

Schriftenreihe Umwelt Nr. 191
Gewässerschutz



KOORDINIERTE BIOLOGISCHE UNTERSUCHUNGEN IM HOCHRHEIN 1990

TEIL II: PHYTO- UND ZOOPLANKTON

**Herausgegeben vom
Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft (BUWAL)
Bern, Dezember 1992**

Schriftenreihe Umwelt Nr. 191

Gewässerschutz



KOORDINIERTE BIOLOGISCHE UNTERSUCHUNGEN IM HOCHRHEIN 1990

TEIL II: PHYTO- UND ZOOPLANKTON

Bearbeitung:

Dipl. Biol. I. Keller, Dr. habil. P. Schröder
Institut für angewandte Hydrobiologie, Konstanz

Mitarbeit bei der Berichterstattung:

Dr. U. Sieber, Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft, Bern

Beteiligung:

Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft, Bern
Gewässerschutzfachstellen der Kantone Zürich, Basel-Stadt,
Basel-Landschaft, Schaffhausen, Aargau und Thurgau

Herausgegeben vom

Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft (BUWAL)

Bern, Dezember 1992

Bezugsquelle: Dokumentationsdienst
Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft
3003 Bern

INHALTSVERZEICHNIS

	Seite
ABSTRACTS	III
VORWORT	V
DANK	VI
ZUSAMMENFASSUNG	1
RESUME	2
1. EINLEITUNG	4
1.1 Zielsetzung und Ausgangslage	4
1.2 Bisherige Untersuchungen	4
1.3 Konzeption	5
2. DIE PROBENAHMESTELLEN	6
2.1 Allgemeine Charakterisierung	6
2.2 Lage der Probenahmestellen	6
2.3 Physikalisch-chemische Milieuparameter	8
3. METHODIK	9
3.1 Feldarbeiten	9
3.2 Laborarbeiten	9
3.3 Taxonomie	10
4. ERGEBNISSE	12
4.1 Verbreitung des Phytoplanktons im Hochrhein	12
4.1.1 Gesamtbiomasse des Phytoplanktons	12
4.1.2 Verbreitung der Arten im Längsverlauf	14
4.1.3 Häufigkeitsverteilung der Grössenklassen	22
4.1.4 Zusätzliche Biomasseparameter	23
4.1.5 Zusammenhänge zwischen Milieufaktoren und Verbreitung des Phytoplanktons	25
4.1.6 Vergleich von Kieselalgen (Bacillariophyceae) und Nicht-Kieselalgen	28
4.1.7 Verhältnis zwischen Phytoplankton und benthischen Algen	29
4.1.8 Vergleich zwischen Bodensee-Untersee und Seeabfluss	30
4.2 Verbreitung des Zooplanktons im Hochrhein	34
4.2.1 Gesamt-Individuenzahl des Zooplanktons	34
4.2.2 Verbreitung der Arten im Längsverlauf	36
4.2.3 Frequenzverteilung des Zooplanktons im Hochrhein	38
4.2.4 Zusammenhänge zwischen Phyto- und Zooplankton	41
4.2.5 Vergleich des Zooplanktons zwischen Untersee und Hochrhein	42
5. DISKUSSION UND AUSBLICK	43
5.1 Verbreitung des Planktons im Hochrhein	43
5.1.1 Phytoplankton	43
5.1.2 Zooplankton	44
5.2 Zusammenhänge zwischen Milieufaktoren und Verbreitung des Planktons	44
5.3 Vergleiche mit Angaben aus der Literatur	45
5.4 Vorschläge für künftige Planktonuntersuchungen im Hochrhein	47
6. LITERATURVERZEICHNIS	49
7. ANHÄNGE	53

ABSTRACTS

In 1990 coordinated biological inventories were made on the High Rhine by the relevant agencies of the Swiss federal government, of the cantons bordering on the Rhine as well as of the land of Baden-Württemberg. The present document which forms part II of the report shows the results of analyses of the Phytoplankton and the Zooplankton which were made at fortnightly intervals between June and October, 1990 at the end of Lake Constance-"Lower Lake", at five sampling stations on the High Rhine and in the Aare mouth before the junction with the Rhine. As regards the Phytoplankton, a list of 138 found Taxa (two thirds of which are Bacillariophyceae and Chlorophyceae) is presented as well as the distribution in time and space of the total biomass and of the biomass of the different groups of algae. The total biomass of the Phytoplankton, the composition of which is largely determined by the succession of species in the Lake of Constance-"Lower Lake", diminishes as the distance from the outlet of the lake augments, while the influx of the Aare causes a distinct increase of the biomass. As regards the Zooplanktons, apart from the list of the 25 found Taxa (Phyllopoda, Copepoda and Rotatoria), the number of individuals per unit of volume is shown in their time and space distribution. The number of most of the Zooplankton species, none of which appeared exclusively in the Aare or below the Aare mouth in the Rhine, rapidly diminished as the distance from the lake increases. It was not possible to establish a direct relationship between the distribution of Phytoplankton and Zooplankton in the longitudinal course of the High Rhine.

Im Jahre 1990 wurden am Hochrhein unter Beteiligung der zuständigen Fachstellen des Bundes, der Rheinanliegerkantone und Baden-Württembergs koordinierte biologische Bestandsaufnahmen durchgeführt. Der Bericht Teil II enthält die Ergebnisse der Untersuchungen des Phyto- und Zooplanktons, die in den Monaten Juni bis Oktober 1990 in 14-tägigem Rhythmus am Ende des Bodensee-Untersees, an 5 Probenahmestellen im Hochrhein in der Aare vor der Mündung in den Rhein vorgenommen wurden. Im Bereich des Phytoplanktons wird neben einer Liste der gefundenen 138 Taxa (zu 2/3 Bacillariophyceae und Chlorophyceae) die zeitliche und räumliche Verteilung der Gesamtbiomasse sowie der Biomasse einzelner Algengruppen dargestellt. Die Gesamtbiomasse des Phytoplanktons, dessen Zusammensetzung weitgehend durch die Artensukzession im Bodensee-Untersee bestimmt ist, nimmt mit zunehmender Entfernung vom Seeausfluss kontinuierlich ab, wobei der Zufluss der Aare dazwischen eine deutliche Erhöhung bewirkt. Bei den Zooplanktonorganismen wird neben der Liste der gefundenen 25 Taxa (Phyllopoda, Copepoda und Rotatoria) die Individuendichte im zeitlichen und räumlichen Verlauf gezeigt. Die Menge der meisten Zooplanktonarten, von denen keine ausschliesslich in der Aare oder unterhalb der Aaremündung im Rhein vorkam, verringerte sich mit zunehmender Entfernung vom See sehr schnell. Ein direkter Zusammenhang zwischen der Verteilung von Phyto- und Zooplankton im Längsverlauf des Hochrheins konnte nicht nachgewiesen werden.

En 1990, des inventaires biologiques coordonnés ont été effectués dans le Haut-Rhin, avec la participation des services compétents de la Confédération suisse, des cantons riverains du Rhin et du Land de Bade-Wurtemberg. Le présent rapport, deuxième partie, comporte le résultat des études sur le phytoplancton et le zooplancton, effectuées à intervalles de deux semaines entre juin et octobre 1990, à la sortie du lac Inférieur de Constance, à 5 endroits situés dans le Haut-Rhin et dans l'Aar avant la confluence avec le Rhin. Pour ce qui concerne le phytoplancton, outre une liste de 138 taxons qui ont été recensés (deux tiers d'entre eux sont des Bacillariophyceae et Chlorophyceae), on a représenté une distribution temporelle et spatiale de la biomasse globale et de la biomasse de certains groupes d'algues. La biomasse globale du phyto-

plancton, dont la composition est largement déterminée par la succession des espèces dans la partie inférieure du Lac de Constance, ne cesse de diminuer à mesure qu'on s'éloigne de l'exutoire du lac, l'apport de l'Aar provoquant cependant une nette élévation. Pour ce qui concerne les organismes du zooplancton, outre la liste des 25 taxons répertoriés (Phyllozoa, Copepoda et Rotatoria), on a montré la densité des individus dans le déroulement temporel et spatial. La quantité de la plupart des espèces de zooplancton (parmi lesquelles aucune n'apparaît exclusivement dans l'Aar, ni dans le Rhin en aval de la confluence), diminue très rapidement à mesure qu'on s'éloigne du lac. Aucun rapport de répartition entre phyto- et zooplancton n'a pu être démontré le long du cours du Rhin.

Nel 1990, grazie alla partecipazione dei competenti organi della Confederazione, dei Cantoni rivieraschi del Reno e del Baden-Württemberg, si è proceduto ad un inventario biologico coordinato nell' Alto Reno. Il Volume II del rapporto contiene i risultati delle indagini sul fitoplancton e sullo zooplancton svolte nei mesi da giugno a ottobre del 1990; i prelievi, effettuati ogni 15 giorni, sono stati effettuati nel Lago Inferiore del Lago di Costanza, in 5 posti lungo l'Alto Reno e nell'Aare, prima della confluenza con il Reno. Per quanto concerne il fitoplancton, oltre a un elenco dei 138 taxon reperiti (per 2/3 bacillariofitee e clorofitee) viene pure illustrata la distribuzione nello spazio e nel tempo dell'intera biomassa e della biomassa di singoli gruppi di alghe. La biomassa globale del fitoplancton, la cui composizione è in larga misura determinata dalla successione delle specie nel Lago Inferiore del Lago di Costanza, diminuisce in modo inversamente proporzionale all'aumentare della distanza dall'uscita del lago, registrando un brusco aumento in concomitanza con la confluenza dell'Aare. Per quanto riguarda lo zooplancton, oltre a un elenco dei 25 taxon reperiti (fillozoi, copezoi e rotiferi) viene pure illustrata l'evoluzione della densità degli individui nel tempo e nello spazio. La quantità della maggior parte delle specie di zooplancton, nessuna delle quali era presente esclusivamente nell'Aare o a valle della confluenza dell'Aare nel Reno, diminuisce molto rapidamente con l'aumentare della distanza dal lago. Nessuna correlazione diretta fra la distribuzione del fitoplancton e dello zooplancton lungo il corso dell'Alto Reno ha potuto essere dimostrata.

VORWORT

Im Sommer 1988 wurde von Vertretern des Bundesamtes für Umwelt, Wald und Landschaft und der zuständigen Fachstellen der Kantone Basel-Stadt, Basel-Landschaft und Aargau beschlossen, zukünftige biologische Untersuchungen am Hochrhein zwischen Stein am Rhein und Basel national koordiniert und in Abstimmung mit den Nachbarländern zu planen. Auf der Basis eines in der Folge ausgearbeiteten Konzeptvorschlages legte eine Koordinationsgruppe Bund/Rheinanliegerkantone/Baden-Württemberg (vertreten durch die Landesanstalt für Umweltschutz, LfU, Karlsruhe) mit Beteiligung der Eidg. Anstalt für Wasserversorgung, Abwasserreinigung und Gewässerschutz (EAWAG) in beratender Funktion ein "Programm für koordinierte biologische Untersuchungen am Hochrhein 1990" fest. Das Programm umfasste biologische Bestandesaufnahmen bei den wirbellosen Kleinlebewesen (Makroinvertebraten), beim Phyto- und Zooplankton sowie bei den Aufwuchsalgen (Mikrophytenflora).

Der vorliegende Untersuchungsbericht zeigt die Ergebnisse der Untersuchungen des Phyto- und Zooplanktons. Neben der Beschreibung der vorgefundenen Planktongesellschaften im Hochrhein beinhaltet er die Resultate einer erweiterten Auswertung des umfangreichen Datenmaterials im Hinblick auf ökologische Gesichtspunkte. Der Bericht, der detaillierte Ausführungen über die gesamte Untersuchung enthält, richtet sich in erster Linie an fachlich spezialisierte und interessierte Kreise.

Ebenfalls in der Schriftenreihe Umwelt erschienen sind die Berichte über die Untersuchungen im Bereich der Makroinvertebraten (Teil I) und der Aufwuchsalgen (Teil III) sowie ein zusammenfassender Kurzbericht (Teil IV) über die wichtigsten Ergebnisse des gesamten Untersuchungsprogrammes.

DANK

Dem Amt für Umweltschutz und Wasserwirtschaft des Kantons Thurgau und dem kantonalen Laboratorium Schaffhausen danken wir herzlich für das Überlassen von Vergleichsdaten bezüglich Plankton und Wasserchemie vom Untersee bei Berlingen bzw. vom Rhein bei Stein am Rhein.

Im weiteren möchten wir den Gewässerschutzfachstellen der Rheinanliegerkantone für die regelmässigen chemischen Analysen von Rheinwasserproben danken. Nur dank dieser grosszügigen Mithilfe wurde eine chemische Charakterisierung des Hochrheins während des Untersuchungszeitraumes möglich.

ZUSAMMENFASSUNG

In den Monaten Juni bis Oktober 1990 wurde im Rahmen des Programmes für koordinierte biologische Untersuchungen am Hochrhein an 5 Probenahmestellen im Rhein sowie am Ende des Bodensee-Untersees und in der Aare, kurz vor deren Einmündung in den Rhein, die Zusammensetzung des Phyto- und Zooplanktons in 14-tägigem Rhythmus qualitativ und quantitativ untersucht. Die Resultate bilden einen Beitrag zur gesamtrheinischen biologischen Bestandesaufnahme des Aktionsprogrammes "Rhein" der Int. Rheinschutzkommission.

Beim Phytoplankton wurden insgesamt 138 Taxa gefunden, wovon rund 2/3 den Bacillariophyceen und den Chlorophyceen zuzuordnen waren. Die Algenzusammensetzung im Hochrhein war weitgehend durch die Artensukzession im Bodensee-Untersee bestimmt, wo meist Bacillariophyceen und Cryptophyceen dominierten, die Zellzahlen jedoch im Rheinsee, d.h. im Bereich des Seeausflusses, im Vergleich zur Referenzstelle im See deutlich geringer waren. Die Gesamtbiomasse des Phytoplanktons nahm vom Seeausfluss bis oberhalb der Aaremündung kontinuierlich ab, ohne dass sich die Artenzusammensetzung wesentlich änderte. Offenbar ist in diesem Hochrheinabschnitt keine oder nur eine geringe autochthone Produktion vorhanden, und es findet kein bedeutender Planktoneintrag aus Zuflüssen statt.

Die Aare wies gegenüber dem Hochrhein keine grundsätzlich verschiedene Artenliste auf, ihr Einfluss auf den Phytoplanktongehalt des Rheins zeigte sich jedoch als beträchtlich. Durch den Eintrag der Aare wurde die Gesamtbiomasse des Phytoplanktons im Hochrhein erhöht und die Dominanzverhältnisse der Algengruppen deutlich zugunsten der Bacillariophyceen verschoben.

Ein Zusammenhang zwischen der Gesamtbiomasse des Phytoplanktons und zusätzlichen Biomasseparametern wie dem Gehalt an partikulärer organischer Substanz und an Chlorophyll-a (in der Regel unter $5 \text{ mg} \cdot \text{m}^{-3}$) war kaum zu erkennen. Eine Beeinflussung dieser Faktoren durch den Eintrag allochthonen organischen Materials über die Zuflüsse und aus dem Benthos dürfte dafür ausschlaggebend sein. In Bezug auf die Schwebstoffführung im Rhein hat die Aare zweifellos einen bedeutenden Einfluss. Die vorliegende Untersuchung zeigte jedoch, dass sich die Schwebstofffracht - scheinbar durch die Zuflüsse Thur, Töss und Glatt bedingt - schon oberhalb der Aare deutlich erhöhte.

Vergleiche mit Untersuchungen um die Jahrhundertwende bis Mitte dieses Jahrhunderts zeigen deutlich, dass heute die Chlorophyceen und die Cyanophyceen einen wesentlich höheren Anteil an der Algenpopulation im Hochrhein haben als früher. Die Cryptophyceen, die heute ebenfalls einen wesentlichen Anteil ausmachen, fehlten damals sogar vollkommen.

Beim Zooplankton wurden in Hochrhein und Aare 25 Taxa gefunden, die hauptsächlich den Phyllopoden, Copepoden und Rotatorien zuzuordnen waren. Keine Zooplanktongruppe kam ausschliesslich in der Aare oder unterhalb der Aaremündung im Rhein vor. Beobachtungen zu Beginn des Jahrhunderts, wonach sich das Artenspektrum zwischen Aare und Hochrhein deutlich unterschied, können heute nicht mehr bestätigt werden.

Im Gegensatz zum Phytoplankton werden Gehalt und Zusammensetzung des Zooplanktons fast ausschliesslich vom Bodensee-Untersee und nur zu einem geringen Teil aus den stromabwärts liegenden Rheinabschnitten und aus der Aare bestimmt. Entsprechend nahm die Menge der meisten Zooplanktonarten mit zunehmender Entfernung vom See sehr rasch ab. Kleinere Cladoceren (z.B. *Bosmina* sp.) kamen im ganzen Hochrhein und in der Aare vor. Sie können sich vermutlich in den Staubereichen vermehren. Grössere Formen wie z.B. *Daphnia*-Arten fehlten dagegen in der Aare und in den unteren Rheinabschnitten völlig.

Ein direkter Zusammenhang zwischen der Verteilung von Phyto- und Zooplankton im Längsverlauf des Hochrheins war in der vorliegenden Untersuchung nicht nachweisbar. Im Gegensatz zum Phytoplankton, das vom Bodensee-Untersee bis oberhalb der Aaremündung kontinuierlich abnahm, war beim Zooplankton vom Untersee bis einige Kilometer in den Hochrhein hinein eine Zunahme zu verzeichnen und danach erst eine exponentielle Abnahme bis unterhalb der Aaremündung. Entgegen dem Befund beim Phytoplankton war beim Zooplankton keine Erhöhung des Gehaltes durch die Aare zu beobachten.

RESUME

Dans le cadre du Programme de recherches biologiques coordonnées sur le Haut-Rhin on a procédé à l'étude qualitative et quantitative de la composition du phyto- et du zooplancton à des intervalles de 15 jours durant les mois de juin à octobre 1990, pour 5 emplacements choisis dans le Rhin, vers l'exutoire du lac Inférieur de Constance et dans l'Aar peu avant sa confluence avec le Rhin. Les résultats de ces recherches constituent aussi une contribution à l'inventaire biologique global des espèces dans le Rhin (programme d'action "Rhin" de la Commission internationale pour la protection du Rhin, CIPR).

Pour ce qui est du phytoplancton, on a trouvé en tout 138 taxons, dont deux tiers à classer dans les Bacillariophycées ou les Chlorophycées. La composition des algues dans le Haut-Rhin était déterminée avant tout par la succession des espèces du lac Inférieur de Constance, où dominaient la plupart du temps des Bacillariophycées et des Cryptophycées, tandis que dans le lac rhénan, c'est à dire l'exutoire du lac, les algues cellulaires étaient nettement moins nombreuses qu'au point de référence dans le lac même. La biomasse totale du phytoplancton diminuait régulièrement à partir de l'exutoire du lac et jusqu'en amont de l'embouchure de l'Aar, sans que la composition des espèces se modifie sensiblement. Visiblement, dans ce tronçon du Haut-Rhin, il n'existe pas ou très peu de production autochtone et il n'y a pas eu d'apport significatif de plancton de la part des affluents.

En comparaison avec le Haut-Rhin, l'Aar ne présente pas une composition d'espèces fondamentalement différente, cependant son influence sur la teneur en phytoplancton du Rhin est considérable. Pour la biomasse globale du phytoplancton dans le Haut-Rhin, l'apport de l'Aar constitue un facteur d'accroissement, et les conditions de la domination des groupes d'algues ont été nettement modifiées en faveur des Bacillariophycées.

