenommen, die nach der Übersicht von Reynolds & Descy (1996) für das Potamoplankton in Flüssen charakteristisch sind. Als Potamoplankton werden jene Phytoplanktontaxa bezeichnet, die ausschließlich oder vornehmlich in Flüssen vorkommen. Viele der im Rhein gefundenen Taxa gehören zu den Formen, die für große Fließgewässer charakteristisch sind.

Kokkale (Chroococcales) und fadenförmige Blaualgen (z.B. *Planktothrix*) sind bei Lobith dominant.

Kleine zentrische Kieselalgenarten (*Cyclotella* und *Stephanodiscus*) sind im ganzen Flußlauf stark vertreten. Fadenförmige zentrische Kieselalgen (*Aulacoseira*, *Skeletonema*) bestimmen zusätzlich im Mittel- und Niederrhein das Bild. Ferner werden verschiedene *Fragilaria*-Arten im ganzen Flußlauf angetroffen. Ob eine Zuordnung der unterschiedlichen Arten zu bestimmten Flußabschnitten möglich ist, kann wegen der Bestimmungsprobleme mit dieser Gattung derzeit noch nicht zufriedenstellend geklärt werden. *Diatoma vulgare* ist bei Rekingen und *Asterionella formosa* bei Lobith dominant.

Grünalgen der Ordnung Volvocales (*Chlamydomonas*) sind in nennenswerter Menge an drei Meßstellen vertreten, aber in größerer Abundanz nur bei Lobith. Von den Chlorococcales treten im Hochrhein bei Rekingen nur wenige Formen stärker hervor. Erst im Mittel- und Niederrhein rücken weitere Gattungen, z.T. in dominanter Form, zu einem prägenden Bestandteil der Phytoplanktongesellschaft auf.

Taxa aus der Gruppe der Cryptophyceae (*Cryptomonas*, *Rhodomonas*) werden im ganzen Fluß angetroffen.

Tabelle 4: Vorherrschende und charakteristische Potamoplantontaxa (zitiert in Reynolds & Descy 1996) an drei Meßstellen aus dem Rhein 1995.

* = von Reynolds & Descy (1996) aufgelistet mit den hier erwähnten Namen

x = Taxon aus derselben Gattung oder Gattungsgruppe von Reynolds & Descy (1996) erwähnt (Symbol verwendet, wenn die Bestimmungen nicht bis zur Art durchgeführt sind).

Symbole für dominante Taxa sind unterstrichen.

	Rekingen (km 91)	Koblenz (km 590)	Lobith (km 863)
CAYNOPHYCEAE			
CHROOCOCCALES			
Chroococcus spp.	x		x
sonstige Chroococcales			<u>x</u>
HORMOGONALES			
Limnothrix spp.	x		x
Planktothrix spp.	x		<u>x</u>
sonstige Hormogonales		x	<u>x</u>
BACILLARIOPHYCEAE			
CENTRALES			
Actinocyclus spp.	x		x
Aulacoseira granulata	*	*	*
Aulacoseira gran. var. angust.	*		*
Aulacoseira spp.	x	<u>x</u>	x
Cyclostephanos dubius			<u>x</u>
Cyclotella meneghiniana			<u>x</u>
Cyclotella spp. <5 µ D	x	<u>x</u>	x
Cyclotella spp. 5-10 µ D	<u>x</u>	<u>x</u>	x
Cyclotella spp. >10 µ D	*	<u>x</u>	x
Skeletonema potamos	*	*	<u>x</u>
Skeletonema subsalsum	<u>x</u>		<u>x</u>
Stephanod. hantzschii- FK	<u>x</u>	*	<u>x</u>
Stephanod. parvus- FK	<u>x</u>		<u>x</u>
Stephanod. rotula/neoastraea	*	*	*
Thalassiosira bramaputrae			x
sonstige Centrales D <5 µm			<u>x</u>
sonstige Centrales D 5-10 µm			<u>x</u>
PENNALES			
Asterionella formosa	*	*	*
Diatoma tenuis		*	*
Diatoma vulgare	<u>x</u>		
Fragilaria crotonensis	<u>x</u>		
Fragilaria ulna	*		*
Fragilaria ulna: acus-Sippe	*		*
Fragilaria spp.		<u>x</u>	
Navicula lanceolata	*		*
Navicula tripunctata	*		*
Navicula spp. > 15µ L	x	<u>x</u>	
Navicula spp. < 15µ L	<u>x</u>	<u>x</u>	
Nitzschia acicularis-Typ	*	*	*
sonstige Pennales < 20 µ L	<u>x</u>		
sonstige Pennales 20-50 µ L	<u>x</u>		
CHLOROPHYCEAE			
VOCALES			
Chlamydomonas spp. <15 µ L	*	*	<u>x</u>
Chlamydomonas spp. >15 µ L	*	*	<u>x</u>
CHLOROCOCCALES			
Actinastrum hantzschii		*	*
Chlorella spp.		*	
Coelastrum spp.		*	*
Crucigenia incl. Crucigeniella	*	<u>x</u>	<u>x</u>
Dictyosphaerium spp.			<u>x</u>
Lagerheimia u. Chodatella spp.		*	*
Micractinium pusillum	*	*	*
Monorhaphidium spp.	*	<u>x</u>	<u>x</u>
Pediastrum spp.	*	*	*
Scenedesmus spp.	*	<u>x</u>	<u>x</u>
Tetrastrum spp.		<u>x</u>	
Tetraedron spp.			*
palmelloide Chlorococc., Z <8 µ D	<u>x</u>		<u>x</u>
sonst. Chlorococc. u. Heterococc.	<u>x</u>		<u>x</u>
CRYPTOPHYCEAE			
Cryptomonas erosa-Typ	<u>x</u>		
Cryptomonas marssonii	*		
Cryptomonas ovata-Typ	*	*	*
Cryptomonas spp.		<u>x</u>	*
Cryptomonas spp. 15-30 µm L			*
Cryptomonas > 30 µm L			*
Rhodomonas minuta	<u>x</u>	*	*
Rhodomonas minuta	<u>x</u>		*
Rhodomonas spp.		*	*
ANZAHL DER TAXA	33	26	42
FK = Formenkreis, Z = Zellen, L = Länge, D = Durchmesser			

Der prozentuale Anteil der Algenhauptgruppen im Jahresverlauf an den verschiedenen Meßstellen wird in Abbildung 6 wiedergegeben. Die Daten stützen sich im wesentlichen auf Zellzahlen. Wo indes bei den fädigen Blaualgen nur Fadenlängen gezählt werden konnten (dies ist vor allem bei der im Hoch- und Oberrhein relativ häufigen *Planktothrix agardhii* der Fall), kann der prozentuale Anteil der Hormogonales an der Gesamtzellmenge unterrepräsentiert sein.