La relation entre la biomasse globale du phytoplancton et les paramètres complémentaires de la biomasse, tels la teneur en substance organique particulaire et en Chlorophylle-a (en règle générale au-dessous de $5 \text{ mg} \cdot \text{m}^{-3}$) s'est révélée à peine perceptible. En revanche, il semble que ces facteurs aient été influencés de façon déterminante par l'apport de matériaux organiques allochtones, par la voie des affluents et à partir du benthos. Eu égard à l'apport de particules en suspension dans le Rhin, l'Aar exerce indiscutablement une influence prédominante. La présente étude a néanmoins montré que la charge de particules en suspension - apparemment via les affluents Thur, Töss et Glatt - s'élevait nettement déjà en amont de la confluence avec l'Aar.

Les comparaisons avec des recherches effectuées entre le début du siècle et les années cinquante montrent clairement que à l'heure actuelle, les Chlorophycées et les Cyanophycées représentent une proportion nettement plus élevée de la population des algues du Haut-Rhin que cela n'était le cas auparavant. Quant aux Cryptophycées qui, à l'heure actuelle, représentent aussi une proportion élevée, elles étaient naguère totalement absentes.

Concernant le zooplancton, on a trouvé 25 taxons dans le Haut-Rhin et dans l'Aar, répartis principalement en phyllopoètes, copépodes et rotifères. Aucun des groupes de zooplancton ne provenait exclusivement de l'Aar ou du Rhin, en aval de la confluence. Les observations effectuées au début du siècle, selon lesquelles le spectre des espèces se distinguait nettement entre Aar et Haut-Rhin, ne peuvent pas être confirmées à l'heure actuelle.

Contrairement à ce qui se passe avec le phytoplancton, la teneur et la composition du zooplancton sont déterminées quasi exclusivement par le lac Inférieur de Constance, et pour une petite part seulement, par les tronçons en aval du Rhin ainsi que par l'Aar. De même, la quantité de la plupart des espèces de zooplancton diminue très rapidement en fonction de leur éloignement du lac. Certains des plus petits des cladocères (par ex. *Bosmina* sp.) sont apparus dans tout le Haut-Rhin et dans l'Aar. Il leur est probablement possible de se reproduire dans les retenues des barrages. En revanche, des formes plus importantes, telles par ex. les espèces de daphnies, manquaient totalement dans l'Aar et dans les tronçons inférieurs du Rhin.

Aucune variation de la répartition du phyto- et du zooplancton tout le long du Haut-Rhin n'a pu être démontrée dans la présente étude. Au contraire du phytoplancton, qui diminuait régulièrement à partir du lac Inférieur jusqu'en amont de la confluence avec l'Aar, le zooplancton, à partir du lac Inférieur jusqu'à quelques kilomètres dans le Haut-Rhin, présentait une augmentation et, ensuite, seulement une diminution exponentielle jusqu'en aval de l'embouchure de l'Aar. Contrairement aux observations faites pour le phytoplancton, on ne constate aucune augmentation de zooplancton qui serait due à l'Aar.

1. EINLEITUNG

1.1 Zielsetzung und Ausgangslage

Das Programm für koordinierte biologische Untersuchungen im Jahre 1990 hatte zum Ziel, den biologischen Zustand des Hochrheins durch einheitlich durchgeführte Bestandesaufnahmen bei den Makroinvertebraten, beim Phyto- und Zooplankton sowie bei den Aufwuchs-Mikrophyten zu beschreiben und die grundlegenden Kenntnisse der Biologie dieses Rheinabschnittes, der heute als Abfolge von Staustufen speziellen hydraulischen Bedingungen unterliegt, zu erweitern (vgl. auch REY ET AL., 1992; SCHMITZ, 1993; MAURER 1993). Das Programm musste zugleich den Anforderungen der 1990 auf der gesamten Länge des Rheins vom Bodensee bis zum Meer durchgeführten biologischen Bestandesaufnahme im Rahmen des Aktionsprogrammes "Rhein" (APR) der Internationalen Rheinschutzkommission (IKSR, 1989) entsprechen.

Die Untersuchungen des Phyto- und Zooplanktons wurden so konzipiert, dass die Resultate als erste Basis für eine zukünftige biologische Gewässerüberwachung dienen können und dass sie räumliche und inhaltliche Problempunkte aufzuzeigen vermögen.

Im Vergleich zum Bodensee und der Rheinstrecke von Basel bis zur Mündung sind im Hochrhein die Zusammensetzung sowie die räumlichen und zeitlichen Verteilungsmuster des Phyto- und Zooplanktons nur lückenhaft untersucht. Nur an drei Messstellen der Landesanstalt für Umweltschutz (LfU) Karlsruhe werden regelmässig Planktonproben entnommen. Diese Probenahmestellen in Reckingen, Albrück-Dogern und Rheinfeldern liegen jedoch im mittleren und unteren Bereich des Hochrheins. Der Einfluss des Planktoneintrages aus dem Bodensee-Untersee in den Hochrhein lässt sich damit kaum abschätzen. So dürften zum Beispiel das Verhältnis benthischer zu planktischer Algen und die Dominanzverhältnisse der Arten in der fließenden Welle oberhalb der Einmündung der Aare, durch grössere Zuflüsse und die naturnahe Strukturvielfalt im Rhein bedingt, schneller und kleinräumiger ändern als etwa in den monotoneren unteren Hochrheinabschnitten.

Fundierte Kenntnisse der Algen- und Zooplanktondrift im Hochrhein sind einerseits wichtig zur limnologischen Charakterisierung des Rheins, andererseits lässt sich so das Nahrungsangebot für benthische Filtrierer und planktivore Fische und ihr Einfluss auf die Abundanzverhältnisse der Rheinfauna abschätzen.

1.2 Bisherige Untersuchungen

Untersuchungen des Planktons am Hochrhein waren im vergangenen Jahrhundert eher selten. Zu Beginn des 20. Jahrhunderts wurden von LAUTERBORN (1907-1910) Untersuchungen zur Planktonzusammensetzung in Hochrhein und Aare durchgeführt. Es folgten Bestandesaufnahmen der suspendierten Algen von JAAG (1938), KLOTTER (1955) und CZERNIN-CHUDENITZ (1958). Diese historischen Angaben wurden - soweit möglich - in Tabellenform dokumentiert und mit unseren Daten von 1990 verglichen (Kap.5.3., Seite 45).

BACKHAUS & KEMBALL (1978) führten eine Bestandesaufnahme des Hochrheinplanktons durch. Leider führen die Autoren nur die häufigeren Spezies auf. Eine weitere Bestandesaufnahme zum Artenspektrum der suspendierten Algen von Hoch- und Oberrhein wurde von SCHOWALTER (1988) durchgeführt. Im Rahmen eines vom Rheinfonds der Sandoz AG finanzierten Forschungsprogramms zur Biologie des Rheins und seiner Zuflüsse (SCHRÖDER, REY & ORTLEPP, 1990 a und b; SCHRÖDER, REY & TOMKA, 1991) wurden Anzahl und Größenklassenverteilung der suspendierten Algen im Verlauf des Hochrheins untersucht.

1.3 Konzeption

In den Monaten Juni bis Oktober 1990 wurden an 5 Probenahmestellen entlang des Hochrheins Biomasse- und Planktonzusammensetzung untersucht. Um einerseits Vergleichsmöglichkeiten zu den Verhältnissen im Bodensee-Untersee zu schaffen und andererseits den Einfluss der Aare als bedeutendsten Zufluss abschätzen zu können, wurden parallel dazu Proben im Rheinsee bei Öhningen und in der Aare kurz vor deren Einmündung in den Rhein entnommen.

Der 14-tägige Probenahmerhythmus, die zu messenden Parameter und ihre Aufarbeitung im Labor waren durch die für den gesamten Rheinverlauf festgelegten Rahmenbedingungen des Mess- und Untersuchungsprogrammes innerhalb des Aktionsprogrammes "Rhein" (IKSR, 1989) weitgehend vorgegeben. Zur Vereinheitlichung der Labormethodik und der taxonomischen Arbeit im Bereich des Phytoplanktons wurden mehrere Treffen der beteiligten Planktonexperten im internationalen Arbeitskreis "Phytoplankton" durchgeführt.

2. DIE PROBENAHMESTELLEN

2.1 Allgemeine Charakterisierung

Das Untersuchungsgebiet, in dem die Probenahmestellen für das Planktonprogramm liegen, lässt sich in 4 Abschnitte einteilen (vgl. SCHRÖDER, REY & ORTLEPP, 1989; SCHRÖDER & REY, 1991):

Abschnitt 0 = Untersee und Rheinsee

Dieses Gebiet umfasst den gesamten Untersee einschliesslich Seerhein, Gnadensee, Zellersee sowie Rheinsee und reicht bis oberhalb Stein am Rhein. Die Planktonentwicklung im Bodensee-Untersee bildet den entscheidenden Eintrag für Planktonzusammensetzung und Biomasse im Hochrhein und muss daher in eine Untersuchung zum Hochrheinplankton miteinbezogen werden.

Abschnitt A = Seeabfluss zwischen Stein am Rhein und Ellikon, ohne Thurmündung

Im Hochrhein zwischen Stein am Rhein und Ellikon oberhalb der Thurmündung dominiert der Seeabflusscharakter, gekennzeichnet durch gleichmässige Wasserführung, ausgeglichenes Temperaturregime und hohen Planktongehalt. Der Einfluss grösserer Zuflüsse fehlt hier. Naturnahe, schnellfliessende Abschnitte geringer bis mittlerer Wassertiefe nehmen ausserhalb der Siedlungsgebiete den grössten Teil der Fliessstrecke ein.

Abschnitt B = Hochrhein von der Thurmündung bis oberhalb Zusammenfluss mit der Aare

Der Hochrhein ist in diesem Abschnitt durch relativ ausgedehnte, naturnahe Strecken, stellenweise noch naturnahe Ufer und starke Turbulenzen charakterisiert. Staustufen sind in ihrer Auswirkung auf die Rheinbiozönose auf kurze Abschnitte beschränkt.

Abschnitt C = ab Zusammenfluss mit Aare bis oberhalb der Wiesemündung in Basel

Mit Erhöhung der Wasserführung durch die Aare und die zahlreichen Staustufen, deren Stauwurzeln und Rückstaubereiche sich teilweise überlagern, nähert sich der Hochrhein hier stellenweise dem Charakter eines stehenden Gewässers.

2.2 Lage der Probenahmestellen

Für das Planktonprogramm wurden 7 Probenahmestellen ausgewählt, von denen fünf mit denjenigen der Benthosuntersuchungen entlang des Hochrheins zusammenfallen. Tabelle 1 (Seite 7) enthält eine Beschreibung für alle Probenahmestellen, und Abbildung 1 gibt eine Übersicht über deren Lage.

Tab. 1: Bezeichnung, Lage und Kurzcharakteristik der Probenahmestellen (in Klammer: entsprechende Probenahmestelle der Makroinvertebratenuntersuchungen, BUWAL 1992).

Rhein-km	Abschnitt	Ufer	Lage	Charakter
24,0	0	rechts	ÖHNINGEN-STAAD 20m Uferabstand	1m tief, Schotter, Steine ohne Aufwuchs, klar
29,0 (Hem, km 29)	A	rechts	HEMISHOFEN 20m Uferabstand	<0,5m tief, Schotter, Steine, Algenaufwuchs und Makrophyten, klar
59,0 (Ell, km 63,8)	A	links	ELLIKON 5m Uferabstand	<0,5m tief, Schotter, Steine, Kies, Aufwuchs, klar
98,0 (Rie, km 97,8)	B	links	RIETHEIM 10m Uferabstand	0,5<1m tief, Schotter, Steine, Sand, Kies, Makrophyten, leichte Trübung
AARE		links	FELSENAU unmittelbar am Ufer	>2m tief, Ufermauer, hohe Schwebstoffführung, starke Trübung
128,0 (Sis, km 125,9)	C	links	SISSELN 5m Uferabstand	>2m tief, hohe Schwebstoffführung, geringe Sichttiefe
168,0 (Bas, km 167,1)	C	rechts	BASEL ST. JOHANN unmittelbar am Ufer	<2m tief, hohe Schwebstoffführung, geringe Sichttiefe

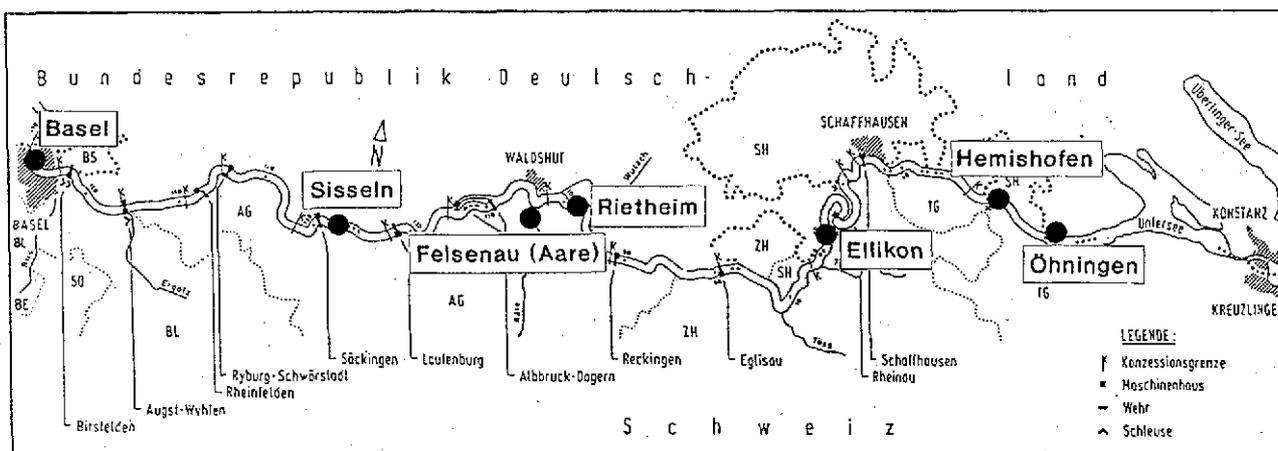


Abb. 1: Lage der Probenahmestellen.

2.3 Physikalisch-chemische Milieuparameter

Der Hochrhein und die Aare zeichneten sich während des Untersuchungszeitraums durch eine mittlere elektrische Leitfähigkeit zwischen 170 und 380 $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ aus. Die höchsten Leitfähigkeitswerte wurde im Juni, die niedrigsten in den Monaten September und Oktober festgestellt. Als Mischtyp stehen beide Fliessgewässer zwischen dem Karbonat- und Silikatgewässer des Einzugsgebietes (SCHRÖDER & REY, 1991).

Die gemessenen Wassertemperaturen lagen zwischen 13 und 24 °C. Die höchsten Werte wurden zwischen Ende Juli und Mitte August festgestellt.

Die Sauerstoffsättigung lag zwischen 81 und 143 % und der Sauerstoffgehalt zwischen 7.3 und 14.7 $\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$.

Die chemischen Messdaten wurden von den kantonalen Gewässerschutzfachstellen zu Verfügung gestellt. In Tabelle 2 sind die Extremwerte der Stickstoff- und Phosphorkomponenten zwischen Juni und Oktober 1990 zusammengefasst.

Tab. 2: Extremwerte der Stickstoff- und Phosphorkomponenten in [$\mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$], Juni bis Oktober 1990; Stelle Berlingen: Werte für Epilimnion 0 - 10 m.

	Berlingen (Bodensee-Untersee)		Stein a. Rhein (Rh-km 25)		Ellikon (Rh-km 63)			
	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.		
NH ₄ -N	11	76	10	40	30	40		
NO ₃ -N	430	670	430	730	610	930		
NO ₂ -N	13	15	12	17	12	24		
o-PO ₄ -P	1	10	2	8	9	17		
P _{total}	6	15	14	27	20	53		
	Rietheim (Rh-km 98)		Felsenau (Aare)		Sisseln (Rh-km 128)		Village-Neuf (Rh-km 174)	
	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.
NH ₄ -N	10	60	40	110	30	100	0	190
NO ₃ -N	770	1000	1210	1520	1020	1230	1280	1680
NO ₂ -N	12	22	17	35	23	34		
o-PO ₄ -P	22	43	20	58	21	45	30	60
P _{total}	68	99	67	111	63	121	50	130

3. METHODIK

3.1 Feldarbeiten

Die Wasserproben wurden an den von der IKSR für den gesamten Rhein festgelegten Terminen jeweils nachmittags zwischen 12 und 18 Uhr genommen.

Für die Bestimmung der Biomasseparameter wurden 10 Liter Wasser aus dem Uferbereich geschöpft, wo der Wasserkörper möglichst gut durchmischt war. Die Proben wurden in abgedunkelten Plastikbehältern transportiert und bis zur Aufarbeitung dunkel und kühl (10 °C) gelagert. Die Aufarbeitung erfolgte möglichst noch am selben Tag, höchstens aber 18 Stunden nach der Probenahme.

Zusätzlich wurde eine Schöpfprobe von 100 ml zur späteren Phytoplanktonbestimmung mit Lugol'scher Lösung fixiert.

Für die Zooplanktonbestimmung wurden Schöpfproben von 20, 50 oder 100 l genommen, an Ort und Stelle mit Hilfe eines Netzes mit einer Maschenweite von 50 μm eingeeengt und mit zuckerhaltiger Formaldehydlösung auf ein Gesamtvolumen zwischen 100 und 200 ml resuspendiert. Um an Probenahmestellen mit geringer Zooplanktonfracht noch grössere Wasservolumina zu erfassen, wurde zum Teil zusätzlich ein Planktonnetz (12 cm Öffnung und 50 μm Maschenweite) für einige Minuten in der Strömung exponiert und die Durchflussrate mit einem Fließgeschwindigkeitsmesser ermittelt.

3.2 Laborarbeiten

Phytoplanktonproben

Im Labor wurde ein Aliquot der lugolfixierten Phytoplanktonprobe in eine 5 ml Zählkammer gefüllt und nach einer Sedimentationszeit von 4-6 Stunden unter einem Umkehrmikroskop bei 400-facher Vergrößerung ausgezählt (UTERMÖHL, 1958). Zusätzlich wurde die gesamte Zählkammer nach grösseren Algenformen, deren Volumen 5000 μm^3 überschritt, bei 100-facher Vergrößerung durchsucht.

Es wurden immer Einzelzellen gezählt und diese auf Anzahl Zellen pro Milliliter [$\text{n}\cdot\text{ml}^{-1}$] umgerechnet. Die Algenbiomasse wurde aus der Zellzahl, dem durchschnittlichen Zellvolumen einer Art und einem zugrundegelegten spezifischen Gewicht von 1.02 errechnet (KÜMMERLIN & BÜRGI, 1989).

Zooplanktonproben

Die Proben wurden in 100 ml Standzylindern durch Sedimentation und Resuspension auf 20 ml eingeeengt. Aliquots wurden in 5 ml-Röhrenzählkammern überführt und die Zooplankter der gesamten Probe nach einem Tag mit Hilfe eines Inversionsmikroskops bei 100-facher Vergrößerung bestimmt und ausgezählt.

Trockengewicht

Zur Bestimmung des Trockengewichts (gesamte ungelöste Stoffe) wurde je nach Schwebstoffgehalt der Wasserprobe eine 100-1000 ml Suspension über vorgeglühte Glasfaserfilter abfiltriert. Der Rückstand auf dem Filter wurde bei 110 °C zwei Stunden getrocknet. Anschliessend wurden die Filter bei 550 °C vier Stunden gegläht.

Aschefreies Trockengewicht

Aus der Differenz von Trocken- und Aschegewicht wurde das aschefreie Trockengewicht errechnet. Die erhaltenen Werte zeigen näherungsweise den Anteil der partikulären organischen Substanz an den Schwebstoffen.

Chlorophyll-a

Zur Bestimmung des Chlorophyll-a-Gehaltes wurden 200-1000 ml Probenwasser über Glasfaserfilter abfiltriert und das Chlorophyll mit heissem Ethanol extrahiert (MARKER, 1972; NUSCH, 1984). Die Extinktionsmessungen erfolgten in einem Spektralphotometer bei Wellenlängen von 750 und 665 nm (LORENZEN, 1967).

Bruttosauerstoffproduktion

Um die Bruttosauerstoffproduktion (Sauerstoffproduktions-Potential, SPL) durch die Assimilation des natürlichen Phytoplanktons zu bestimmen, wurden entsprechend DIN 38412 (1983), belüftete Wasserproben über 24 Stunden bei 20 °C und 160 $\mu\text{E}/\text{m}^2\cdot\text{s}$ inkubiert.

3.3 Taxonomie

Phytoplankton

Die Bestimmung der Cyanophyceen erfolgte nach BOURELLY (1970), die der Bacillariophyceae nach KRAMER & LANGE-BERTALOT (1986). Die Chlorophyceae wurden nach BOURELLY (1966) und KOMAREK & FOTT (1983) bestimmt.

Das Bestimmungsniveau richtete sich grundsätzlich nach der im internationalen Arbeitskreis 'Phytoplankton' (CH, D, NL; Aktionsprogramm "Rhein") erarbeiteten Artenliste. Die *Cyclotella*-Arten wurden in zwei Formenkreise (Fk) zusammengefasst, da ihre genaue Bestimmung nur im Elektronenmikroskop möglich ist. Die *Cyclotella*-Arten bis 10 μm Durchmesser wurden zum *Cyclotella atomus*- und diejenigen von 10-15 μm zum *Cyclotella comta*-Formenkreis gezählt.

Die *Stephanodiscus*-Gruppe besteht aus *Stephanodiscus hantzschii*, *St. neoastrea* und *St. parvus*(Fk). Aufgrund der Bestimmungsschwierigkeit wurden kleinere Arten von *Stephanodiscus* zum Formenkreis *St. parvus* gezählt.

Zooplankton

Die Bestimmung der Phyllopoden erfolgte nach STREBLE & KRAUTER (1973), MÜLLER & SAAKE (1979), HERBST (1962), KIEFER (1972), die der Copepoden nach STREBLE & KRAUTER (1973), KIEFER (1972), MIEGEL (1981). Die Rotatorien wurden mit Hilfe von STREBLE & KRAUTER (1973), MIEGEL (1981), KIEFER (1972) und DONNER (1973) bestimmt.

Dazu konnten wir uns an den Angaben zur Artenzusammensetzung der Zooplankter im Bodensee orientieren (EINSLE, 1983a; GELLER, 1980; KIEFER, 1972). Die Unterscheidung der beiden häufigsten Cladocerenarten *Daphnia galeata* und *Daphnia hyalina* ist aufgrund der grossen Formvariabilität auch innerhalb einer Population und im Cyclomorphoseverlauf schwierig (BERBEROVIC, 1990; EINSLE, 1964, 1983 a und b; GELLER, 1980) und nach KIEFER (1972) kaum noch möglich, da sich im Bodensee Mischpopulationen herausgebildet haben. Ähnliches gilt für die Differenzierung in *Bosmina longirostris* und *Bosmina longispina*.

4. ERGEBNISSE

4.1 Verbreitung des Phytoplanktons im Hochrhein

4.1.1 Gesamtbiomasse des Phytoplanktons

Die Gesamtheit der erhobenen Werte der Gesamtbiomasse des Phytoplanktons lag während des Untersuchungszeitraums zwischen 0.04 und $1.93 \text{ g} \cdot \text{m}^{-3}$. Anhand der gemittelten Biomassen ist eine erste Differenzierung der Probenahmestellen möglich (Abb. 2). Die zugehörigen Minimal- und Maximalwerte sind der Tabelle 1.1 in Anhang 1 zu entnehmen.

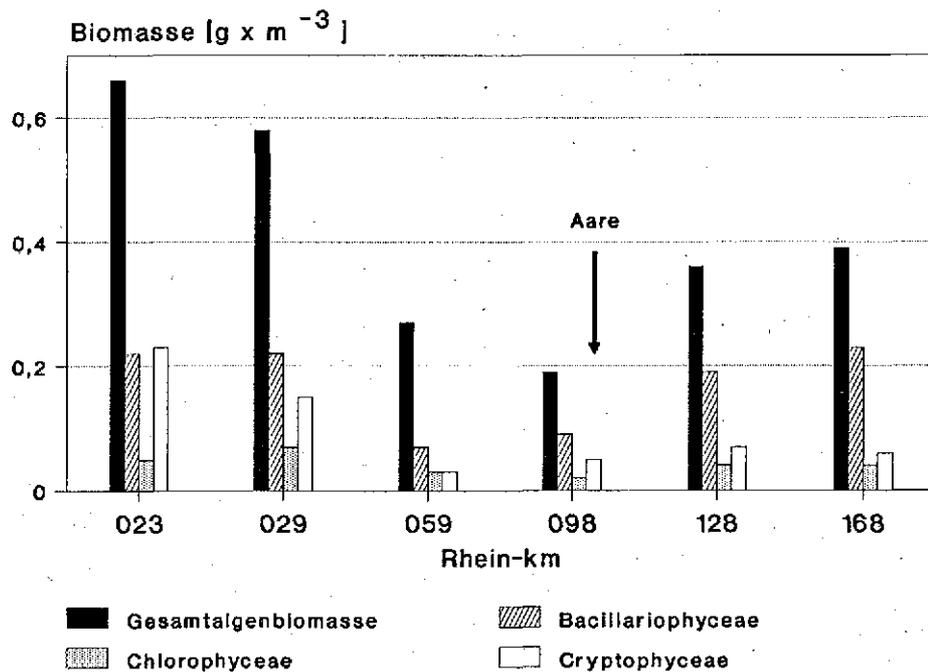


Abb. 2: Biomassemittelwerte des gesamten Phytoplanktons und der wichtigsten Algenklassen im Längsverlauf des Hochrheins in der Zeit von Juni bis Oktober 1990.

Bei Rhein-km 24 (Öhningen) und km 29 (Hemishofen) waren die Mittelwerte der Biomasse am höchsten. An beiden Probenahmestellen dominierten die Cryptophyceen und die Bacillariophyceen. In der zweiten Hälfte des Untersuchungszeitraumes waren dazu regelmässig Cyanophyceen anzutreffen. Die niedrigsten mittleren Phytoplankton-Biomassen wurden bei km 59 (Ellikon) und km 98 (Rietheim) ermittelt. Beide Stellen waren durch ein breites Spektrum an Algengruppen mit geringem Anteil an der Gesamtalgenbiomasse charakterisiert. Dazu gehörten hauptsächlich Bacillariophyceen, Cryptophyceen, Chlorophyceen und Cyanophyceen. An den Probenahmestellen bei km 128 (Sisseln) und bei km 168 (Basel), die beide unterhalb der Einmündung der Aare liegen, war wieder eine deutliche Erhöhung der mittleren Phytoplankton-Biomasse zu beobachten. An beiden Stellen dominierten die Bacillariophyceen, ebenso wie in der Aare selbst, wo die mittlere Gesamtbiomasse etwa in derselben Grössenordnung ($0.41 \text{ g} \cdot \text{m}^{-3}$) lag. Eine zeitliche Zuordnung der einzelnen Biomassewerte an den Probenahmestellen zeigt Abbildung 3 (Seite 13).

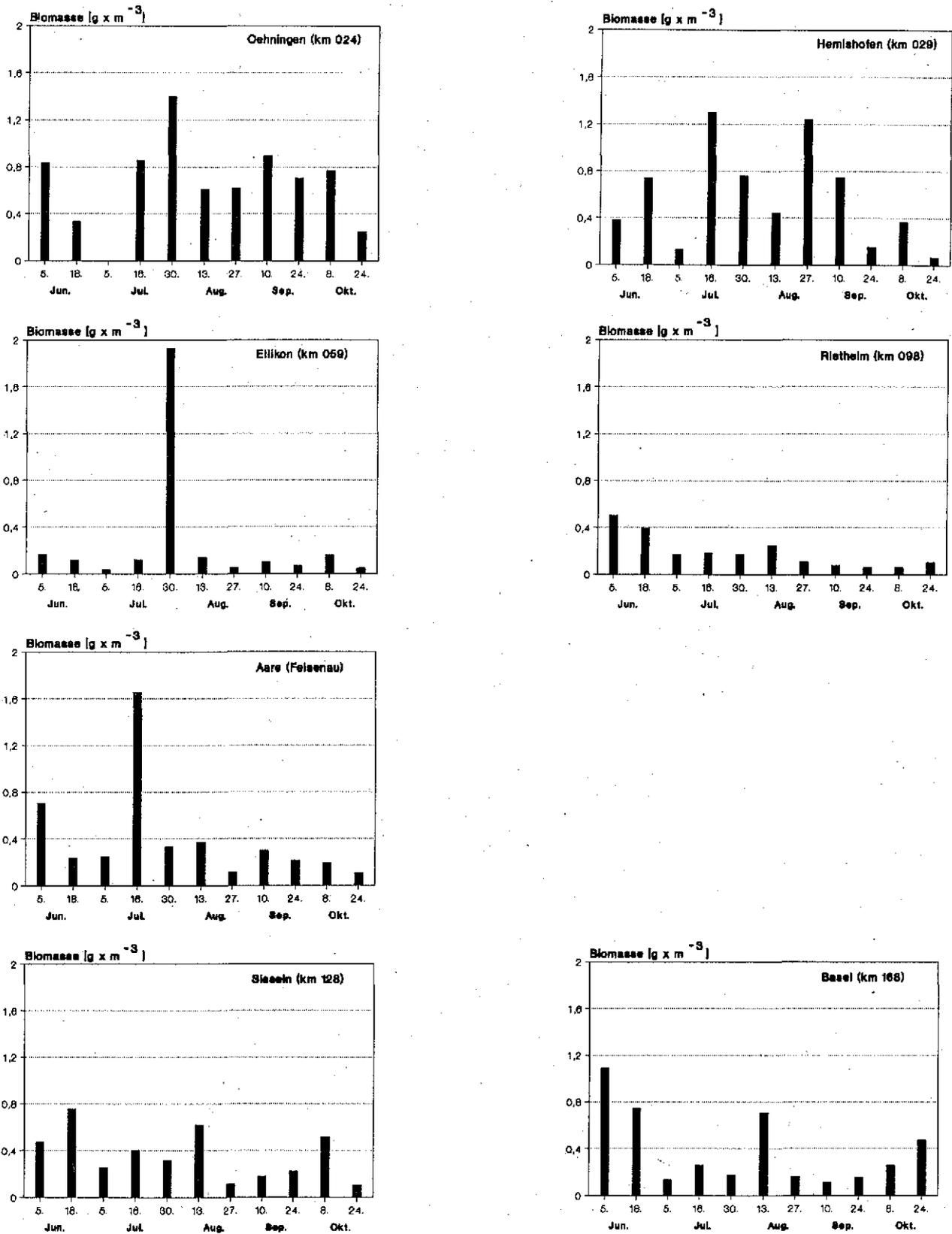


Abb. 3: Gesamtbiomasseverteilung des Phytoplanktons während des Untersuchungszeitraumes (Juni bis Oktober 1990) im Verlauf der Untersuchungsstrecke.

Die ausgeprägteste zeitliche Dynamik der Biomassewerte war bei Öhningen und an der direkt vom Rheinsee beeinflussten Probenahmestelle bei Hemishofen zu beobachten. Die höchsten Werte wurden dabei Mitte bis Ende Juli festgestellt.

Bei Ellikon und Rietheim zeigten sich durchwegs vergleichsweise tiefe Werte. Das ungewöhnlich hohe Maximum Ende Juli bei Ellikon liess sich auf ein massenhaftes Vorkommen von Cyanophyceen zurückführen. Ein Zusammenhang mit der zeitlichen Dynamik der Biomassewerte im Bodensee-Untersee war schon bei Ellikon nicht mehr erkennbar.

An den Probenahmestellen bei Sisseln und bei Basel wurde ein ähnlicher zeitlicher Verlauf der Biomassewerte festgestellt wie in der Aare bei Felsenau. Vom Beginn der Untersuchungen im Juni weg bis zu deren Ende im Oktober bestand eine leichte Tendenz zur Abnahme.

In der Aare wurde Mitte Juli ein sehr hohes Maximum festgestellt, das zweithöchste in der gesamten Untersuchung überhaupt, verursacht durch eine Blüte von Bacillariophyceen. Eine Erhöhung der Werte im Rhein als Folge davon wurde aber nicht beobachtet.

4.1.2 Verbreitung der Arten im Längsverlauf

Artenliste

Folgende Taxa wurden im Hochrhein und in der Aare gefunden (alphabetische Reihenfolge):

BACILLARIOPHYCEAE

<i>Amphora</i> spp.	<i>Melosira gran.</i> var. <i>angustissima</i>	<i>Nitzschia monachorum</i>
<i>Asterionella formosa</i>	<i>Melosira italica</i>	<i>Nitzschia Sigmoideae</i>
<i>Cocconeis</i> spec.	<i>Melosira varians</i>	<i>Rhoicosphenia</i> spp.
<i>Cyclotella bodanica</i>	<i>Meridion circulare</i>	<i>Stephanodiscus hantzschii</i>
<i>Cyclotella comta</i>	<i>Navicula gregaria</i>	<i>Stephanodiscus parvus</i>
<i>Cymatopleura solea</i>	<i>Navicula lanceolata</i>	<i>Stephanodiscus neoastrea</i>
<i>Diatoma elongatum</i>	<i>Navicula tripunctata/gracilis</i>	<i>Surirella</i> spp.
<i>Diatoma vulgare</i>	<i>Nitzschia acicularis</i>	<i>Synedra acus</i>
<i>Fragilaria capucina</i>	<i>Nitzschia actinastroides</i>	<i>Synedra acus</i> var.
<i>Fragilaria crotonensis</i>	<i>Nitzschia dissipata</i>	<i>angustissima</i>
<i>Gomphonema</i> spp.	<i>Nitzschia intermedia</i>	<i>Synedra acus</i> var. <i>radians</i>
<i>Gyrosigma</i> spp.	<i>Nitzschia lanceolatae</i>	<i>Tabellaria fenestrata</i>
<i>Melosira granulata</i>	<i>Nitzschia lineares</i>	

CHLOROPHYCEAE

<i>Actinastrum hantzschii</i>	<i>Chlamydomonas</i> spp.	<i>Coelastrum asteroideum</i>
<i>Ankistrodesmus falcatus</i>	<i>Chlorella vulgaris</i>	<i>Coelastrum cambricum</i>
<i>Ankyra judayi</i>	<i>Chlorobium</i> spp.	<i>Coelastrum microporum</i>
<i>Chlamydomonas rheinhardi</i>	<i>Closteriopsis longitissima</i>	<i>Crugenia tetrapedia</i>

CHLOROPHYCEAE (Fortsetzung)

<i>Crugeniella rectangularis</i>	<i>Oocystis naegelii</i>	<i>Scenedesmus armatus</i>
<i>Elakatothrix gelatinosa</i>	<i>Pandorina morum</i>	<i>Scenedesmus caudatum</i>
<i>Eutetramorus fottii</i>	<i>Pediastrum boryanum</i>	<i>Scenedesmus ecornis</i>
<i>Haematococcus pluviialis</i>	<i>Pediastrum duplex</i>	<i>Scenedesmus linearis</i>
<i>Kirchneriella obesa</i>	<i>Pediastrum tetras</i>	<i>Scenedesmus obtusus</i>
<i>Korshikoviella gracilepes</i>	<i>Phacotus lendneri</i>	<i>Scenedesmus opoliensis</i> var.
<i>Lagerheimia ciliata</i>	<i>Phacotus lenticularis</i>	<i>bicaudatus</i>
<i>Lagerheimia tetradiensis</i>	<i>Planktosphaeria</i> spp.	<i>Scenedesmus suspicatus</i>
<i>Monoraphidium contortum</i>	<i>Pseudosphaerocystis lacustris</i>	<i>Sphaerocystis schroeteri</i>
<i>Monoraphidium griffithii</i>	<i>Schroederia indica</i>	<i>Tetrachlorella alternans</i>
<i>Monoraphidium minutum</i>	<i>Schroederia setigera</i>	<i>Tetraedron minimum</i>
<i>Nephroclythium agardhianum</i>	<i>Scenedesmus acuminatus</i>	<i>Tetrastrum komarecki</i>
<i>Oocystis lacustris</i>	<i>Scenedesmus acutus</i>	<i>Tetrastrum triangulare</i>
<i>Oocystis marssonii</i>	<i>Scenedesmus acutus</i> var. <i>acutus</i>	<i>Willea irregularis</i>

CHRYSOPHYCEAE

<i>Chromulina</i> spp.	<i>Chrysarachnion insidicus</i>	<i>Mallomonas akromos</i>
<i>Dinobryon divergens</i>	<i>Mallomonas acaroides</i>	<i>Synura uvella</i>

CONJUGATOPHYCEAE

<i>Closterium aciculare</i>	<i>Closterium pronom</i>	<i>Mougeotia viridis</i>
<i>Closterium acutum</i>	<i>Cosmarium depressum</i> var.	<i>Spirogyra</i> spec.
<i>Closterium acutum</i> var.	<i>planctonicum</i>	<i>Staurastrum cingulum</i>
<i>variabilis</i>	<i>Cosmarium subcostatum</i> fo. <i>minor</i>	
<i>Closterium leibleinii</i>		

CRYPTOPHYCEAE

<i>Cryptomonas erosa</i> -Typ	<i>Cryptomonas rostratiformis</i>	<i>Rhodomonas minuta</i> var.
<i>Cryptomonas marssonii</i>	<i>Katablepharis ovalis</i>	<i>nannoplanctica</i>
<i>Cryptomonas ovata</i>	<i>Rhodomonas minuta</i>	

CYANOPHYCEAE

<i>Anabaena circinalis</i>	<i>Chroococcus limneticus</i>	<i>Oscillatoria agardhii</i>
<i>Anabaena flos-aquae</i>	<i>Chroococcus minutus</i>	<i>Oscillatoria limosa</i>
<i>Anabaena solitaria</i> var.	<i>Coelosphaerium</i> spp.	<i>Oscillatoria redekei</i>
<i>planctonica</i>	<i>Lyngbaea limnetica</i>	<i>Oscillatoria rubescens</i>
<i>Anabaena spiroides</i>	<i>Merismopedia glauca</i>	<i>Pseudoanabaena catenata</i>
<i>Aphanizomenon flos-aquae</i>	<i>Microcystis aeruginosa</i>	<i>Synechococcus linearis</i>
<i>Aphanocapsa delicatissima</i>	<i>Microcystis incerta</i>	

DINOPHYCEAE

<i>Ceratium hirundinella</i>	<i>Gymnodinium lantzschii</i>
<i>Gymnodinium helveticum</i>	<i>Peridinium</i> spp.

EUGLENOPHYCEAE

<i>Euglena gracilis</i>

Betrachtung nach Algenklassen

Die **Bacillariophyceen** (Abb. 4; Abb. 2.1a und 2.1b, Anhang 2) hatten meist einen erheblichen Anteil an der gesamten Phytoplanktonbiomasse. Hohe Algendichten bei den Bacillariophyceen bedeuteten daher meist auch Maxima bei der Gesamtbiomasse. Die Maxima bei den Bacillariophyceen im oberen Hochrhein und in der Aare lagen in der zweiten Julihälfte, wobei diese an den Probenahmestellen bei Sisseln (km 128) und Basel (km 168) nicht mehr in Erscheinung traten. In Basel lag das Maximum bereits in der ersten Junihälfte. Von Anfang Oktober weg nahm die Biomasse der Bacillariophyceen in der Regel kontinuierlich mit der Entfernung zum Untersee ab, wobei interessanterweise bei Sisseln und bei Basel vereinzelt erhöhte Algendichten zu beobachten waren.