Für die Meßstellen im Mittel- und Niederrheinbereich sind zusätzlich Biovolumina berechnet worden. Für die Meßstellen Bimmen, Lobith und Maassluis sind die Biovolumina von allen angetroffenen Arten bestimmt worden.

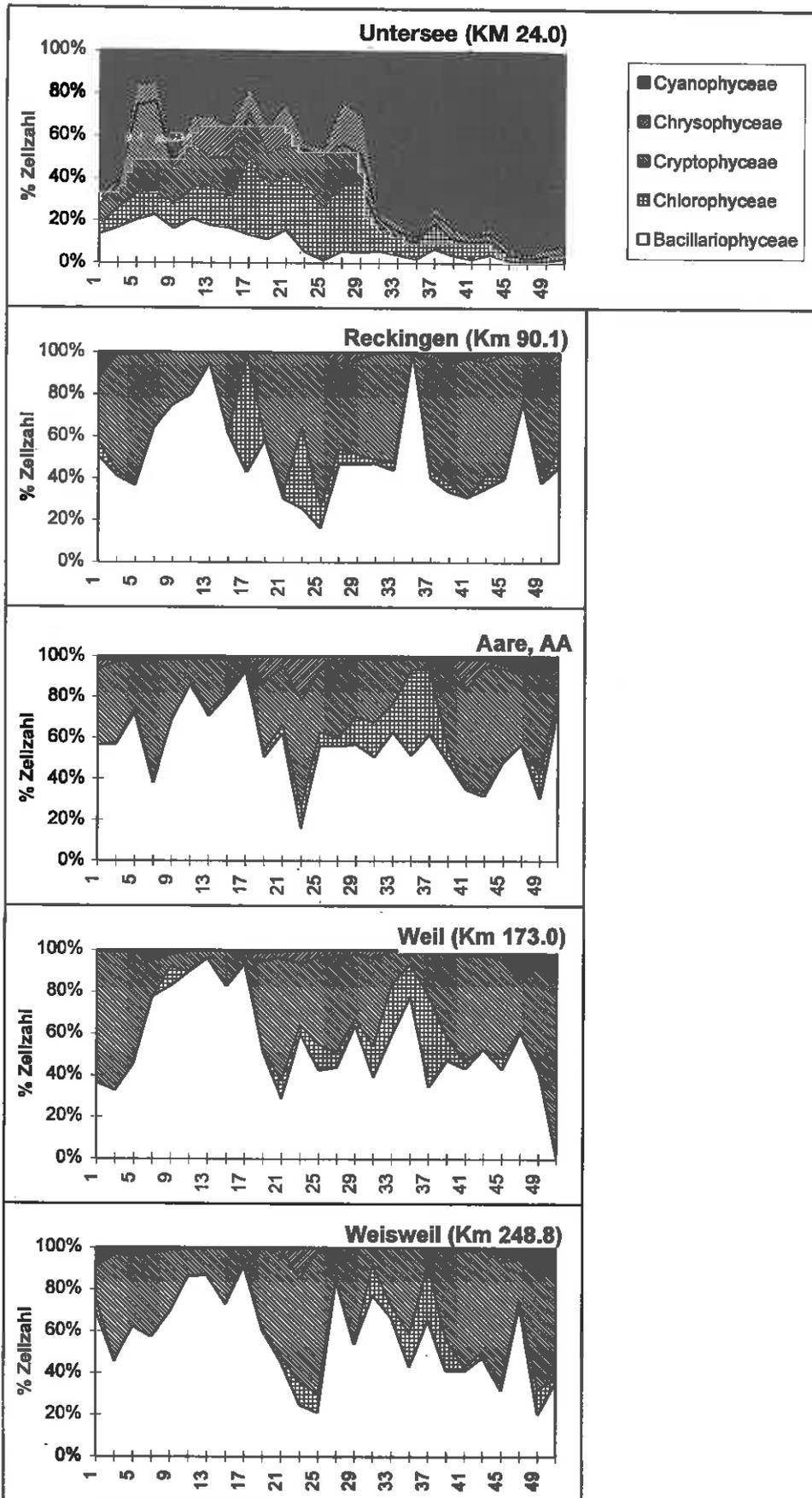
Die auf Biovolumina aufbauenden Diagramme sind wesentlich anders als die auf Zellzahlen beruhenden Darstellungen. Für das Gesamtbiovolumen spielen die Blaualgen eine völlig untergeordnete Rolle, obwohl der prozentuale Anteil der Zellzahlen dieser Gruppe im Niederrhein sehr groß ist. Bei den Kieselalgen ist umgekehrt der prozentuale Anteil am Biovolumen größer als ihr Anteil an der Gesamtzellzahl. Das prozentuale Biovolumen der Grünalgen ist wesentlich kleiner als der prozentuale Anteil an Zellzahlen dieser Gruppe.