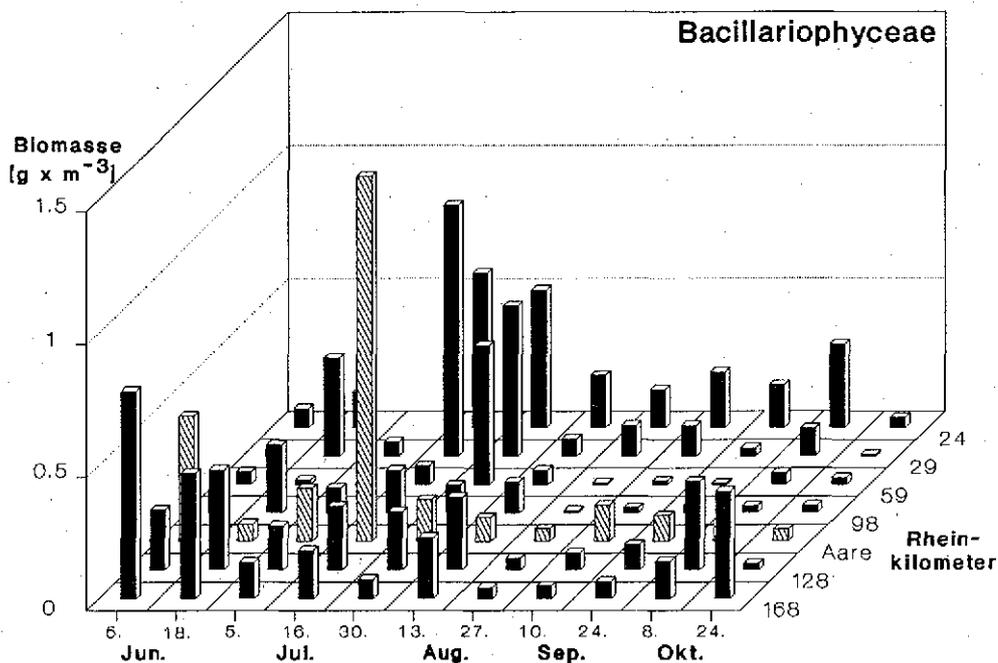


Abb. 4: Zeitliche und räumliche Biomasseverteilung der Bacillariophyceae von Juni bis Oktober 1990.

Asterionella formosa kam am häufigsten im Juni/Juli und im September/Oktober vor (höchste Biomassewerte: 0.03 - 0.04 g·m⁻³). An allen Probestellen gleichzeitig wurde sie nur Mitte Juni gefunden.

Die zum Formenkreis der *Cyclotella atomus* zählenden Arten waren am häufigsten von Mitte Juni bis Mitte Juli und von Ende August bis Anfang September vertreten (höchsten Biomassewerte: 0.03 - 0.04 g·m⁻³). Ihr Verbreitungsschwerpunkt verschob sich im Laufe des Untersuchungszeitraumes vom unteren zum oberen Hochrhein.

Cyclotella comta (Fk) war im ganzen Hochrhein Mitte August bis Mitte September häufig (maximal $0.03 - 0.05 \text{ g}\cdot\text{m}^{-3}$). Am 5. Juni ergaben die Zählungen in Basel einen Maximalwert von $0.09 \text{ g}\cdot\text{m}^{-3}$ und gleichzeitig in der Aare von $0.06 \text{ g}\cdot\text{m}^{-3}$. Oberhalb der Aaremündung wurden zu diesem Zeitpunkt nur sehr geringe Mengen der Organismen dieses Formenkreises gefunden.

Die aus verschiedenen Arten bestehende Gruppe der *Cyclotella* sp., mit einer Grösse über $15 \mu\text{m}$, war im Juni/Juli und Ende September/Anfang Oktober am häufigsten. Im Juni und Juli wurden diese grossen *Cyclotella* sp. ausschliesslich unterhalb der Aaremündung gefunden (z.B. in Basel: $0.09 \text{ g}\cdot\text{m}^{-3}$). Interessanterweise konnten am 16. Juli in Sisseln und Basel keine *Cyclotella* gefunden werden, obwohl gleichzeitig in der Aare ein Höchstwert von $0.12 \text{ g}\cdot\text{m}^{-3}$ ermittelt wurde. Ende September bis Anfang Oktober war *Cyclotella* sp. ($>15 \mu\text{m}$) in Öhningen (km 24) und Sisseln am häufigsten.

Die höchste Biomasse von *Fragilaria crotonensis* wurde im Juni und Juli festgestellt. Hierbei wurde eine kontinuierliche Längszonierung rheinabwärts sichtbar. Ende Juli erreichte sie an den Probenahmestellen bei Öhningen (km 24), Hemishofen (km 29) und Ellikon (km 59) Biomassen von 0.36 bis $0.42 \text{ g}\cdot\text{m}^{-3}$; in Rietheim (km 98) ging dieser Wert auf $0.02 \text{ g}\cdot\text{m}^{-3}$ zurück und blieb in dieser Grössenordnung bis Basel. Im Gegensatz dazu lag der Biomasseanteil von *F. crotonensis* Anfang Juli in Sisseln (km 128) noch bei $0.10 \text{ g}\cdot\text{m}^{-3}$, während oberhalb des Zusammenflusses der Aare mit dem Rhein kaum Exemplare dieser Art vorhanden waren. In diesem Falle war ein Einfluss der Aare (Biomasse von *F. crotonensis*: $0.15 \text{ g}\cdot\text{m}^{-3}$) deutlich zu erkennen.

Melosira granulata trat meist zeitlich zusammen mit *Fragilaria crotonensis* auf und war in grösserer Quantität nur in Öhningen, Hemishofen und Ellikon anzutreffen. Höhere Biomassen traten zeitlich eng begrenzt Ende Juli und Anfang Oktober auf.

Melosira granulata var. *angustissima* war nicht nur auf den Oberlauf des Hochrheins beschränkt, sondern wurde, insbesondere Anfang Oktober, in grösseren Mengen durch die Aare in den Hochrhein eingetragen. Sie trat ebenfalls wie *M. granulata* zusammen mit *Fragilaria crotonensis* auf, hatte aber ihr Sommermaximum im Gegensatz zu *M. granulata* bereits Mitte Juni. Das Herbstmaximum Anfang Oktober fiel mit dem von *M. granulata* zusammen. *M. gran.* var. *angustissima* erreichte das Herbstmaximum gleichzeitig im Rheinsee bei Öhningen und in der Aare.

Melosira italica war am häufigsten Mitte August und im Herbst vertreten. Ende September und Anfang Oktober war sie nur im oberen Hochrhein häufig anzutreffen und wurde mit zunehmender Entfernung zum See schnell ausgedünnt.

Melosira varians trat Anfang Juni häufig auf und beschränkte sich auf den Hochrhein unterhalb der Aare. Anfang Juni erreichte sie in Basel eine Maximalbiomasse von $0.29 \text{ g}\cdot\text{m}^{-3}$. Sie wurde zu diesem Zeitpunkt durch die Aare in den Hochrhein eingetragen. Mitte August und Ende September, der Zeit ihres häufigsten Auftretens im Hochrhein, war sie von Rietheim bis Basel zu finden. Ein beträchtlicher Teil der Biomasse gelangte vermutlich auch zu diesem Zeitpunkt durch die Aare in den Rhein.

Stephanodiscus hantzschii und *St. parvus* (Fk) wurden von Juni bis Oktober regelmässig im Hochrhein und der Aare gefunden. *St. hantzschii* kam in nennenswerter Biomasse ($0.08 \text{ g} \cdot \text{m}^{-3}$) Anfang Juni in Basel und Mitte August von Rietheim bis Basel mit Biomassen zwischen 0.01 und $0.04 \text{ g} \cdot \text{m}^{-3}$ vor. Die höchste Biomasse von *St. parvus* (Fk) trat zwischen Mitte August bis Mitte September in Rietheim (km 98), Basel und Öhningen auf.

St. neoastrea trat selten auf, dann allerdings mit hohen Biomassen. Oberhalb von Rietheim war er nur im Herbst in Öhningen zu finden. Ansonsten trat er erst ab Rietheim und in der Aare auf. In der Aare erreichte er Mitte Juli die sehr hohe Biomasse von $0.94 \text{ g} \cdot \text{m}^{-3}$.

Tabellaria fenestrata kam während des Untersuchungszeitraumes am häufigsten im Oktober und im Juli vor. Im Juli war sie mit geringer Biomasse ab Ellikon im Hochrhein und in der Aare vertreten. Im Oktober wurde *T. fenestrata* in der Aare angetroffen und trat sehr häufig Anfang Oktober in Sisseln und Ende Oktober in Basel mit Biomassen von 0.24 bzw. $0.25 \text{ g} \cdot \text{m}^{-3}$ auf.

Die **Chlorophyceen** (Abb. 5; Abb. 2.1a und 2.1b, Anhang 2) kamen am häufigsten in Öhningen (km 24) und Hemishofen (km 29), also im Bereich des Untersees und des Seeabflusses vor. Der Zeitraum, in dem hohe Biomassen vorkamen, war enger begrenzt als bei anderen Phytoplanktongruppen. Die maximale Chlorophyceenbiomasse für die Untersuchungsstellen Öhningen und Hemishofen wurde in der Zeit von Ende August bis Anfang September erreicht. An den flussabwärts gelegenen Probenahmestellen geschah dies zwei Wochen früher. Anfang Juli hatten die Chlorophyceen im gesamten Hochrhein und in der Aare ein Minimum.

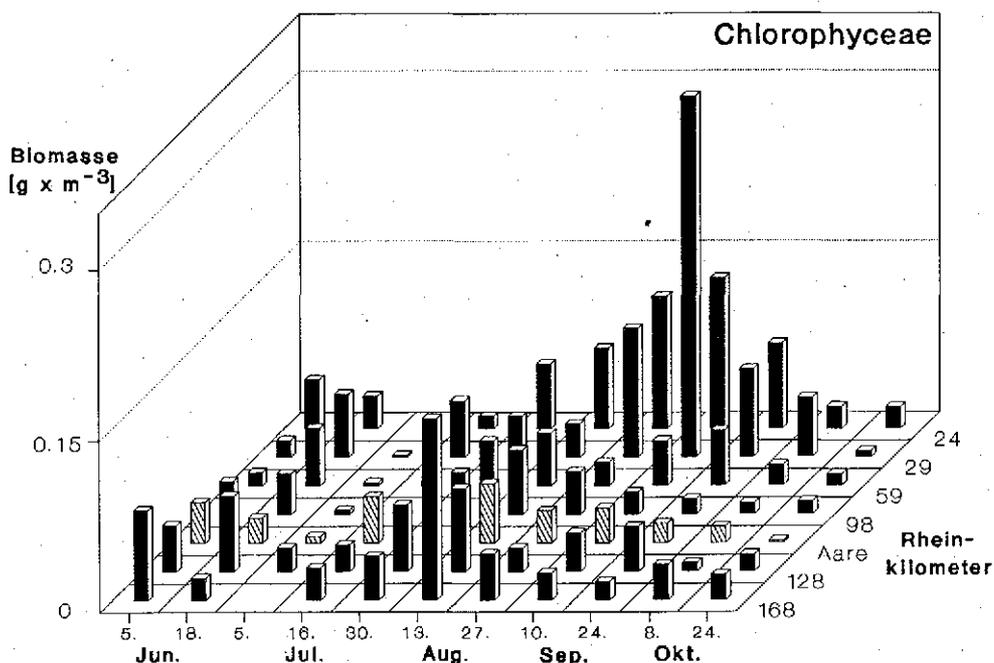


Abb. 5: Zeitliche und räumliche Biomasseverteilung der Chlorophyceae von Juni bis Oktober 1990.

Die verschiedenen *Scenedesmus*-Arten kamen am häufigsten im August und September vor und waren in dieser Zeit regelmässig an allen Probenahmestellen anzutreffen. Die Höchstwerte der Biomasse dieser Art wurden im August in Öhningen und Basel mit $0.05 \text{ g} \cdot \text{m}^{-3}$ erreicht.

Die "palmelloiden" Chlorococcales bis $8 \mu\text{m}$ Durchmesser, eine Sammelbezeichnung für schwerbestimmbare kugelige Grünalgen, wurden von Juli bis September im gesamten Hochrhein und in der Aare regelmässig angetroffen.

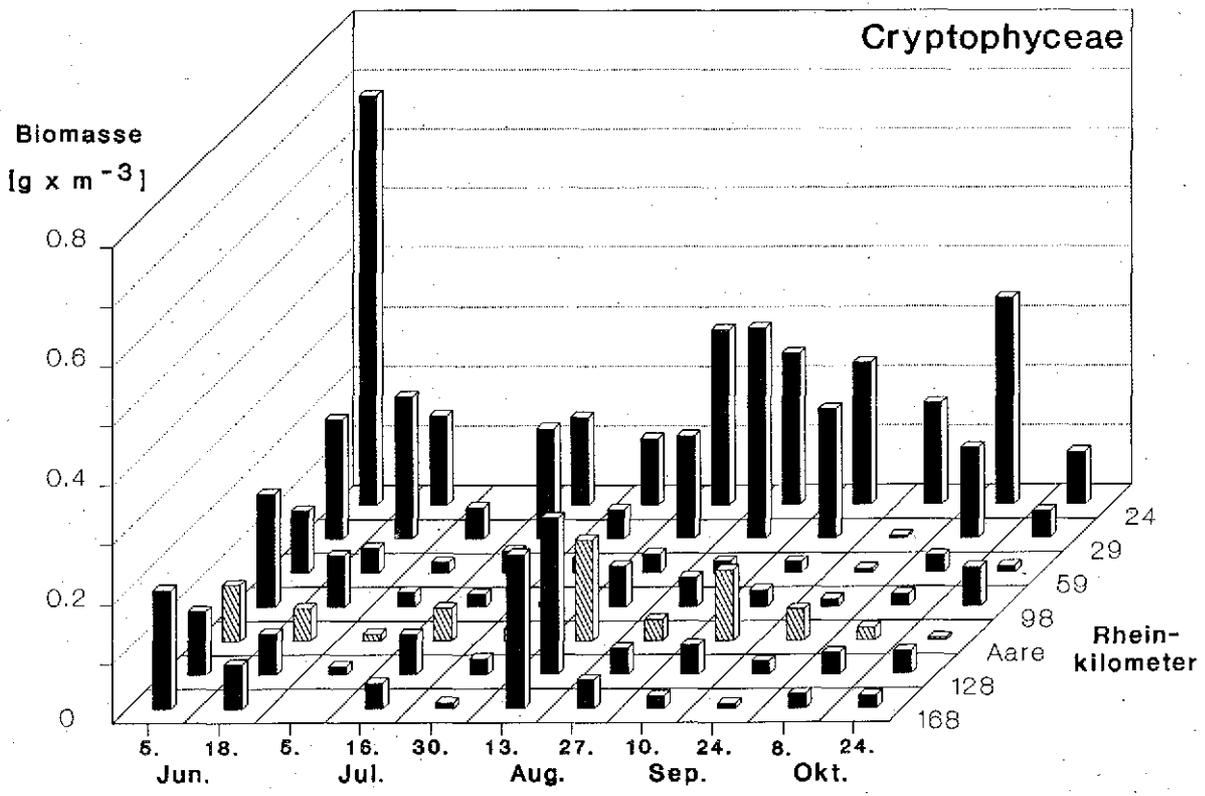
Die **Chrysophyceen** (Abb. 2.1a und 2.1b, Anhang 2) wurden hauptsächlich im oberen Hochrhein gefunden, hatten aber an der Gesamtalgenbiomasse nur einen geringen Anteil. Die einzige verbreitete Form war *Dinobryon divergens*, welche überwiegend im Juli anzutreffen war und deren Häufigkeit mit zunehmender Entfernung zum Untersee abnahm. Sie gelangte zudem auch aus der Aare in den Rhein.

Die **Conjugatophyceen** (Abb. 2.1a und 2.1b, Anhang 2) waren nur Anfang und Ende Juli häufiger im Hochrhein anzutreffen. Ansonsten traten sie ausser in Öhningen nur vereinzelt auf. Die Conjugatophyceen hatten immer einen sehr geringen Anteil an der Gesamtalgenbiomasse und waren meist durch die Arten *Staurastrum cingulum* und *Cosmarium subcostatum* fo. *minor* bzw. *Cosmarium depressum* var. *planctonicum* vertreten. *Cosmarium* spp. wurde Anfang und Ende Juli in geringen Mengen im gesamten Hochrhein einschliesslich der Aare gefunden.

Die **Cryptophyceen** (Abb. 6, Seite 20; Abb. 2.1a und 2.1b, Anhang 2) wurden regelmässig an allen Untersuchungsstellen gefunden. Im Bodensee-Untersee und im Seeabfluss (Öhningen, km 24 und Hemishofen, km 29) wurden im Vergleich zu den Probenahmestellen weiter flussabwärts stets relativ hohe Biomassen ermittelt. Vergleichbare Werte wurden vereinzelt erst wieder unterhalb der Aaremündung in Sisseln (km 128) und Basel (km 168) erreicht (z.B. am 13. August).

Schwerpunkte der Cryptophyceenentwicklung im Hochrhein waren während des Untersuchungszeitraumes im Juni und um Mitte August. Ein herbstliches Maximum wurde dazu in Öhningen und Hemishofen registriert, welches aber an den flussabwärts gelegenen Probenahmestellen nicht mehr erkennbar war. Auch in der Aare wurde kein solches Maximum festgestellt. Während des Sommermaximums (Algenblüte Mitte August, vgl. Abb. 6) nahm die Zahl der Cryptophyceen bis Ellikon (km 59) stark ab; danach stieg deren Biomasse bis Basel (km 168) wieder stetig an, was nur mit einer autochthonen Vermehrung der Algen oder durch einen vermehrten Eintrag aus der Aare zu erklären ist.

Der Hauptanteil der Algenbiomasse wurde bei den Cryptophyceen, vor allem in den Monaten August und September, durch *Cryptomonas ovata*, *Rhodomonas minuta* und *Rh. m.* var. *nannoplanctica* gebildet (Abb. 6). Die höchste Biomasse wurde von *Rhodomonas* spp. und insbesondere *C. ovata* ($0.61 \text{ g} \cdot \text{m}^{-3}$) im Juni erreicht, welche generell den überwiegenden Anteil der Cryptophyceenbiomasse bildete. Ab August bis Mitte Oktober war sie in Öhningen (km 24) und Hemishofen (km 29) mit Biomassen zwischen 0.13 und $0.31 \text{ g} \cdot \text{m}^{-3}$ präsent.



Öhningen (km 024)
13. August

Basel (km 168)
13. August

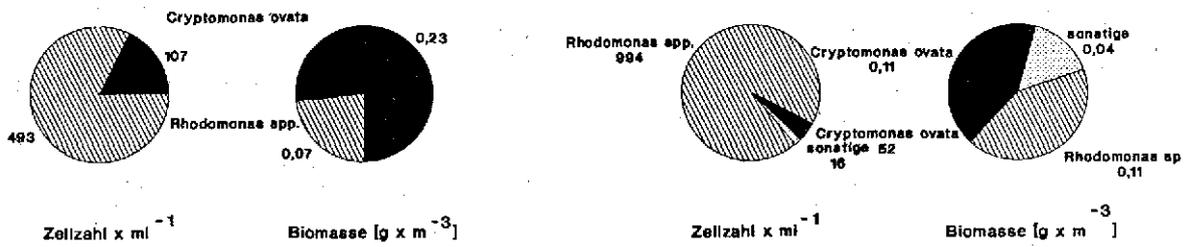


Abb. 6: Zeitliche und räumliche Biomasseverteilung der Cryptophyceen von Juni bis Oktober 1990; Vergleich der Zellzahl und Biomasse der dominanten Arten *Rhodomonas* spp. und *Cryptomonas ovata* während der Algenblüte vom 13. August 1990.

Die **Cyanophyceen** (Abb. 7; Abb. 2.1a und 2.1b, Anhang 2) traten in grösserer Menge im Hochsommer und im Herbst auf. Ausser im oberen Hochrhein war ihr Anteil an der Gesamtalgenbiomasse mit vereinzelt Ausnahmen stets gering. Ende Juli waren sie in Öhningen (km 24) und insbesondere in Ellikon (km 59), wo sie mit 1.32 g m^{-3} fast 70% der Gesamtbio­masse aus­machten, sehr stark vertreten. Das Herbstmaximum war am intensivsten in Öhningen (km 24) ausgeprägt. In Sisseln (km 128), Basel (km 168) und in der Aare erschienen die Cyanophyceen erst ab Ende September regelmässig. Zu dieser Zeit waren diese Algen flussaufwärts in Rietheim (km 98) nur spärlich zu finden, so dass der Cyanophyceen-Eintrag aus der Aare eine wesentliche Rolle für den Hochrhein spielte.

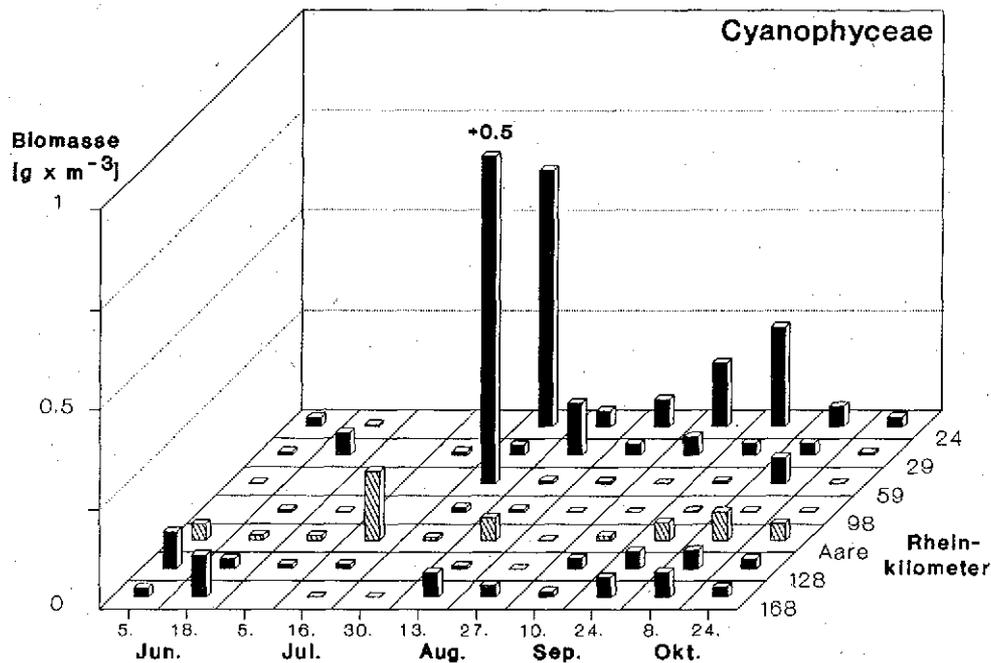


Abb. 7: Zeitliche und räumliche Biomasseverteilung der Cyanophyceae von Juni bis Oktober 1990.

Anabaena solitaria var. *planctonica* trat zwischen Ende Juli und September bis auf zwei Ausnahmen (27.Aug./8.Okt.) nur im Untersee bei Öhningen und im Seeabfluss bei Hemishofen auf.

Oscillatoria agardhii/rubescens kam im Juni und Juli vorwiegend unterhalb der Aare vor, ab August dann im unmittelbaren Bereich des Untersees und unterhalb der Aare. Im Bereich Ellikon und Rietheim fehlte sie.

Ausschliesslich in der Aare wurde im Juli *Oscillatoria limosa* gefunden, die sich aber ab September im gesamten Hochrhein ausbreitete.

Die *Oscillatoria redekkei* fehlte gänzlich im August und kam am häufigsten Mitte Juni bis Mitte Juli und im September vor. Sie wurde regelmässig durch die Aare in den Rhein verfrachtet, trat in grösseren Biomassen allerdings nur in Öhningen und Hemishofen auf.

Dinophyceen (Abb. 2.1a und 2.1b, Anhang 2) waren nur im Juni im gesamten Hochrhein zu finden. Ende August hatten sie einen wesentlichen Anteil an der Gesamtbiomasse. Ansonsten traten sie ausser in Öhningen und Hemishofen nur sporadisch auf.

Ceratium hirundinella wurde in der Zeit von Mitte Juni bis Ende August, in geringer Zahl, vornehmlich im Bereich des Untersees und in der Aare gefunden.

Gymnodinium spp. war auf den oberen Hochrhein beschränkt, kam allerdings vereinzelt in der Aare und im Rhein bei Sisseln vor. Einen massiven Anteil an der Biomasse hatte *Gymnodinium* spp. mit einem Höchstwert von $0.59 \text{ g} \cdot \text{m}^{-3}$ Ende August bei Hemishofen.

4.1.3 Häufigkeitsverteilung der Grössenklassen

Der Bestimmung der Grössenklassen wurde die Länge von Einzelzellen zugrunde gelegt. Die Grösse eines Zellverbandes blieb hierbei unberücksichtigt. Den Hauptanteil der suspendierten Algen bildeten in der Gesamtheit aller erhobenen Proben die kleinsten Formen mit einer Grösse bis $16 \mu\text{m}$ (Abb. 8). Dominierend waren die Grössenklassen 0.7 bis $1.9 \mu\text{m}$ und 2 bis $5 \mu\text{m}$.

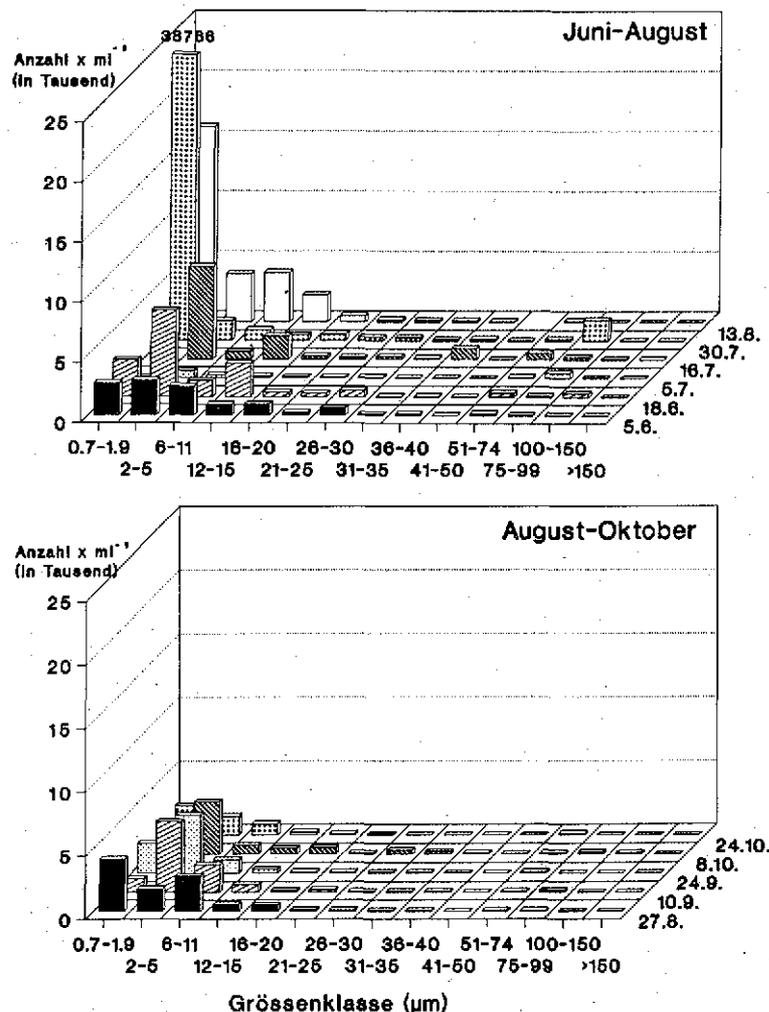


Abb. 8: Häufigkeitsverteilung der Algengrössenklassen während des Untersuchungszeitraumes (Juni bis Oktober 1990).

Ende Juli bis Ende August, dem Monat mit den höchsten Gesamtzellzahlen, lag das Schwerk-
gewicht auf der untersten Grössenklasse (0.7 bis 1.9 μm). Mit dem Rückgang der Gesamtzellzahl
im September wurde das Verhältnis zwischen den beiden untersten Grössenklassen wieder zu-
gunsten der höheren (2 bis 5 μm) verschoben. Formen der mittleren Grössenklassen zwischen 12
und 50 μm waren in der ersten Hälfte des Untersuchungszeitraumes stärker vertreten als in
der zweiten. Grosse Zellen (>50 μm) wurden vor allen im Zeitraum Juni bis Mitte August
angetroffen. Das beschriebene Muster der Häufigkeitsverteilung der Grössenklassen war im
Bodensee-Untersee und im Hochrhein bis zur Aaremündung sehr deutlich und unterhalb der
Aaremündung etwas weniger ausgeprägt. In der Aare selbst dominierten stets die Formen der
Grössenklasse 2 bis 5 μm .

4.1.4 Zusätzliche Biomasseparameter

Das Trockengewicht (vgl. Tab. 1.2, Anhang 1) lag entsprechend den hydraulischen und morpho-
logischen Gegebenheiten des Hochrheins mit 0.4 - 74 $\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ innerhalb eines relativ grossen
Schwankungsbereiches. Im Bodensee-Untersee bei Öhningen erreichten die Werte maximal
12 $\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ bei einem Anteil anorganischer Stoffe von 52 - 87%. Flussabwärts nahm das Trocken-
gewicht ab und lag bei Ellikon noch zwischen 0.4 und 6.1 $\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$. Bereits vor der Aaremündung,
bei Rietheim, waren jedoch wieder deutlich erhöhte Werte mit einem Maximum von 71.3 $\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$
zu beobachten. Der Anteil an anorganischen Stoffe lag hier zwischen 70 und 90%. Während in
der Aare das Trockengewicht etwa in derselben Grössenordnung wie im Rhein bei Rietheim lag,
wurden bei Sisseln und bei Basel wieder etwas niedrigere Werte gemessen.

Die partikuläre organische Substanz (aschefreies Trockengewicht) lag bis auf zwei Ausnahmen
unter 5 $\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ (vgl. Tab. 1.2, Anhang 1). Das eine Mal wurden Anfang Juni in der Aare

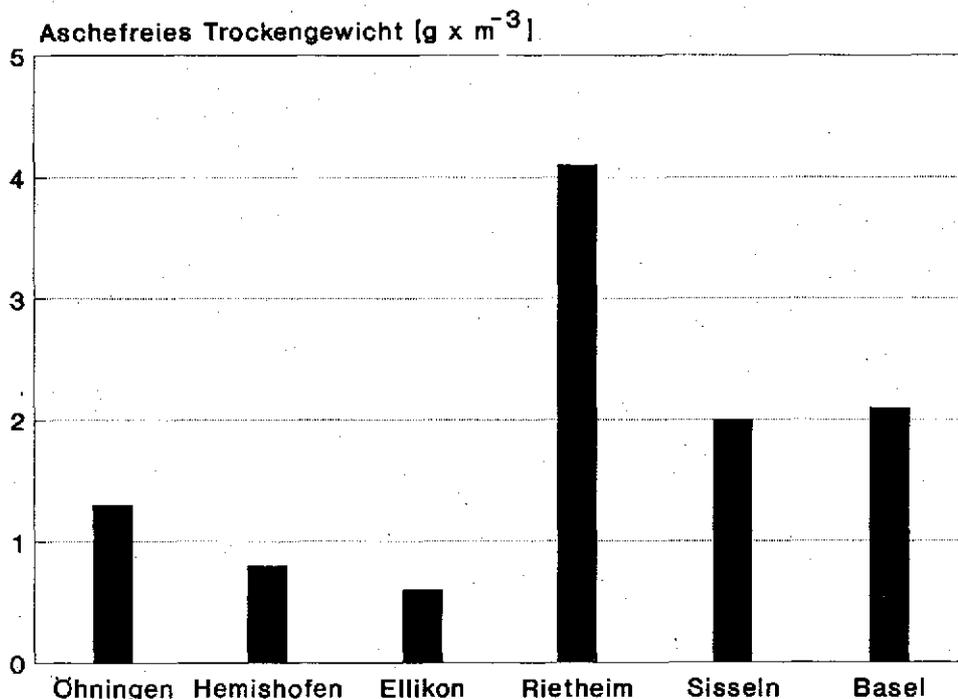


Abb. 9: Mittelwerte der partikulären organischen Substanz (aschefreies Trockengewicht) von Juni bis Oktober 1990.

erhöhte Werte gemessen, deren Ursache unbekannt ist, und das andere Mal Ende September ab Probenahmestelle Rietheim nach starken Regenfällen. Die mittlere Konzentration der partikulären organischen Substanz nahm vom Bodensee-Untersee bei Öhningen bis Ellikon deutlich ab (Abb. 9). Weiter flussabwärts lagen die Werte im Mittel wieder erheblich höher. Der höchste Mittelwert wurde bei Rietheim erreicht. Der Mittelwert in der Aare lag mit $3.2 \text{ g}\cdot\text{m}^{-3}$ etwas unter demjenigen bei Rietheim.

Der relative Anteil des organischen Materials am Trockengewicht nahm von Öhningen bis Ellikon zu, war bei Rietheim infolge hoher anorganischer Frachten meist minimal und bei Sisseln sowie bei Basel wieder etwas höher.

Die **Chlorophyll-a-Konzentration** (vgl. Tab. 1.2, Anhang 1) lag bis auf eine Ausnahme ($10 \text{ mg}\cdot\text{m}^{-3}$, am 30. Juli 1990 in Öhningen) unter $5 \text{ mg}\cdot\text{m}^{-3}$. In Abbildung 10 sind die mittleren Chlorophyll-a-Konzentrationen an den Probenahmestellen dargestellt. Im Untersee bei Öhningen wurden die höchsten Chlorophyll-a-Werte gemessen und zugleich die stärksten Schwankungen der Messwerte (0.9 bis $10 \text{ mg}\cdot\text{m}^{-3}$) im Untersuchungszeitraum festgestellt. In Ellikon wurden die generell niedrigsten Werte gemessen. Ab Rietheim nahm die Chlorophyll-a-Konzentration wieder zu. Der Mittelwert im Rhein bei Sisseln lag bei $2 \text{ mg}\cdot\text{m}^{-3}$ und damit etwas höher als in der Aare ($1.6 \text{ mg}\cdot\text{m}^{-3}$). Im Rhein bei Basel lagen die Chlorophyll-a-Konzentrationen in der Regel wiederum unter $2 \text{ mg}\cdot\text{m}^{-3}$.

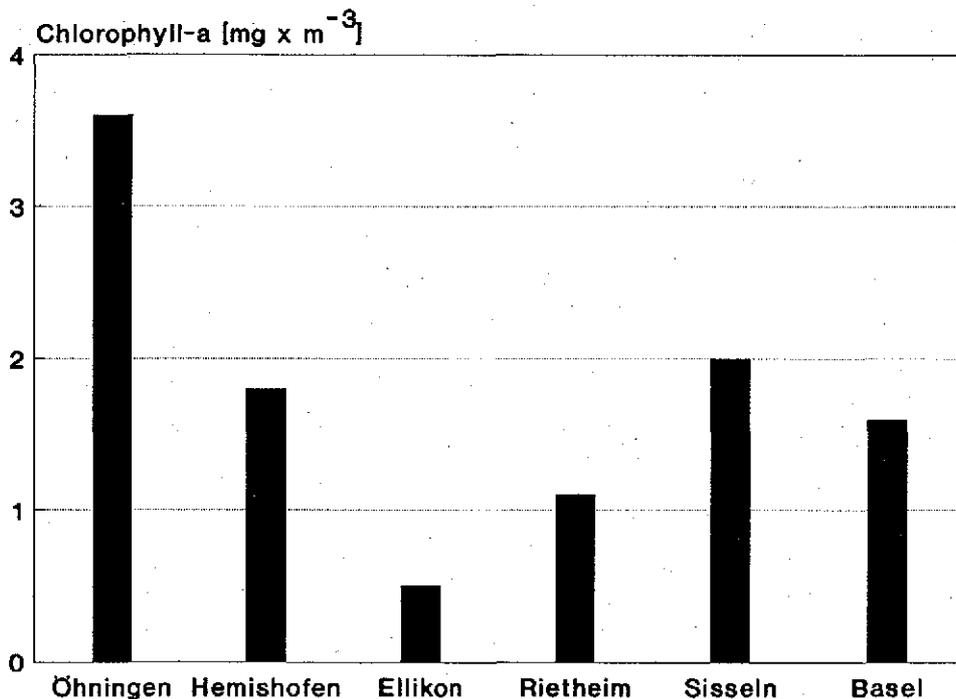


Abb. 10: Mittlere Chlorophyll-a-Konzentrationen an den Probenahmestellen im Hochrhein von Juni bis Oktober 1990.

Die Gesamtalgenbiomasse korrelierte mit keinem der vorherig beschriebenen Biomasseparameter. Eine Ursache hierfür könnte allochthones organisches Material gewesen sein, welches zwar bei der Trockengewichts- und Chlorophyllbestimmung erfasst wurde, nicht jedoch bei der Bestimmung der Algenesamtbiomasse, die ausschliesslich auf der Algenzählung beruht.

Die tägliche Sauerstoffproduktionsleistung (SPL) betrug maximal 1.8 mg l^{-1} , lag jedoch meist unter 1 g l^{-1} . Bei dieser geringen Sauerstoffproduktion liessen sich aufgrund der Messgenauigkeit der Clark-Elektrode und von Messfehlern keine differenzierten Aussagen machen. Die Werte lagen in dem von KNÖPP (1968) angegebenen Bereich für grosse freifliessende Flüsse im Winter.

4.1.5 Zusammenhänge zwischen Milieufaktoren und Verbreitung des Phytoplanktons

Ein quantitativer Zusammenhang zwischen der Biomasse der Algen und den gemessenen Konzentrationen der Nährstoffparameter (vgl. Tab. 2, Seite 8) konnte nicht festgestellt werden.

Stellt man jedoch die Abflussmengen (vgl. Tab. 1.3. Anhang 1) den Biomassen des Phytoplanktons (Algenbiomasse) im Untersuchungszeitraum von Juni bis Oktober gegenüber (Abb. 11, Seite 26), so zeigen sich gewisse Beziehungen zwischen beiden Parametern. Die Abflusswerte des Rheinsees an der Probenahmestelle Öhningen (Abb. 11a) erreichten ein Maximum Mitte Juli, welches aber in Sisseln (Abb. 11b) nicht mehr erkennbar war. Danach fiel der Wasserstand kontinuierlich bis Ende Oktober. Der Rhein bei Sisseln hatte, offenbar durch die Aare bedingt, ein Maximum Anfang Juli und eins im September. Während sich im Rheinsee bei Öhningen der zeitliche Verlauf der Algenbiomasse weitgehend parallel zu demjenigen der Abflussmenge entwickelte, war im Rhein bei Sisseln eine Erhöhung der Algenbiomasse in der Regel an Niedrigwasserstände bzw. an fallende Wasserstände gekoppelt.