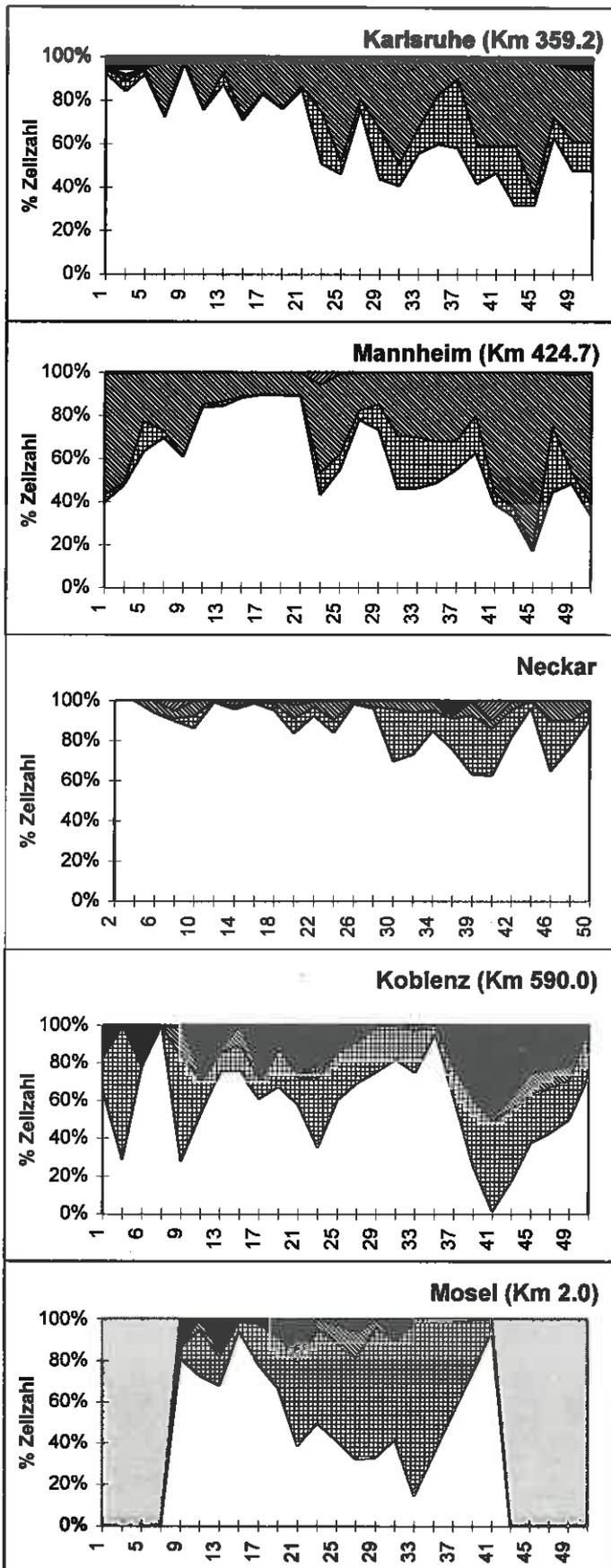
Im Untersee dominieren im Herbst und Winter die Blaualgen, während die Kieselalgen im Frühjahr vorherrschen. Der höchste prozentuale Anteil der Grünalgen zeigt sich im Sommer. Bei Rekingen, Weil und Weisweil sind die Kieselalgen im gesamten Jahresverlauf häufig oder dominant mit Spitzenwerten im Frühling und Herbst. Im Sommer ist auch der prozentuale Anteil der Cryptophyceen ziemlich hoch. Bei Karlsruhe gehören Anfang des Jahres mehr als 80% der Zellzahlen zu den Kieselalgen. Später nehmen sie zugunsten der Grünalgen und Cryptophyceen allmählich ab. Die Änderungen im Jahresverlauf bei Mannheim sind denjenigen bei Karlsruhe sehr ähnlich, aber der prozentuale Anteil der Kieselalgen ist zu Jahresbeginn schon hoch. Bei Koblenz sind Kieselalgen dominant. Grünalgen sind ebenfalls häufig, besonders im Oktober. Die Veränderungen im Jahresverlauf bei den nur 2 km voneinander entfernten Meßstellen Lobith und Bimmen ähneln sich wie erwartet sehr, aber Cryptophyceen sind bei Lobith erheblich weniger häufig als bei Bimmen anzutreffen. Zugleich unterscheidet sich die Verteilung der Blaualgenmenge an beiden Meßstellen. Bei Bimmen/Lobith und Maassluis haben die Kieselalgen ein ausgeprägtes Maximum im Spätfrühling und Vorsommer. Zur gleichen Zeit sind die Blaualgen im Minimum. Bei Bimmen und Maassluis ist der prozentuale Anteil an Grünalgen im Spätsommer und Herbst am höchsten.

Die Artenkonstellation des Phytoplanktons in den Nebenflüssen Aare, Neckar und Mosel ist unterschiedlich geprägt. In der gestauten Mosel überwiegen neben den Kieselalgen die Grünalgen während in der ungestauten Aare die Cryptophyceen die zweithäufigste Gruppe bilden, so wie sie im Oberrheinbereich generell stärker anzutreffen sind. Das Neckarphytoplankton wird sehr stark von den Kieselalgen dominiert, mehr noch als dies im Hauptstrom selbst der Fall ist.

*Änderungen
zwischen 1990
und 1995*

Ein Vergleich der prozentualen Phytoplankton-Verteilung 1995 und 1990 (IKSR, 1993; Tubbing *et al*, 1994) zeigt erhebliche Unterschiede. Besonders auffallend ist der größere prozentuale Blau- und Grünalgen-Anteil 1990 im Oberrhein und der kleinere prozentuale Blaualgen-Anteil im Niederrhein. Im Oberrhein sind Diversität und kurzfristige Schwankungen in der Gesellschaftsstruktur 1990 größer als 1995. Diese Unterschiede zwischen einzelnen Untersuchungsjahren sind keine ungewöhnlichen Erscheinungen und dürfen nicht überbewertet werden. Nicht auszuschließen ist jedoch, daß auch Wechsel bei den Bearbeitern mit zu abweichenden Befunden beitragen können.