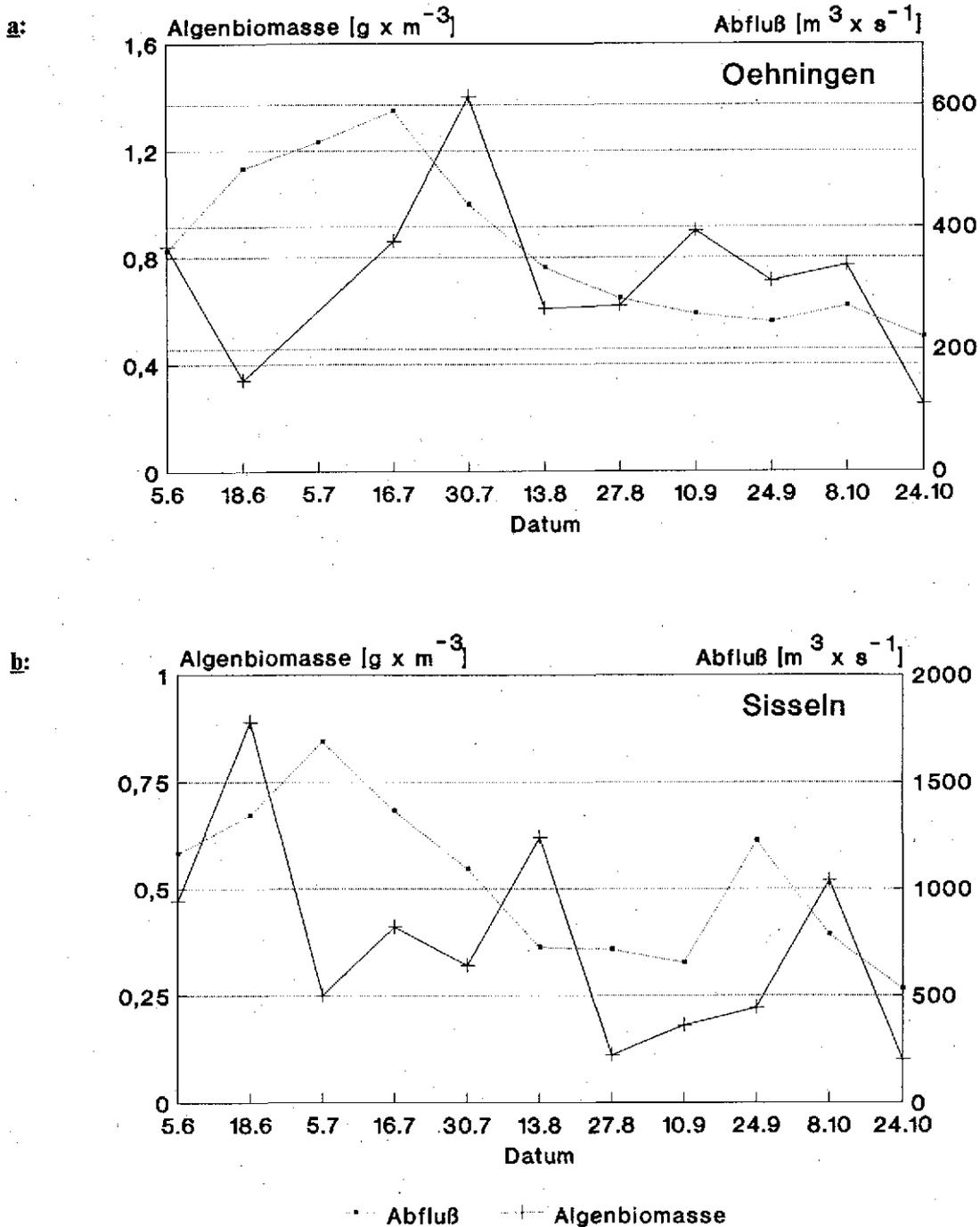


Abb. 11a,b: Abflussmengen und Gesamtalgenbiomasse an den Probenahmestellen Öhningen (km 24) und Sisseln (km 128).

Der Vergleich der zeitlichen Entwicklung der Gesamtalgenbiomasse mit jener der Globalstrahlung zeigte eine deutliche Korrelation (Abb. 12a,b, Seite 27). Bei der aktuellen Globalstrahlung wurden jeweils die vorangegangenen vier Tage mit berücksichtigt und die Messwerte aus Schaffhausen und Sisseln, deren Kurve einen ähnlichen Verlauf zeigte, gemittelt. Das Maximum der Algenentwicklung stimmte mit dem Maximum der Globalstrahlung überein. Parallel zur abnehmenden Lichtmenge nahm vom Juli weg auch die Algenbiomasse ab.

4.1.6 Vergleich von Kieselalgen (Bacillariophyceen) und Nicht-Kieselalgen

In der Regel dominierten die Nicht-Kieselalgen an den Probenahmestellen im Bereich des Rheinsees bzw. des oberen Teil des Hochrheins (Abb. 13: Öhningen, Hemishofen, Ellikon). Dagegen war in der Aare und im Hochrhein bei Sisseln (km 128) und bei Basel (km 168) der Anteil der Kieselalgen an der gesamten Phytoplanktonbiomasse wesentlich bedeutender oder gar dominant (Juni und Oktober).

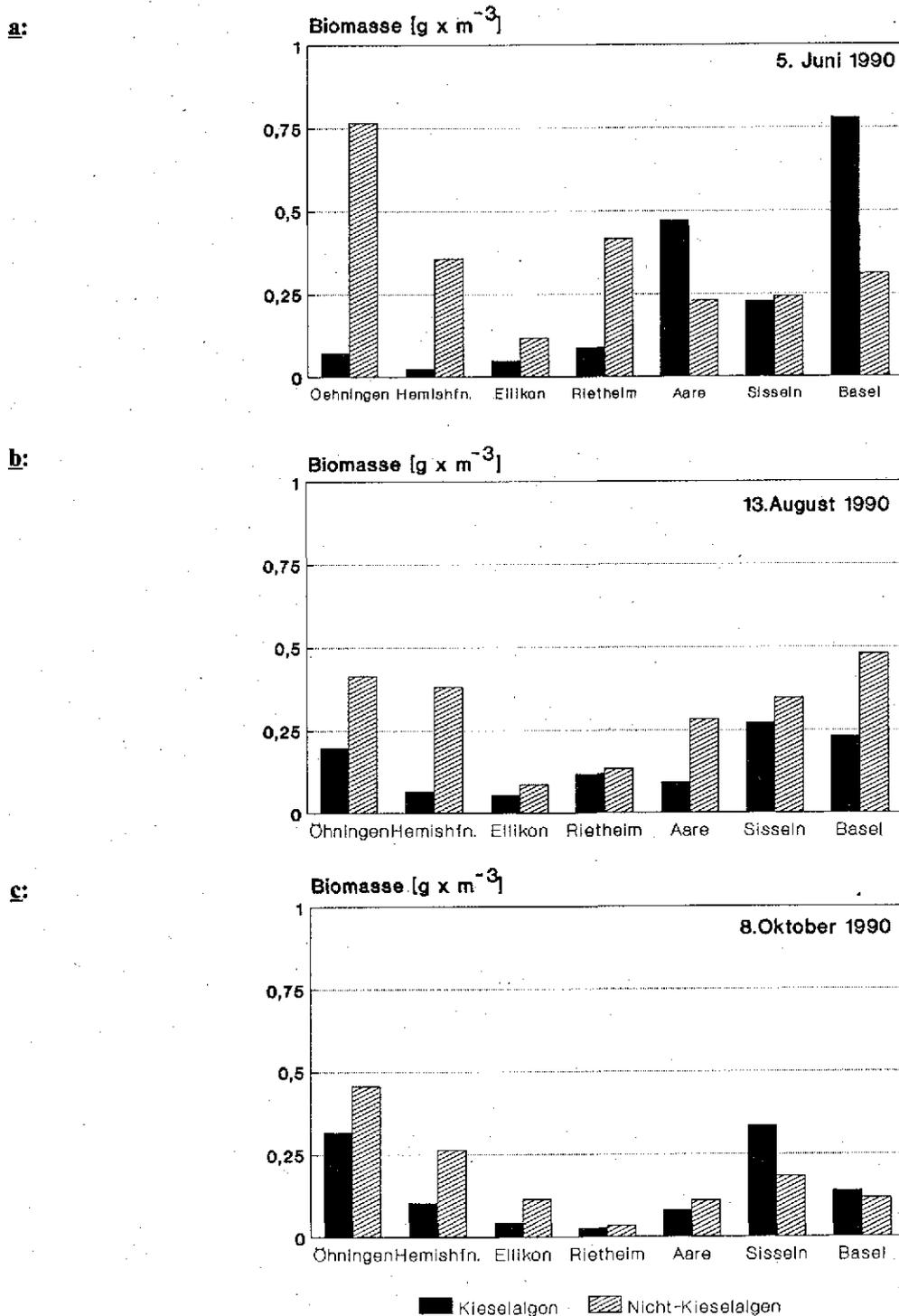


Abb. 13a-c: Verhältnis von Kieselalgen und Nicht-Kieselalgen im Verlauf der Untersuchungsstrecke in den Monaten Juni, August und Oktober 1990.

Verfolgt man das Verhältnis zwischen Kieselalgen und Nicht-Kieselalgen im Längsverlauf des Hochrheins zu Beginn, in der Mitte und am Ende des Untersuchungszeitraumes, so lassen sich verschiedene Trends erkennen:

Anfang Juni (Abb. 13a) dominierten im Rheinsee und oberen Hochrhein die Nicht-Kieselalgen, ab Sisseln (km 128) und in der Aare überwogen dagegen die Bacillariophyceen. Mitte August (Abb. 13b) dominierten im gesamten Längsverlauf des Hochrheins die Nicht-Kieselalgen. Die Biomasse beider Algengruppen nahm vom Rheinsee bis Ellikon (km 59) stark ab und danach wieder zu. In Basel (km 168) war das Verhältnis zwischen den beiden Gruppen ähnlich demjenigen in Öhningen (km 24). Anfang Oktober (Abb. 13c) war der Verlauf der Biomassen beider Algengruppen wiederum ähnlich. Einer starken Abnahme von Öhningen (km 24) bis Rietheim (km 98) folgte wieder eine deutliche Erhöhung bis Sisseln (km 128). Allerdings änderten sich im Längsverlauf die Dominanzverhältnisse. Bis Rietheim (km 98) dominierten die Nicht-Kieselalgen und bei Sisseln (km 128) und Basel die Bacillariophyceen.

4.1.7 Verhältnis zwischen Phytoplankton und benthischen Algen

Wegen der unterschiedlichen Probenahme- und Auswertungsverfahren bei Aufwuchs- und suspendierten Algen ist ein Vergleich schwierig. Die Phytoplanktonproben wurden quantitativ ausgezählt. Die Bestimmung und Zuordnung der planktischen Algen wurde zudem mit den anderen Bearbeitern des Aktionsprogramms "Rhein" koordiniert. Die Benthosuntersuchung (SCHMITZ, 1992) wurde dagegen separat durchgeführt und beschränkte sich auf die Kieselalgen (Bacillariophyceae), die mit Hilfe eines Säureaufschlusses anhand der Schalen bestimmt wurden. Bei dieser Methode wurde die relative Häufigkeit der einzelnen Kieselalgenarten in einer dem Benthos entnommenen Aufwuchs-Probe bestimmt. Als Beispiel dazu sind die relativen Häufigkeiten für die Probenahmestelle bei Hemishofen in Tabelle 4 (Seite 30) aufgeführt.

Es ist damit zu rechnen, dass eine Phytoplanktonprobe, die aus der fließenden Welle entnommen wird, immer einen Teil an Algen enthält, die aus dem Benthos stammen. Deshalb müsste in einem Fließgewässer korrekterweise nicht von Phytoplankton, sondern von "suspendierten Algen" gesprochen werden.

Eine Abschätzung über die Menge der in der fließenden Welle bei Hemishofen enthaltenen Benthosalgen ergab, bezogen auf die Gesamtzellzahl, einen durchschnittlichen Anteil von 2% (<1-4%) pro Probenahme. Die suspendierten Aufwuchs-algen wurden in der fließenden Welle nicht entsprechend ihrer relativen Häufigkeiten im Benthos vorgefunden. Bei Hemishofen hatten am rechten Ufer die Arten *Cymbella* spp. und *Cocconeis* spp. am 18. Juni 1990 einen Anteil von 15% bzw. 4% an der Kieselalgenbesiedlung im Benthos (Tab. 4, Seite 30). In der fließenden Welle in der Nähe des rechten Ufers hingegen hatten beide Gattungen nur einen sehr geringen Anteil (<1 %) an den Bacillariophyceae. Umgekehrt wurde die zu diesem Zeitpunkt häufigste Kieselalge im Benthos, *Achnanthes minutissima* (32 %), in der fließenden Welle überhaupt nicht gefunden.

Tab. 4: Prozentualer Anteil der häufigsten Arten (>1%) an der Kieselalgen-Besiedlung im Benthos bei Hemishofen (km 24) im Juni 1990 (Daten aus SCHMITZ, 1992).

Linkes Ufer		Rechtes Ufer	
<i>Cocconeis placentula</i>	49%	<i>Achnanthes minutissima</i>	32%
<i>Achnanthes minutissima</i>	16%	<i>Cymbella silesiaca</i>	11%
<i>Cymbella sinuata</i>	15%	<i>Nitzschia fonticola</i>	9%
<i>Amphora libyca</i> var. <i>minor</i>	6%	<i>Gomphonema minutum</i>	8%
<i>Cocconeis pediculus</i>	4%	<i>Fragilaria construens</i>	6%
<i>Nitzschia fonticola</i>	1%	<i>Nitzschia palacea</i>	5%
<i>Navicula cryptotenella</i>	1%	<i>Fragilaria pinnata</i>	4%
<i>Gomphonema minutum</i>	1%	<i>Cymbella minuta</i>	4%
<i>Cymbella silesiaca</i>	1%	<i>Navicula reichardtiana</i>	3%
<i>Amphora pediculus</i>	1%	<i>Fragilaria capucina</i> var. <i>vaucheriae</i>	3%
		<i>Gomphonema parvulum</i>	2%
		<i>Achnanthes lanceolata</i> var. <i>dubia</i>	2%
		<i>Cocconeis pediculus</i>	2%
		<i>Cocconeis placentula</i>	1%

4.1.8 Vergleich zwischen Bodensee-Untersee und Seeabfluss

Um einen Vergleich zwischen Bodensee-Untersee und Beginn des Hochrheins (Seeabfluss) durchführen zu können, wurden die chemischen und biologischen Daten vom Amt für Umweltschutz und Wasserwirtschaft des Kantons Thurgau und des kantonalen Laboratoriums Schaffhausen zur Verfügung gestellt. In Tabelle 5 (Seite 30) werden die chemischen Daten der Probenahmestellen bei Berlingen im Untersee und bei Stein am Rhein vergleichend dargestellt.

Im Untersee bei Berlingen wurden während des Untersuchungszeitraumes geringere Gesamtposphorkonzentrationen gemessen als im Seeabfluss bei Stein am Rhein, wo die Werte zudem höhere monatliche Schwankungen aufwiesen. Die Ortho-Phosphatkonzentrationen lagen an beiden Orten in denselben Grössenordnungen, und die monatlichen Veränderung der Werte waren gering. Die Stickstoffkomponenten lagen ebenfalls an beiden Orten jeweils in derselben Grössenordnung, hingegen unterlagen sie im Untersee insbesondere beim Ammonium grösseren monatlichen Schwankungen. Die Kieselsäurekonzentration wies im August im Untersee nach einer anhaltenden Kieselalgenblüte ein Minimum auf.

Tab. 5: Chemische Daten für den Bodensee-Untersee bei Berlingen und den Hochrhein (Seeabfluss) in Stein am Rhein. Die Werte für den Untersee stellen Mittelwerte von 0-10m Tiefe dar.

Berlingen (Bodensee-Untersee)							
	$\text{o-PO}_4^{3-}\text{-P}$	P_{total}	$\text{NO}_2^{-}\text{-N}$ $\mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$	$\text{NO}_3^{-}\text{-N}$	$\text{NH}_4^{+}\text{-N}$	SiO_2 $\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$	DOC $\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$
11.06.1990	4	15	15	630	76	2.71	1.84
9.07.	3	7	14	590	52	1.96	1.43
6.08.	2	6	13	460	11	0.40	1.55
3.09.	1	7	13	430	21	1.19	1.25
1.10.	1	7	15	480	14	2.00	1.72
29.10.	10	15	15	670	30	2.33	1.55
Stein a. Rhein (Seeabfluss, Rh-km 25)							
	$\text{o-PO}_4^{3-}\text{-P}$	P_{total}	$\text{NO}_2^{-}\text{-N}$ $\mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$	$\text{NO}_3^{-}\text{-N}$	$\text{NH}_4^{+}\text{-N}$	DOC $\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$	
6.06.1990	5	14	17	590	30	1.6	
12.07.	3	27	15	730	40	2.1	
13.08.	2	16	12	430	40	2.4	
15.10.	8	47	15	460	10	2.2	

Tabelle 6 zeigt, dass die Zellzahlen im Untersee bei Berlingen grundsätzlich höher waren als im Rheinsee bei Öhningen. In der ersten Hälfte des Untersuchungszeitraumes waren die Abweichungen in der Zellzahl am höchsten bei den Bacillariophyceen. Dies zeigt ebenfalls die Abbildung 14 (Seite 32), welche die saisonale Entwicklung des verschiedenen Algengruppen darstellt. Die zeitliche Entwicklung der Crypto- und Chlorophyceen verlief an beiden Probenahmestellen ähnlich. Interessanterweise hatten die Bacillariophyceen bei Öhningen wesentlich schwächer ausgebildete Maxima.

Tab. 6: Minimale und maximale Zellzahlen pro ml von verschiedenen Algengruppen während der Monate Juni-Oktober an den Probestellen Berlingen und Öhningen.

	Berlingen			Öhningen		
	Min.	Max.	Mittel	Min.	Max.	Mittel
Bacillariophyceen	13	1781	652	54	554	195
Chlorophyceen	45	1120	454	52	830	286
Cryptophyceen	365	1194	719	101	638	362

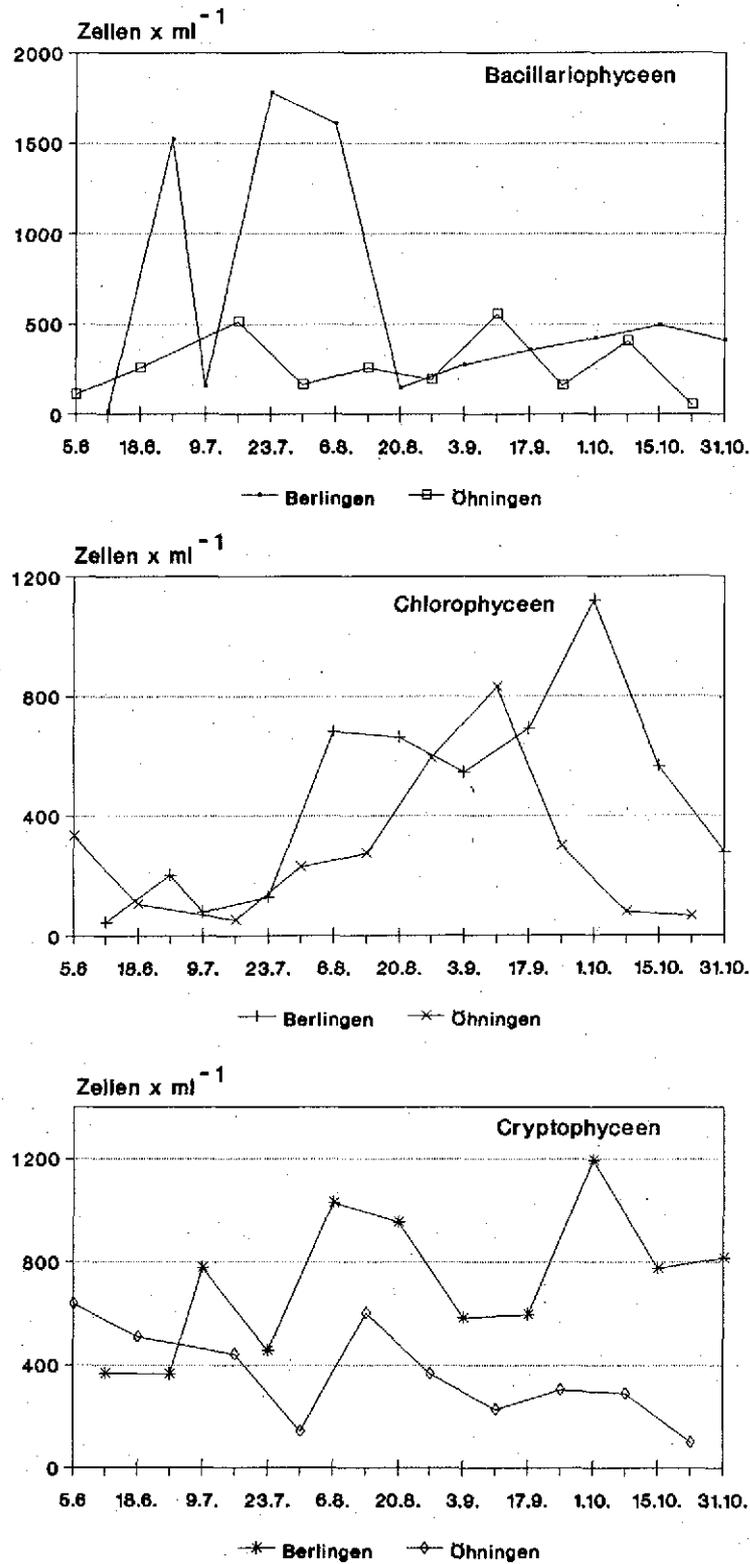


Abb. 14: Saisonale Entwicklung der wichtigsten Algengruppen an den Probenahmestellen bei Berlingen (Untersee) und Öhningen (Seeabfluss) Juni bis Oktober 1990.

Beim Vergleich der häufigsten Bacillariophyceenarten zwischen Berlingen und Öhningen (Tab. 7) fällt auf, daß die Fröhsommerblüte im Bodensee-Untersee vornehmlich durch Arten der Gattungen *Asterionella* und *Fragilaria* und die Herbstblüte ausschliesslich durch *Melosira*-Arten gebildet wurde. An der Probenahmestelle Öhningen war an der Fröhsommerblüte zusätzlich noch *Melosira* vertreten, vor der Herbstblüte trat im Gegensatz zu der Untersuchungsstelle Berlingen *Stephanodiscus* massenhaft auf.

Tab. 7: Am häufigsten gefundene Bacillariophyceen an den Probestellen Berlingen und Öhningen zu den jeweiligen Probenahmeterminen. Die Reihenfolge der Gattungen entspricht, von links nach rechts abnehmend, ihrer relativen Häufigkeit in der Probe. Die unterstrichenen Arten dominierten das Gesamtbild der Probe.

Berlingen (Bodensee-Untersee)				
11.06.90	Asterionella	Nitzschia	Fragilaria	
25.06.	<u>Asterionella</u>			
23.07.	<u>Fragilaria</u>			
6.08.	<u>Fragilaria</u>	Melosira		
20.08.	Melosira	Cyclotella	Asterionella	
3.09.	Fragilaria	Asterionella	Melosira	Cyclotella
17.09.	Asterionella	Fragilaria	Stephanodiscus	
1.10.	<u>Melosira</u>	Cyclotella	Fragilaria	Asterionella
15.10.	<u>Melosira</u>	Fragilaria	Asterionella	Cyclotella
31.10.	<u>Melosira</u>	Cyclotella	Stephanodiscus	

Öhningen (Secabfluss)				
05.06.	Stephanodiscus			
18.06.	<u>Asterionella</u>	Melosira		
16.07.	<u>Melosira</u>	Fragilaria		
30.07.	<u>Fragilaria</u>			
13.08.	Stephanodiscus	Fragilaria	Melosira	
27.08.	Fragilaria	Melosira	Stephanodiscus	
10.09.	<u>Stephanodiscus</u>	Fragilaria	Cyclotella	
24.09.	Melosira	Stephanodiscus	Melosira	
8.10.	<u>Melosira</u>	Nitzschia	Stephanodiscus	
24.10.	Navicula			

4.2 Verbreitung des Zooplanktons im Hochrhein

4.2.1 Gesamt-Individuenzahl des Zooplanktons

Die Gesamtzahlen der Phyllopoda (v.a. Cladoceren), Copepoda, Ostracoda und Rotatoria sind den Abbildungen 15a und 15b-c (Seite 35) zu entnehmen. Die Häufigkeitsmaxima lagen bei den Phyllopoden im Juni und zwischen September und Oktober, bei den Copepoden im Juli sowie zwischen September und Oktober und bei den Rotatorien im Juli. Die Ostracoden waren im Juli und August am häufigsten anzutreffen.

Die Gesamtindividuenzahl pro m^3 nahm in der Regel bei allen Gruppen im Lauf der Untersuchungsstrecke ab; Phyllopoden (Abb. 15a) und Copepoden (Abb. 15b) konzentrierten sich vor allem auf den Seeabfluss und die obere Hochrhein-Strecke. In der Aare waren diese Gruppen erst ab September und mit geringer Individuenzahl zu finden. Unterhalb des Aarezufusses nahmen die Gesamtzahlen wieder etwas zu, teilweise bereits vor September, was gegen einen nennenswerten Zooplanktoneintrag aus der Aare in den Rhein spricht. Die Gesamtzahl der Rotatorien (Abb. 15c) nahm vom Seeabfluss bis Rietheim stark ab. In der Aare war ein höherer Anteil ab Juli festzustellen. Im Rheinabschnitt zwischen Aare und Basel nahm die Zahl der Rotatorien wieder zu.

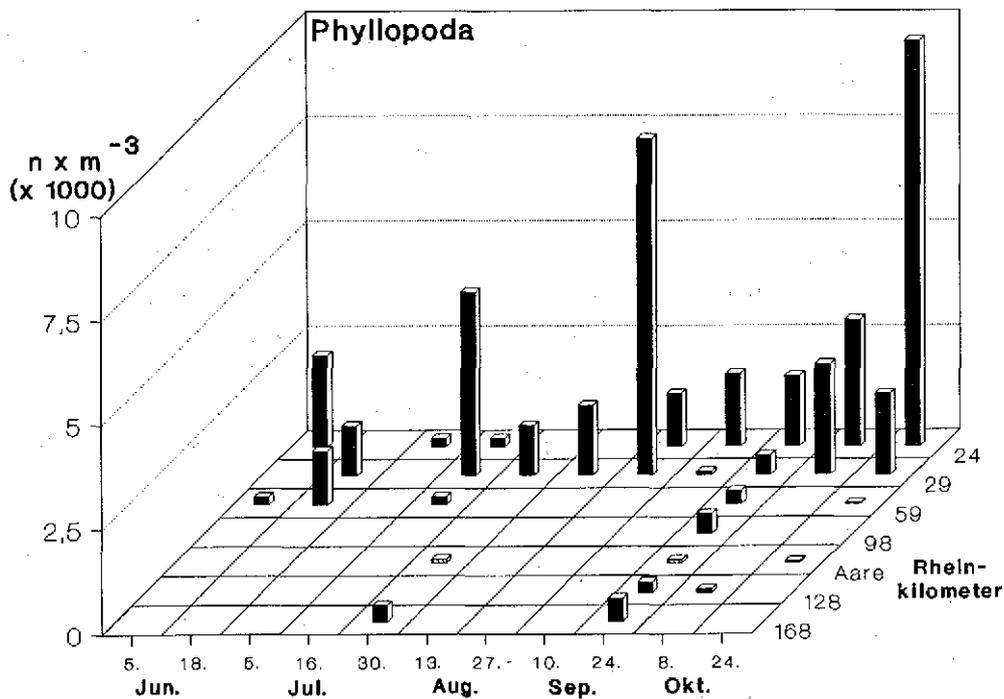


Abb. 15a: Gesamtindividuenzahl der Phyllopoda im Verlauf der Untersuchungsstrecke von Juni bis Oktober 1990.

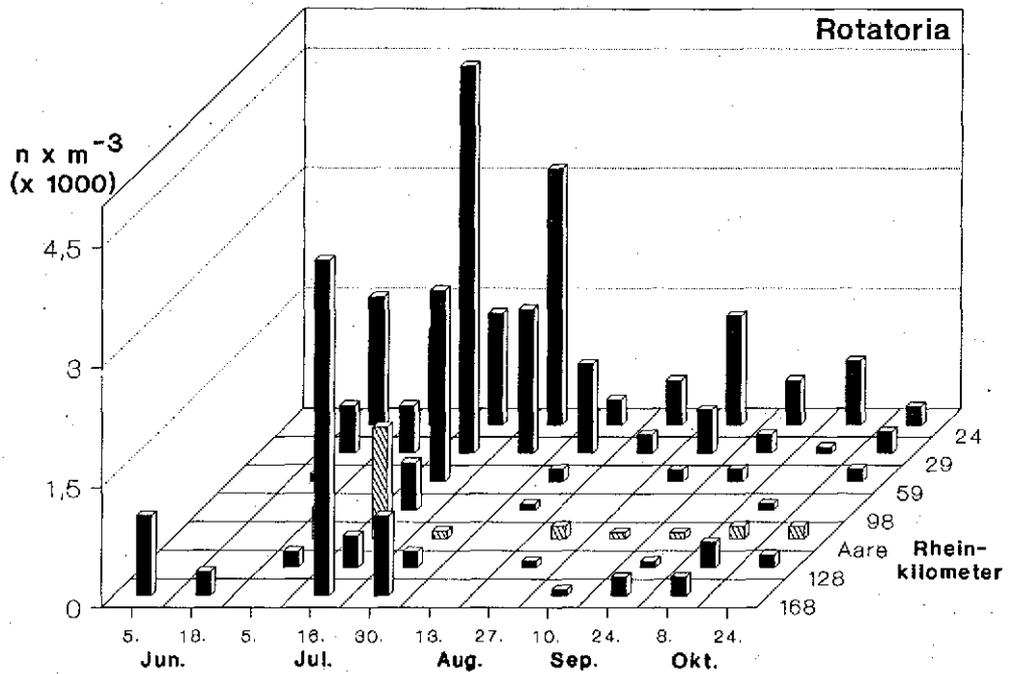
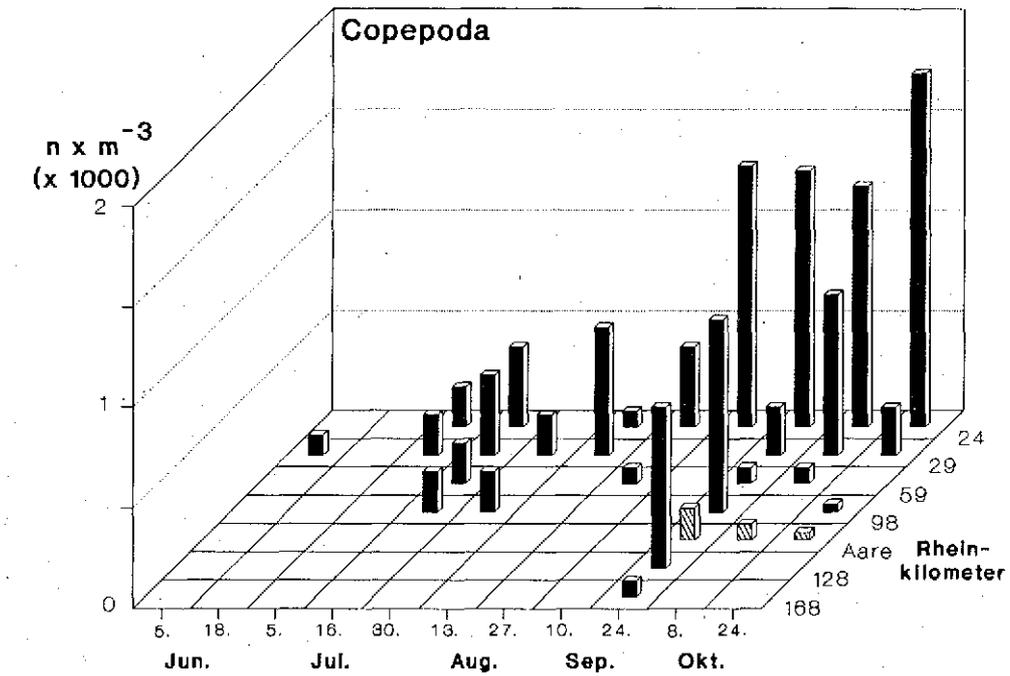


Abb. 15b-c: Gesamtindividuenzahl der Copepoda (15b) und Rotatoria (15c) im Verlauf der Untersuchungsstrecke von Juni bis Oktober 1990.

4.2.2 Verbreitung der Arten im Längsverlauf

Artenliste

Im Hochrhein und in der Aare wurden folgende Taxa gefunden:

KLASSE: Crustacea

Unterklasse: Phyllopoda

Familie: Daphniidae

Daphnia longispina galeata G..O.SARS

Daphnia longispina hyalina LEYDIG

Daphnia sp.(juv., non det.)

Familie: Bosminidae

Bosmina longirostris O.F.MÜLLER

Bosmina (Eubosmina) longispina (LEYDIG)

Bosmina (Eubosmina) coregoni (BAIRD)

Bosmina (Eubosmina) mixta kessleri (LILJANIN)

Familie: Chydoridae

Eurycercus lamellatus O.F.MÜLLER

Alona quadrangularis O.F.MÜLLER

Familie: Polyphemidae

Bythotrephes longimanus LEYDIG

Familie: Leptodoridae

Leptodora kindtii FOCKE

Unterklasse: Copepoda

Familie: Diaptomidae

Eudiaptomus gracilis

Familie: Cyclopodidae

Cyclops sp.

Cyclops sp. (*vicinus* ?)

Cyclops sp. (*praealpinus* ?)

Mesocyclops leuckartii

Unterklasse: Ostracoda

Ostracoda non det.

Cypria sp. (*ophthalmica* ?)

Eucypris sp. (*virens* ?)

Unterklasse: Rotatoria

Familie: Brachionidae

Brachionus sp.

Keratella cochlearis

Keratella quadrata

Kellicottia longispina

Familie: Asplanchnidae

Asplanchna sp.

Familie: Synchaetidae

Polyarthra vulgaris

Die Artenvorkommen im Verlauf der Untersuchungsstrecke sind in der Tabelle 1.4 in Anhang 1 dargestellt. Die höchste Taxazahl fand sich erwartungsgemäss im Untersee bei Öhningen. Lediglich *Bosmina (Eubosmina) coregoni* konnte in unseren Untersee-Proben nicht nachgewiesen werden, sondern erst im Seeabfluss bei Hemishofen.

Die drei häufigeren Rotatorien *Keratella cochlearis*, *Keratella quadrata* und *Kellicottia longispina* waren in der ganzen Untersuchungsstrecke zu finden.

Keine Zooplanktongruppe kam ausschliesslich in der Aare oder im Rhein unterhalb der Aare-mündung vor, so dass die Aussage von LAUTERBORN (1910a) zu Beginn des Jahrhunderts, die besagt, dass sich mit dem Einfluss der Aare auch die Planktonzusammensetzung im Rhein ändert, heute keine Gültigkeit mehr hat (vgl. Kap.5.3, Seite 45).

Saisonales Auftreten der Taxa

Zum saisonalen Vorkommen der wichtigsten Organismen an den Probenahmestellen sind in Anhang 2 Graphiken beigefügt.

Phyllopoden:

Vergleichen wir zunächst *Daphnia galeata* und *D. hyalina* (Abb. 2.2a,b; Anh. 2), so fällt auf, dass - vorbehaltlich der in Abschnitt 3.2.1 erläuterten taxonomischen Einschränkungen - die *galeata*-Formen dominierten, bei denen sich 3 bis 4 Häufigkeitsmaxima erkennen liessen. *Daphnia hyalina* war dagegen im August und September häufig. Beide Formengruppen blieben mit einer Ausnahme auf den Oberlauf des Hochrheins beschränkt. Die Vertreter der Gattung *Bosmina* traten häufiger in der zweiten Hälfte des Untersuchungszeitraumes auf und waren dann in der gesamten Untersuchungsstrecke zu finden (Abb. 2c, Anh. 2). Die anderen Cladoceren blieben selten und waren mit Ausnahme von *Alona quadrangularis* nur in Öhningen und Hemishofen nachzuweisen.

Copepoden:

Eudiaptomus gracilis trat regelmässig erst ab September auf und war dann mit Ausnahme von Ellikon an allen Probenahmestellen zu finden (Abb. 2.3a, Anh. 2). *Mesocyclops leuckartii* kam ausschliesslich im September und Oktober vor und fehlte in der Aare und im Rhein unterhalb des Aarezufusses völlig (Abb. 2.3b, Anh. 2). *Cyclops* sp. (Abb. 2.3c, Anh.2) stellte ein Artengemisch dar, in einigen Fällen liessen sich *Cyclops vicinus* und *Cyclops praealpinus* identifizieren.

Rotatorien:

Die drei häufigsten Rotatorien gehörten zur Familie der Brachionidae. Bei den beiden *Keratella*-Arten konnten wir einen interessanten saisonalen Wechsel in den Dominanzverhältnissen feststellen (Abb. 2.4a,b; Anh. 2): Beide Arten traten gehäuft im Juli auf, wobei *K. quadrata* dominierte. *K. cochlearis* zeigte ein zweites Häufigkeitsmaximum im September. *Kellicottia longispina* (Abb. 2.4c, Anh. 2) war im Seeabfluss fast immer zu finden, in Aare und Unterlauf des Hochrheins dagegen hauptsächlich im Juli.

4.2.3 Frequenzverteilung des Zooplanktons im Hochrhein

Phyllopoden:

Daphnia galeata konnte von Öhningen bis Rietheim nachgewiesen werden (Abb. 16). Es dominierten an allen Stellen mittlere Grössenklassen (0.8 bis 1.6 mm). Im Gegensatz dazu war das gesamte Grössenklassenspektrum von *D. hyalina* und von *Bosmina* sp. nur in Öhningen und Hemishofen zu finden. Von Ellikon bis Sisseln konnten nur mittelgroße *D. hyalina* (0.8 bis 1.6 mm) gefunden werden. *Bosmina* sp. war mit der kleinsten Grössenklasse (0.2 bis 0.4 mm) an allen Probenahmestellen vertreten.