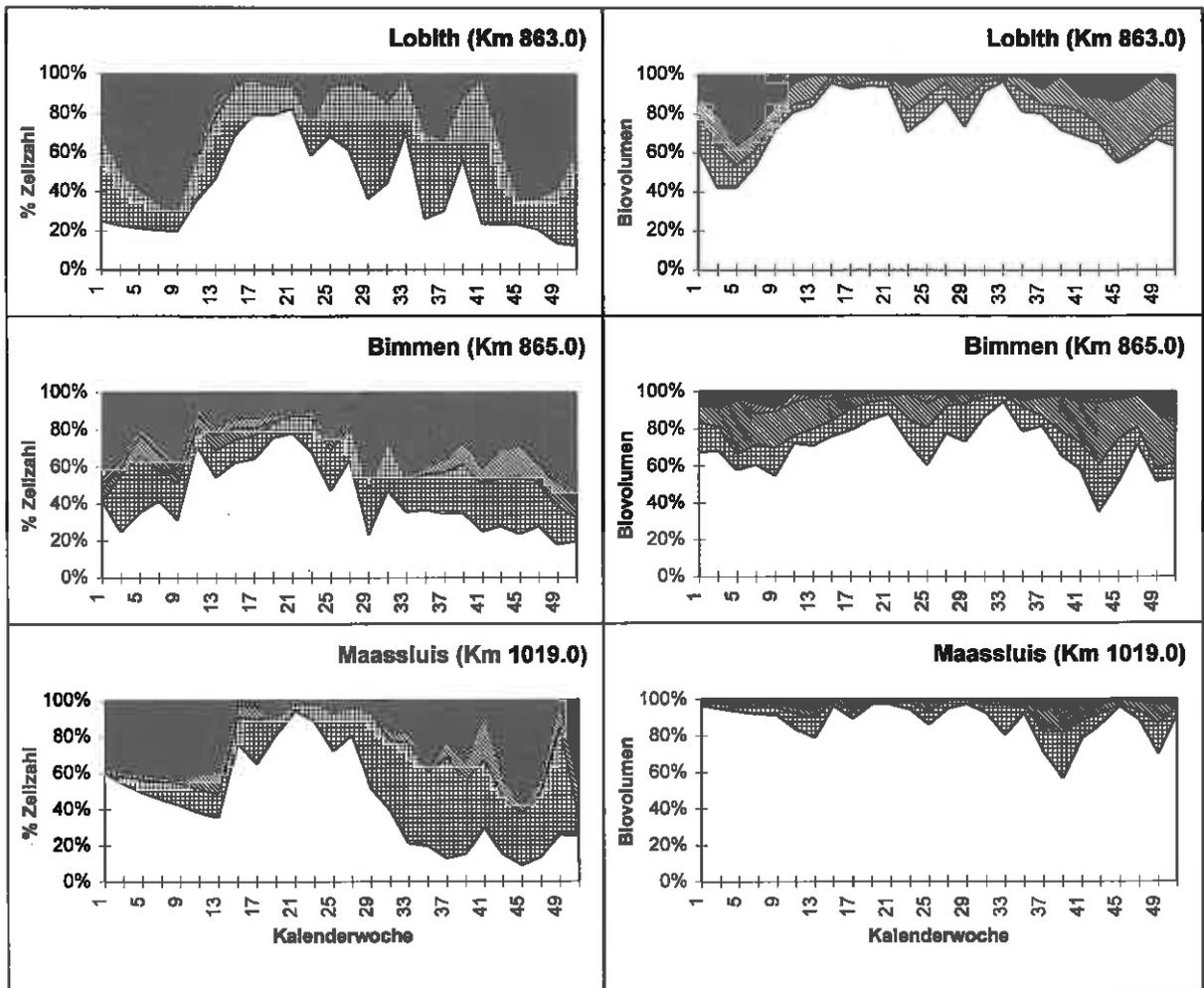


Abb. 6: Prozentualer Anteil der Algenhauptgruppen im Phytoplankton an verschiedenen Meßstellen im Rhein in 1995. Linke Teilabbildungen stützen sich auf Zellzahlen, rechte Teilabbildungen stützen sich auf Biovolumina (grau = keine Daten).

3.4.2 Zooplankton

Tabelle 5 enthält die Mittelwerte der Individuenzahlen der Zooplanktonhauptgruppen in den beiden Untersuchungsjahren. Die Individuenzahlen der Zooplanktonhauptgruppen sind in Abb. 7 dargestellt.

km	Meßstelle	Protozoa		Rotatoria		Cladocera		Copepoda		Dreissena	
		1990	1995	1990	1995	1990	1995	1990	1995	1990	1995
90,1	Rekingen	34*	36	47	29	0	1	5	2	3	1
173,0	Weil	135	260	35	48	0	0	2	0	62	5
248,0	Weisweil	120	28	79	28	0	0	1	1	50	3
359,2	Karlsruhe	121	104	49	31	0	0	4	2	53	2
424,7	Mannheim	184	55	60	16	1	0	4	1	93	1
590,0	Koblenz	-	43	42	16	**	0	**	1	-	-
863,0	Lobith	283	40	166	12	2	1	4	0	79	0
865,0	Bimmen	118	120	286	52	1	1	1	2	100	5
1019,0	Maassluis	18	47	143	47	4	1	23	14	41	139
2,0	Mosel	-	37	28	0	-	0	-	4	-	-

* 1428 mit dem Ausreißerwert von 5/11/90 (24554 Individuen/l, verursacht durch große Mengen *Arcella*)

** Gemeinsam erfaßtes Crustaceenplankton: 2 Ind.l⁻¹

Tab. 5: Durchschnittliche Individuenzahlen (pro Liter) der Zooplanktonhauptgruppen in den beiden Untersuchungsjahren. (- keine Messung). Der Beprobungszeitraum reichte für Rotatoria und Crustaceenplankton vom 14.03. bis 04.10.1990.

Laut Individuenzahlen sind die Protozoa und die Rotatoria die wichtigsten Zooplanktongruppen. Crustaceen (Cladocera, Copepoda) sind nur in sehr geringer Individuendichte vorhanden.

Im gesamten Flußbereich liegt das durchschnittliche Vorkommen an Protozoen (Urtierchen) bei einigen hundert Individuen pro Liter. Eine deutliche flußstreckenabhängige Zonierung ist nicht festzustellen, wie dies auch 1990 nicht der Fall war. Auch sind die Individuenzahlen in beiden Jahren sehr ähnlich. Offensichtlich ist die Dichte der Urtierchen in der kalten Jahreszeit niedrig. Allerdings sind an den meisten Meßstellen im Winter keine Messungen durchgeführt worden. Mit Ausnahme des Ausreißerwertes bei Weil im November 1990 werden Maximalwerte im Sommer beobachtet, z.B. bei Lobith (1990). Die Protozoa-Dichten stützen sich auf Netzfänge mit 55 µm Maschenweite.

1990 war die Dichte der Rotatoria (Rädertiere) im Niederrheingebiet erheblich größer als an den mehr flußaufwärts gelegenen Meßstellen; das Maximum lag damals bei Bimmen.

1995 ist diese Zonierung deutlich geringer ausgeprägt: niedrige Werte treten im Mittelrheingebiet auf. Das Vorkommen an Rädertieren ist 1995 an allen Meßstellen geringer als 1990. Die maximale Dichte wurde meistens im Frühling beobachtet. Die wichtigsten Gattungen auf der gesamten Flußstrecke waren *Keratella* und *Brachionus*, während im Hoch- und Oberrhein die Gattung *Synchaeta* eine bedeutende Rolle spielt.

Cladocera (Wasserflöhe) kommen auf der gesamten Strecke nur in wenigen Exemplaren vor. 1990 wurden im niederländischen Streckenabschnitt noch 2-4 Wasserflöhe pro Liter angetroffen, 1995 konnte durchschnittlich nur 1 Wasserfloh pro Liter festgestellt werden.

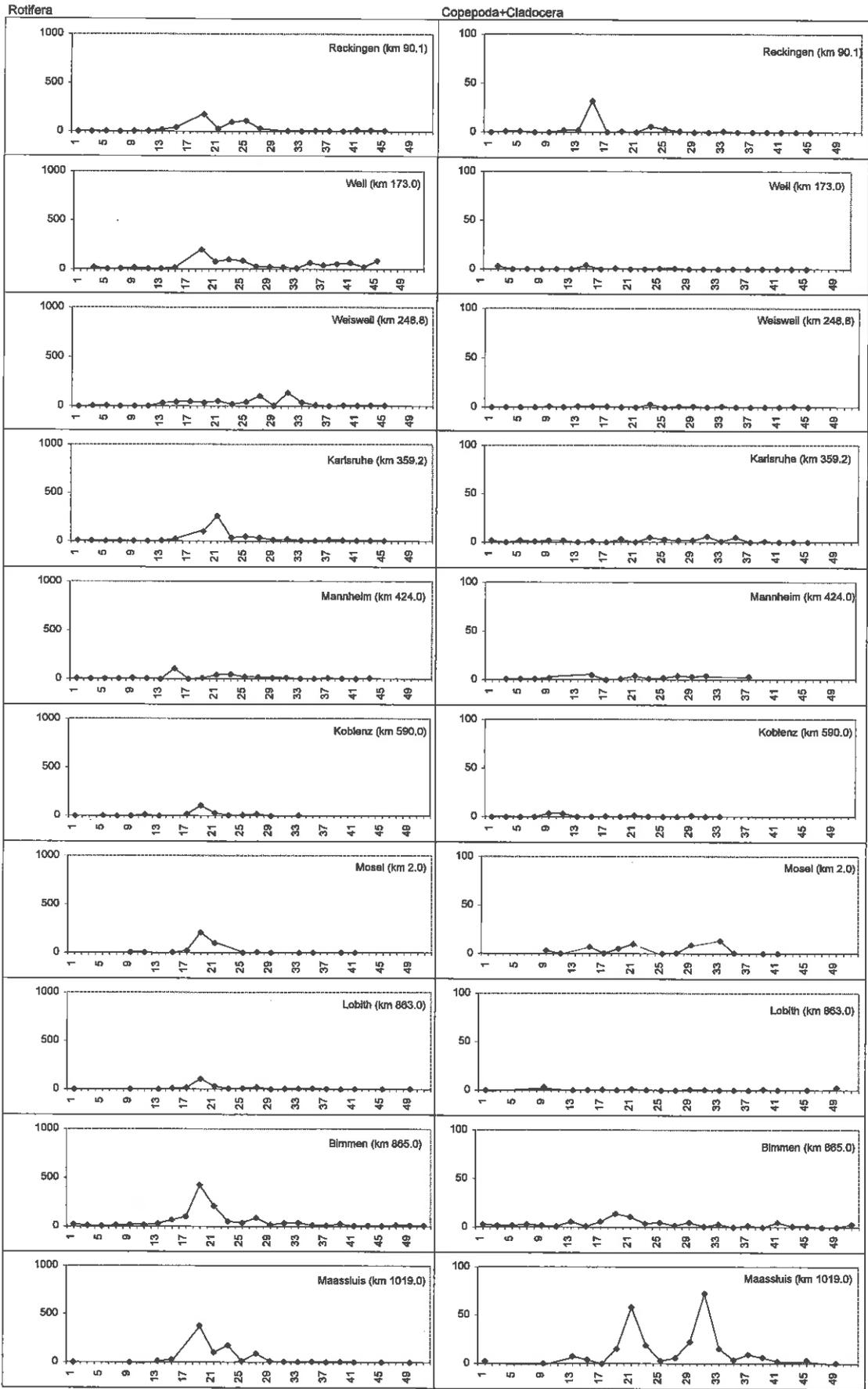
Die Individuenanzahl der Copepoda (Ruderfußkrebse) ist höher als bei den Wasserflöhen. Die maximale Anzahl wurde 1990 wie 1995 bei Maassluis festgestellt, aber die Individuenzahlen waren 1990 niedriger. Ruderfußkrebse entwickeln sich besonders im Frühling. Im größten Teil des Flusses handelt es sich dabei um Naupliuslarven. Nur bei Maassluis gab es in größerer Anzahl Adulte. Dies hängt mit der längeren Verweilzeit des Wassers zusammen, die das Wachstum der Cladocera und Copepoda erst ermöglicht. In der Mosel wurden zwei *Maxima* beobachtet, im Spätfrühling und im Hochsommer.

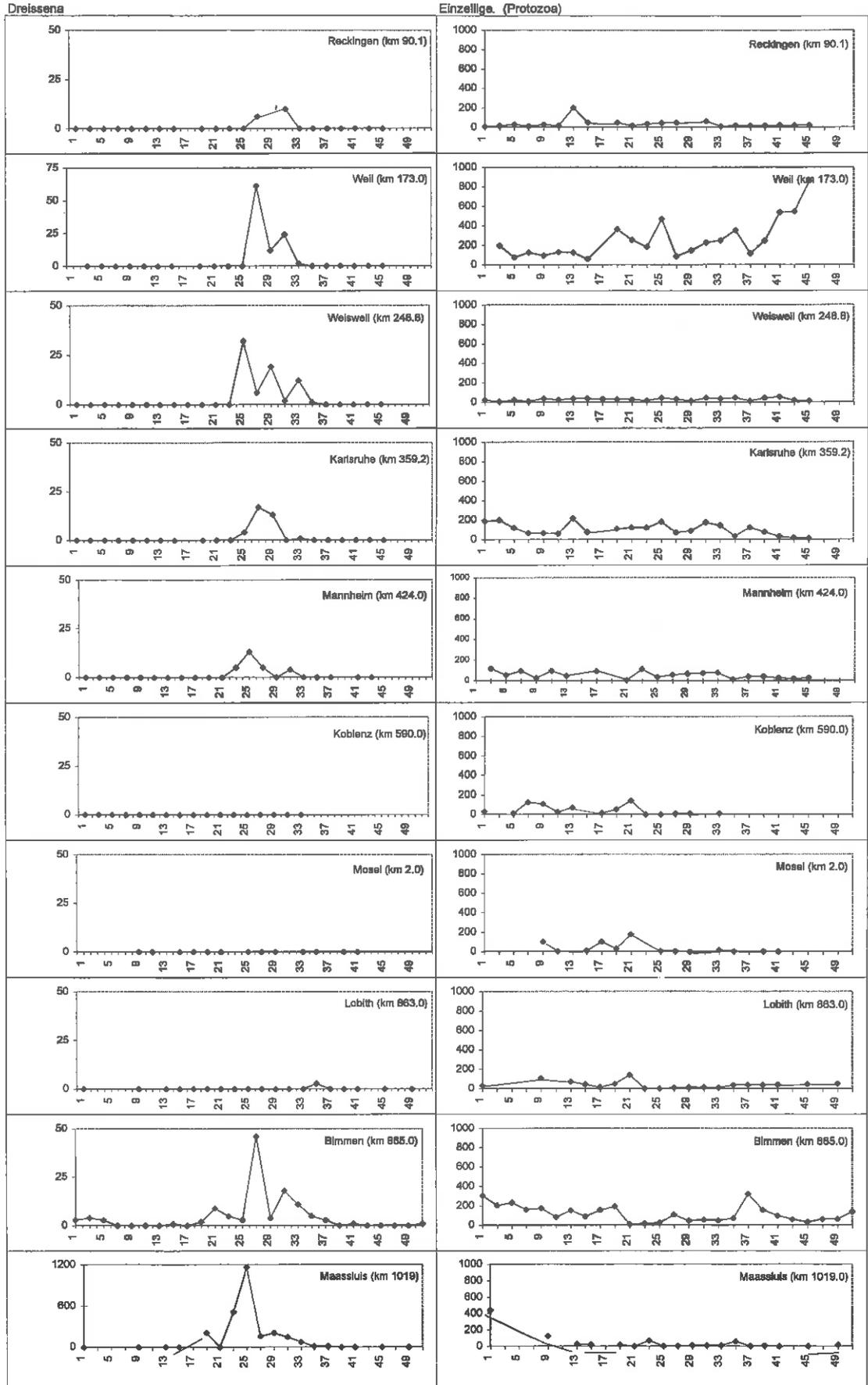
1990 waren die Veligerlarven der Wandermuschel (*Dreissena*) ab Weil im Plankton des gesamten Flußlaufes häufig. 1995 war die Individuendichte mit maximal 7 Larven pro Liter an den meisten Meßstellen erheblich niedriger. Nur bei Maassluis ist die mittlere Dichte sehr hoch. Der verminderte *Dreissena*-Bestand in einigen Abschnitten des Rheins ist mit der geringeren Dichte an *Dreissena*-Larven verknüpft. Die Muschellarven sind im Jahresverlauf am häufigsten im Frühjahr und Sommer anzutreffen.

Abb. 7 (nachstehende zwei Seiten):

Zooplanktongruppen im Jahre 1995; y-Achse: Individuenzahlen pro Liter; x-Achse: Kalenderwochen

Plankton im Rhein 1995





4. Diskussion

Wichtige Umweltvariablen

Mit Blick auf die Konzentrationen von Phosphor und Stickstoff im Rhein, wie sie in Tab. 2 wiedergegeben sind, wird deutlich, daß zwischen Nährstoffversorgung und Gesamtproduktion an Algenbiomasse, gemessen an der Chlorophyllkonzentration in der Hauptvegetationsphase, generell ein positiver Zusammenhang besteht. Während im Hoch- und Oberrhein die maximalen Chlorophyllkonzentrationen bis auf einzelne Ausnahmen den Bereich von 10 - 15 $\mu\text{g/l}$ nicht überschreiten, werden im Mittel- und Niederrhein Werte bis über 60 $\mu\text{g/l}$ gemessen. Limnologisch hat dies, wie oben gezeigt werden konnte, den Übergang von oligo- zu eutrophen Verhältnissen zur Folge.

In welchem Ausmaß andere Faktoren interferierend in diesen generellen Zusammenhang eingreifen können, wird insbesondere am Silikathaushalt sichtbar: An den Meßstellen mit hoher Algenproduktion verlaufen Chlorophyll- und Silikatkonzentrationen eher umgekehrt proportional zueinander, und es kann angenommen werden, daß das Ende der Frühjahrs-Diatomeenblüte durch Silikatmangel eingeleitet wird (Admiraal 1993).

Es gibt keine deutlichen Hinweise, daß Unterschiede in der Globalstrahlung zwischen 1990 und 1995 einen großen Einfluß auf den Algenwachstumsverlauf haben. Obwohl die Globalstrahlung im Vorfrühling 1990 relativ hoch war, erreichten die Chlorophyll-a-Konzentrationen in beiden Jahren erst Anfang Mai ihren Höchstwert. Der Abfluß hatte wahrscheinlich einen größeren Einfluß. 1995 verursachte der wesentlich höhere Abfluß niedrigere Chlorophyll-a-Werte im Vergleich zu 1990.

In einem kürzlich veröffentlichten Übersichtsartikel über das Potamoplankton (Reynolds & Descy 1996) kommt den Nährstoffen im Rahmen der kurzzeitig ablaufenden, aktuellen Phytoplanktodynamik keine unmittelbar steuernde Kontrollfunktion zu, es sei denn, die sonst stets präsenten und überlagernden, stärkeren physikalischen Einwirkmechanismen wie Turbulenz, Trübung, Lichtklima, Temperatur, wären außer Kraftgesetzt. Die Fähigkeit, ungünstige Perioden erhöhten Abflusses und erhöhter Trübung zu überdauern, ist von ausschlaggebender Bedeutung. Darum können nur wenige Algengattungen im Flußplankton dominant werden. Bestandsbildende Algenarten in Flüssen haben ein größeres Oberflächen-Volumen-Verhältnis (notwendig für die rasche Zellteilung in Systemen mit kurzen

Verweilzeiten), einen hohen morphologischen Attenuationsfaktor (notwendig für zweckmäßige Lichtaufnahme) und eine höhere Fähigkeit zur Photoadaptation an die schnell wechselnden Lichtverhältnisse in einem trüben, kinetischen System.

Diese Charakteristika erfüllen am besten einige pennate und zentrische Kieselalgen. Grünalgen aus der Ordnung der Chlorococcales sind im Sommer (Starklichtperiode) oft bestandsbildend, besonders in flacheren und weniger trüben Bereichen. Wenn die physikalischen Umweltbedingungen weniger selektiv wirken, zum Beispiel in Perioden mit fallendem Wasserstand, kann sich eine größere Phytoplanktonvielfalt entwickeln. Dann können sich auch Arten mit niedrigeren Reproduktionsgeschwindigkeiten behaupten, z.B. Cryptophyceen und Blaualgen.

Im Rhein treten typische Potamoplanktonarten, wie die Kieselalgen *Aulacoseira granulata*, *Skeletonema potamos* und *Stephanodiscus hantzschii* im gesamten Flußbereich auf, während die Blaualgen und Cryptophyten mehr auf bestimmte Flußbereiche beschränkt sind. Ihre An- oder Abwesenheit könnte durch günstigere hydrologische Verhältnisse oder durch den Eintrag aus Altwässern und Baggerseen in den Auen verursacht werden. Auch der hohe Anteil der Grünalgen in der Mosel wird wahrscheinlich durch das Zusammentreffen von Turbulenzverminderung (Stauregulierung) mit hohem Nährstoffgehalt hervorgerufen.

Offenbar sind die höhere Diversität und Variabilität des Phytoplanktons sowie die höheren Chlorophyllwerte des Rheins 1990 im Vergleich zu 1995 durch den weniger extremen Abflußcharakter des Jahres 1990 bedingt.

Für die Bewertung der Phytoplanktonzusammensetzung an den unterschiedlichen Meßstellen müssen deshalb nicht nur die Nährstoffkonzentrationen, sondern auch der Abfluß und die Trübung (Schwebstoffgehalt) in Betracht gezogen werden. Messungen dieser Hauptumweltvariablen für die Produktivität und Artenzusammensetzung des Phytoplanktons sollten künftig stärkere Beachtung finden.

Wenn Strömungs-, Trübungs- und Temperaturbedingungen optimal sind, kann das Phytoplankton eine hohe photosynthetische Produktion erreichen. Das Sauerstoffproduktionspotential (SPL), gemessen im Labor unter standardisierten Bedingungen, erreichte Höchstwerte von über 12 mg O₂ pro Liter pro Tag (Tabelle 6).

Diese Werte nahmen mit der Flußlänge, d.h. im Unterlauf zu. Potentiell kann das Wasser durch die höheren Photosyntheseraten mit Sauerstoff übersättigt werden. So wurden in gestauten Flüssen wie im unteren Neckar wiederholt Übersättigungen bis zu 200 % gemessen. Im turbulent fließenden Rhein sind Sättigungsanstiege über 100 % eher die Ausnahme.

Meßstelle	Mittelwert	Minimum	Maximum
Rekingen	0,4	0	2,2
Aare/Mündung	0,5	0,1	2,7
Weil	0,4	0	1,0
Weisweil	1,1	0	3,1
Karlsruhe	0,9	0	4,5
Mannheim	1,3	0	8,7
Koblenz Rhein	0,4	0	5,8
Koblenz Mosel	1,7	0	12,3
Bad Honnef	0,9	0	6,3
Düsseldorf	1,0	0	9,2
Bimmen	2,0	0	12,2

Tabelle 6: Sauerstoffproduktionsleistung (SPL, mg O₂ l⁻¹ Tag⁻¹) an Meßstellen in Rhein und Mosel 1995

Die deutliche Abnahme der Zooplankton-Individuendichte 1995 im Vergleich zu 1990 ist als eine Reaktion auf das 1995 vorherrschende ungünstigere Abflußregime und auf die damit verbundene geringere Planktondichte zu bewerten. Auch wenn dem Zooplankton in Flüssen allgemein nur einer geringe Steuerungsfunktion für die Planktonentwicklung zugesagt wird (Gosselain *et al.* 1996), können derartige Wechselwirkungen unter reduzierten Strömungsverhältnissen beträchtliche Ausmaße annehmen, wie die Untersuchungen von Hepperle (1994) und Hoppe (1994) an Neckar gezeigt haben. Der Einfluß von benthischen Filtrierern (z.B. Simuliiden, Trichopteren) auf die Planktonentwicklung dürfte in Gewässern der Größenordnung wie beim Rhein zu vernachlässigen sein.

5. Literatur

- Admiraal, W, S.D. Mylius, E.D. de Ruyter van Steveninck & G.M.J. Tubbing 1993. A model of phytoplankton production in the lower River Rhine verified by observed changes in silicate concentration. *Journal of Plankton Research* 15: 659-682.
- Allard, E., (Ed.). 1992. GEMS//WATER operational guide, 3rd edition. WHO Collaborating Centre for Surface and Groundwater Quality, Canada Centre for Inland Waters, Burlington. loose leaves.
- Battarbee, R.W., 1994. Diatoms, lake acidification and the Surface Water Acidification Programme (SWAP): A review. *Hydrobiologia* 274: 1-7.
- Descy, J.-P. & A. Mérens 1996. Biomass-pigment relationships in potamoplankton. *Journal of Plankton Research* 18: 1557-1566.
- Gosselain, V., C. Joaquim-Justo, L. Viroux, M. Mena, A. Metens, J.-P. Descy & P. Thome. 1996. Laboratory and in situ grazing of freshwater rotifers and their contribution to community grazing rates. *Archiv für Hydrobiologie, Suppl.* 13: 353-361.
- Hepperle, D., 1994. Exemplarische Untersuchung der jahreszeitlichen Entwicklung des Phytoplanktons im Neckar. Eine Fallstudie für das Jahr 1991. - Bericht der Landesanstalt für Umweltschutz Baden-Württemberg, Karlsruhe, 1994, 125 S.
- Hoppe, A., 1994. Exemplarische Untersuchung der jahreszeitlichen Entwicklung des Zooplanktons im Neckar. Eine Fallstudie für das Jahr 1991. - Bericht der Landesanstalt für Umweltschutz Baden-Württemberg, Karlsruhe, 1994, 131 S.
- IKSR//CIPR, o. J. Zahlentafeln der physikalisch-chemischen Untersuchungen des Rheinwassers und des Schwebstoffs / Tableaux numériques des analyses physico-chimiques des eaux du Rhin et des matières en suspension 1990. Internationale Kommission zum Schutze des Rheins gegen Verunreinigung / Commission Internationale pour la Protection du Rhin contre la Pollution, Koblenz / Coblenz. 157pp.
- IKSR/CIPR, 1993. Statusbericht Rhein. Chemisch-physikalische und biologische Untersuchungen bis 1991. Vergleich Istzustand 1990-Zielvorgaben. Internationale Kommission zum Schutze des Rheins gegen Verunreinigung / Commission Internationale pour la Protection du Rhin contre la Pollution, Koblenz / Coblenz. 120pp.
- IKSR/CIPR, 1995. Bestandsaufnahme des Planktons im Rhein 1995. Untersuchungsprogramm der Internationalen Kommission zum Schutze des Rheins. 4p. + Anl. (internes Dokument)
- Joosten, A.M.T. & R. Bijkerk, 1996. Fytoplankton in het Nederlandse deel van de Rijn, 1995. Rapport 96-11. Koeman en Bijkerk B.V., Groningen. 124p.

- Kingston, J.C., R.B. Cook, R.G. Kreis, K.E. Camburn, S.A. Norton, P.R. Sweets, M.W. Binford, M.J. Mitchell, S.C. Schindler, L.C.K. Shane & G.A. King, 1990. Paleoecological investigation of recent lake acidification in the northern Great Lakes states. *Journal of Paleolimnology* 4: 153-201.
- Krause, I., 1995. Benthische Diatomeen-Gesellschaften im Zuge veränderter Wasserqualitäten im Rhein zwischen Ludwigshafen und Lorch von 1974 bis 1993. *Umweltplanung, Arbeits- und Umweltschutz* 182. Hessische Landesanstalt für Umwelt, Wiesbaden. 157p. + Anl.
- Reynolds, C.S. & J.-P. Descy, 1996. The production, biomass and structure of phytoplankton in large rivers. *Archiv für Hydrobiologie, Suppl.* 113: 161-187.
- Skjelkvåle, B.L., A.D. Newell, G. Raddum, M. Johannessen, H. Hovind, T. Tjomsland, T. & B. Wathne, B. 1994. The six years report: Acidification of surface water in Europe and North America. Dose/response relationships and long-term trends. Report 6001. Norwegian Institute for Water Research, Oslo. 135p.
- Schmitt, A., 1996, Trophiebewertung planktondominierter Fließgewässer - Konzept und erste Erfahrungen. Bay. LfW. Fachtagung, Okt. '96, München (Abstract)
- Tubbing, G.M.J., W. Admiraal, D. Backhaus, G. Friedrich, E.D. de Ruyter van Steveninck, D. Müller & I. Keller, 1994. Results of an international plankton investigation in the River Rhine. *Wat. Sci. Tech.* 29: 9-19
- Whitton, B.A., E. Rott, & G. Friedrich (Eds), 1991. Use of algae for monitoring rivers. E. Rott, Innsbruck. 198p.
- Whitton, B.A. & E. Rott (Eds), 1996. Use of algae for monitoring rivers II. Proceedings of an International Symposium held at the Volksbildungsheim Grillhof, Vill near Innsbruck, Austria, 17 - 19 September 1995. Institut für Botanik, Universität Innsbruck, Innsbruck. 196p. Rhine Plankton Monitoring Programme 1995.

Impressum

Herausgeber: Internationale Kommission zum Schutze des Rheins (IKSR)
Technisch-wissenschaftliches Sekretariat
Postfach 309
D - 56003 Koblenz
Telefon: (0261) 1 24 95
Telefax: (0261) 3 65 72
e-mail: iksr@rz-online.de

Titelfoto: Pediastrum duplex (Mitte); Scenedesmus acuminatus (oben Mitte);
Lagerheimia genevensis (unten links)
M. Pohlmann, Landesumweltamt Nordrhein-Westfalen

Erscheinungsdatum: September 1997

Bericht der Arbeitsgruppe Ökologie unter Mitwirkung von Experten aus den beteiligten Dienststellen

Die Broschüre wurde mit freundlicher Unterstützung des Ministerie van Volkshuisvesting, Ruimtelijke Ordening en Milieubeheer, Den Haag, gedruckt.