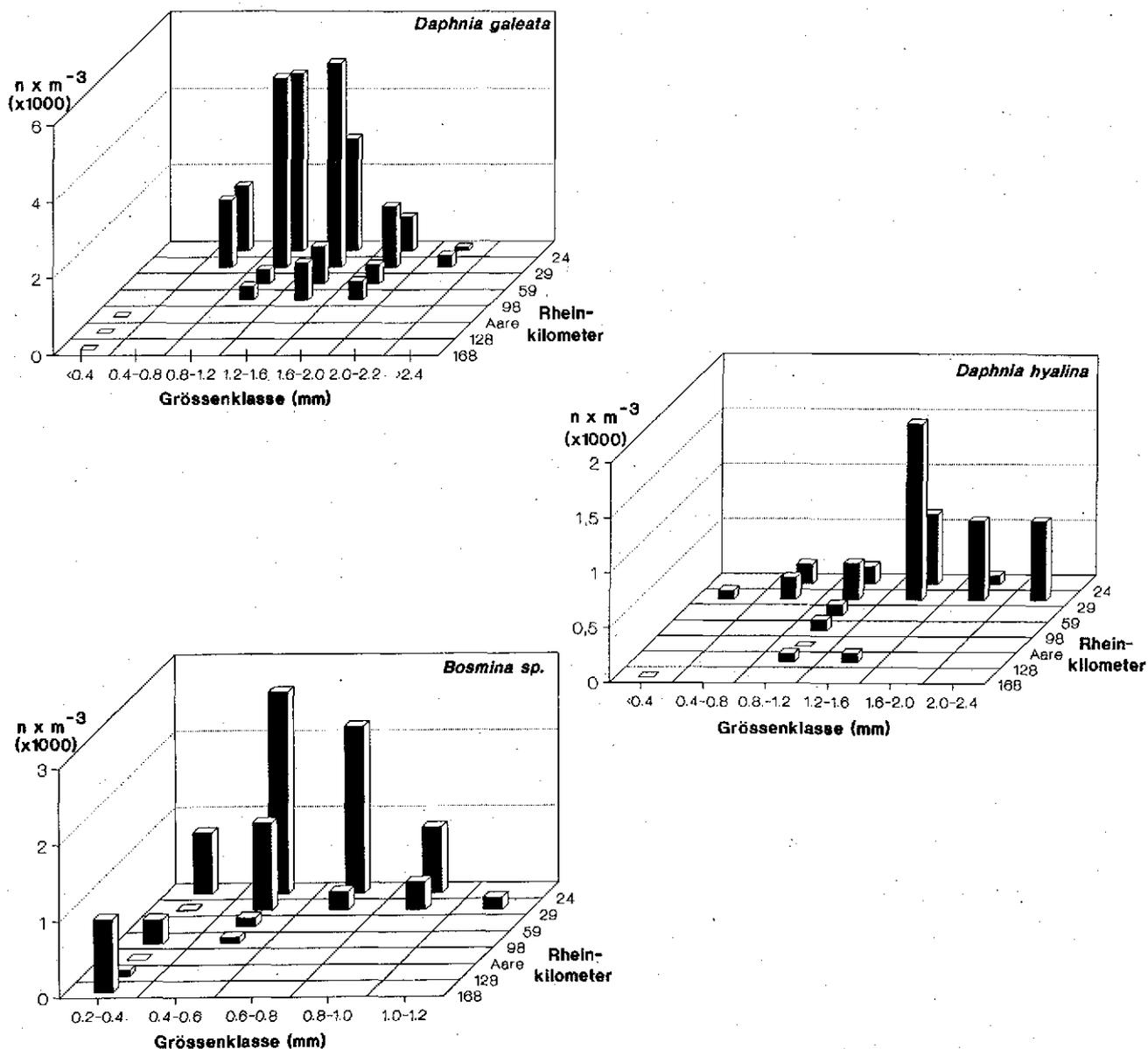


Abb. 16: Frequenzverteilung der Grössenklassen von *Daphnia galeata*, *Daphnia hyalina* und *Bosmina* sp. unter Berücksichtigung der räumlichen Verbreitungsmuster (Juni bis Oktober 1990).

Daphnia hyalina bildete im Untersee und Hochrhein vermutlich drei Kohorten, die sich teilweise zeitlich überlagerten (Abb. 2.5, Anh. 2). So waren im Juni und Juli nur juvenile Tiere nachzuweisen, in der zweiten Augushälfte dagegen zwei Frequenzgipfel juveniler und adulter Tiere. Im September/Oktober war ein mittleres Grössenspektrum von 0.4 bis 2.0 mm vertreten.

Daphnia galeata zeigte Anfang Juni das gesamte Grössenspektrum zwischen 0.4 und 2.8 mm. Mitte Juni waren nur mittelgrosse Tiere zu finden mit einem Frequenzgipfel der Kategorie 1.2 bis 1.6 mm. Erst Mitte Juli waren dann wieder *D. galeata* kleinerer bis mittlerer Grössen im Hochrhein nachzuweisen. Eine dritte Kohorte mit einem Maximum der Grössenklasse 1.2 bis 1.6 mm war für den Zeitraum von Mitte August bis Mitte September zu erkennen. Tiere einer vierten Kohorte im Oktober umfassten das gesamte Grössenspektrum mit einem Maximum der Grössenklasse 0.8 bis 1.2 mm.

Auch die *Bosmina* sp.-Gruppe bildete vier zeitlich begrenzte Häufungszentren (Abb. 2.5c, Anh. 2). Diese und ihre unterschiedlichen Frequenzgipfel lassen sich teilweise darauf zurückführen, dass es sich hier um einen Komplex von vier Spezies handelte.

Copepoden:

Cyclops sp. war vom Bodensee-Untersee bis nach Sisseln (km 128) praktisch ausschliesslich in den 3 Grössenklassen zwischen 0.4 und 1.6 mm zu finden (Abb. 17).

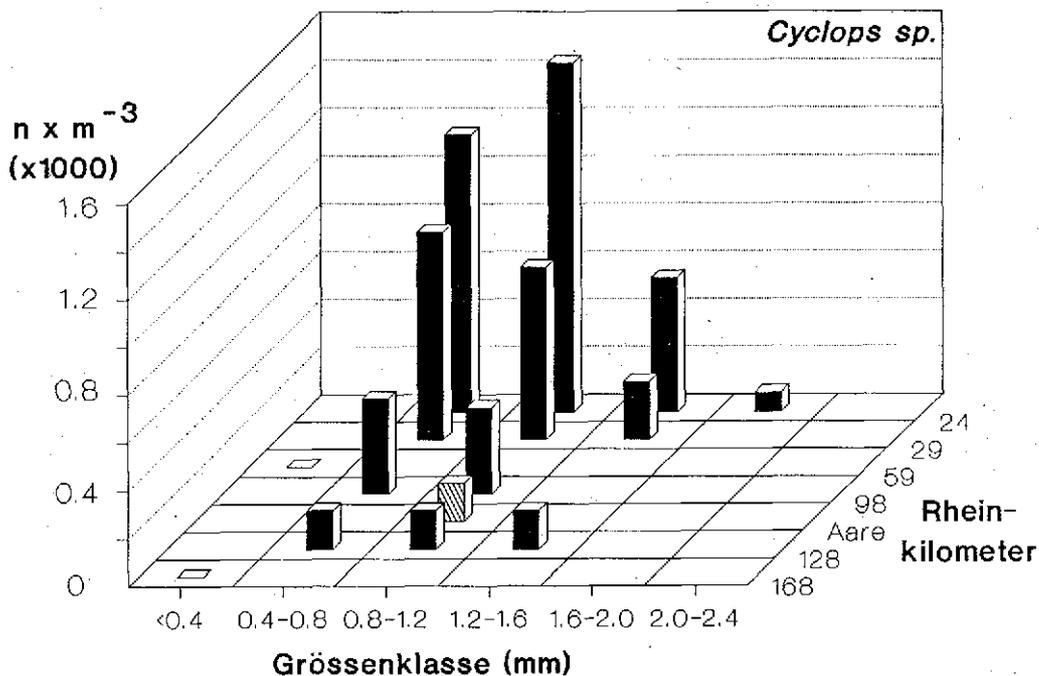


Abb. 17: Frequenzverteilung der Grössenklassen von *Cyclops* sp., unter Berücksichtigung der räumlichen Verbreitungsmuster (Juni bis Oktober 1990).

Bei *Cyclops* sp. (Abb. 2.6a, Anh. 2) waren drei Kohorten zu erkennen, ebenso bei *Eudiaptomus gracilis* (Abb. 6b, Anh. 2). Inwieweit die saisonalen Unterschiede im Auftreten dieser beiden Copepodengruppen und von *Mesocyclops leuckartii* (Abb. 2.6c, Anh. 2) mit den Verhältnissen im Bodensee-Untersee korreliert waren, lässt sich mangels aktueller Vergleichsdaten nicht feststellen.

Rotatorien:

Ein Vergleich der Grössenklassenspektren von *Keratella cochlearis* und *K. quadrata* zeigt, dass *K. quadrata* im Durchschnitt etwas grösser war (Abb. 18). Der Frequenzgipfel lag entsprechend bei der Grössenklasse von 0.20 bis 0.25mm im Vergleich zu 0.16 bis 0.20mm bei *K. cochlearis*.

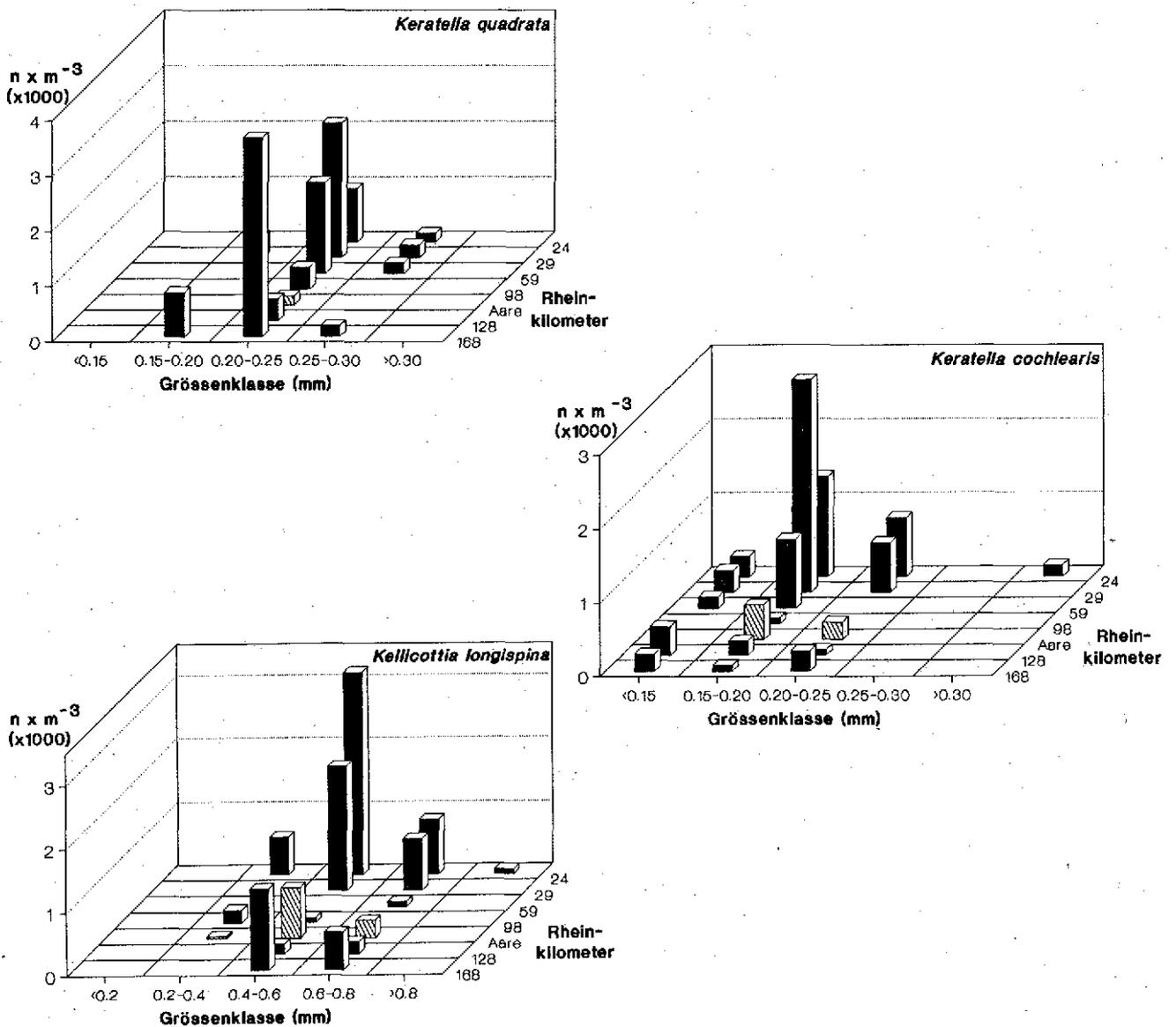


Abb. 18: Frequenzverteilung der Grössenklassen von *Keratella cochlearis*, *Keratella quadrata* und *Kellicottia longispina* unter Berücksichtigung der räumlichen Verbreitungsmuster (Juni bis Oktober 1990).

Kellicottia longispina ist wesentlich grösser als die beiden *Keratella*-Arten. An allen Probenahmestellen dominierten Tiere der Grössenklasse 0.4 bis 0.6. Die gleichen Frequenzgipfel der drei hier behandelten Rotatorien waren auch in der Aare zu finden.

Das saisonale Muster der Grössenklassenverteilung von *Keratella quadrata* lässt drei zeitlich gut getrennte Kohorten erkennen, während *K. cochlearis* im Untersuchungszeitraum wahrscheinlich vier Kohorten umfasste, von denen sich die beiden Herbstgipfel überlappen (Abb. 2.7a,b; Anh. 2). Bei *Kellicottia longispina* dominierten in allen Untersuchungsmonaten Tiere der Grössenklasse 0.4 bis 0.6 (Abb. 2.7c, Anh. 2).

4.2.4 Zusammenhänge zwischen Phyto- und Zooplankton

Ein direkter Zusammenhang zwischen der Verteilung von Phyto- und Zooplankton im Längsverlauf des Hochrheins konnte durch die Untersuchung nicht nachgewiesen werden. Eine Korrelation zwischen der Menge an Phyto- und Zooplankton ist aber anzunehmen, da beim Übergang vom See in den Seeabfluss sowohl Zoo- wie auch Phytoplankton von gleichen physikalischen Parametern wie Strömungsgeschwindigkeit, Wasser- und Schwebstoffführung beeinflusst werden. Im Gegensatz zum Phytoplankton, das vom Seerhein bis Rietheim kontinuierlich abnahm, war beim Zooplankton vom Seerhein bis Hemishofen zuerst eine Zunahme zu verzeichnen und erst danach eine exponentielle Abnahme bis Sisseln (Abb. 19).

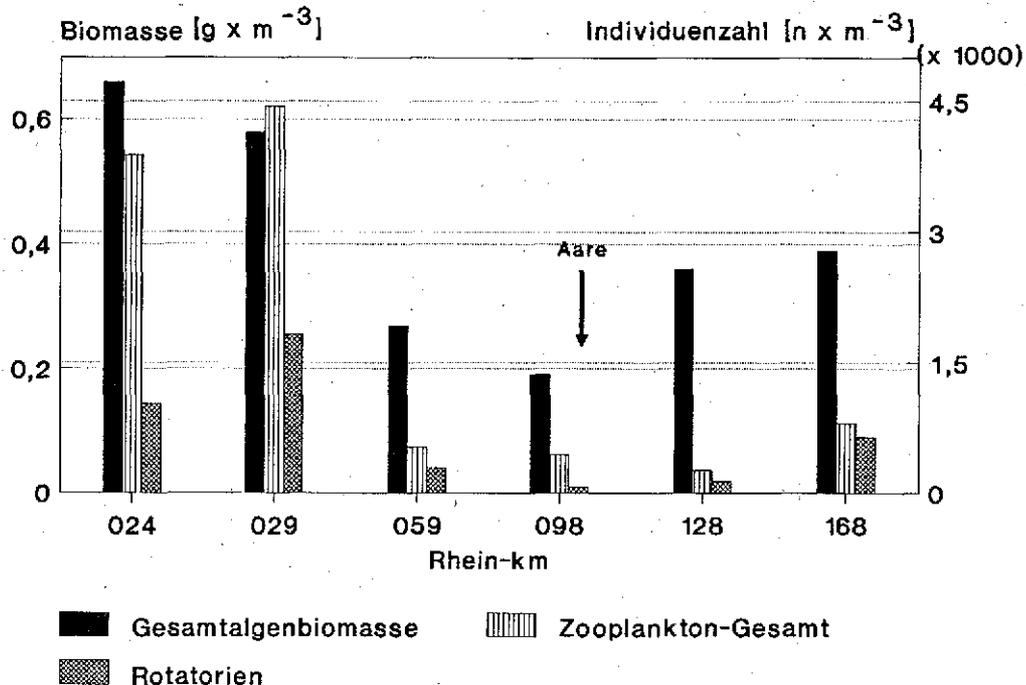


Abb. 19: Mittelwerte der Gesamtindividuenzahl des Zooplanktons und der Gesamtalgenbiomasse in den Monaten Juni bis Oktober 1990.

Dadurch, dass die Aare nur Mikrozooplankton in den Rhein eintrug und das Makrozooplankton rheinabwärts weiter abnahm, verringerte sich die Gesamtzooplanktonmenge bis Sisseln. Der Phytoplanktongehalt im Rhein wurde durch den Einfluss der Aare stark erhöht. Ab Sisseln nahm der Zoo- und Phytoplanktongehalt wieder zu.

4.2.5 Vergleich des Zooplanktons zwischen Untersee und Hochrhein

Da von der Internationalen Gewässerschutzkommission für den Bodensee (IGKB) in dem jährlich erscheinenden Bericht zum "Limnologischen Zustand des Bodensees" nur Angaben zum saisonalen Auftreten der Zooplankter im Obersee publiziert werden, fehlen uns langjährige und jahreszeitliche Vergleichszahlen für den Untersee. Dankenswerterweise wurden uns aktuelle Daten der Probenstelle Berlingen vom Amt für Umweltschutz und Wasserwirtschaft in Frauenfeld (Kanton Thurgau) zur Verfügung gestellt. Diese beginnen jedoch für das Mikrozooplankton erst im August und für die Phyllopoden (Cladoceren) im September. Angaben zu den Copepoda fehlen. So ist nur für wenige Taxa ein direkter Vergleich zwischen Berlingen und rechtem Untersee-Ufer in Öhningen mit dem Hochrhein bei Hemishofen möglich (Tab. 8).

Tab. 8: Vergleich der Anzahl einiger häufiger Zooplanktontaxa pro m^3 im Untersee bei Berlingen (Angaben EAWAG), bei Öhningen (IFAH) und im Hochrhein bei Hemishofen (IFAH) von August bzw. September bis Oktober 1990

Untersuchungszeitraum	Berlingen		Öhningen		Hemishofen	
	min-max	\bar{x}	min-max	\bar{x}	min-max	\bar{x}
August-Oktober 1990						
<i>Keratella quadrata</i>	0-40'000	11'430	0-240	40	0-80	25
<i>Keratella cochlearis</i>	0-100'000	53'000	80-1'120	330	0-640	170
<i>Kellicottia longispina</i>	0- 40'000	14'290	0-560	270	0-480	130
September-Oktober 1990						
<i>Daphnia</i> sp.	2450-12'500	5'320	560-5'440	5'320	70-2'340	1'160
<i>Bosmina</i> sp.	170-7'600	2'670	0-640	190	0-6'240	1'630

Es wird deutlich, dass der Zooplanktongehalt pro m^3 bei Berlingen wesentlich konzentrierter war als bei Öhningen und in der Regel um mehr als eine Zehnerpotenz höher lag. Mit Ausnahme von *Bosmina* sp. war die Anzahl an Zooplankter im Rhein bei Hemishofen im Vergleich zu Öhningen nochmals um etwa die Hälfte reduziert.

5. DISKUSSION

5.1 Verbreitung des Planktons im Hochrhein

5.1.1 Phytoplankton

Der Gehalt an Phytoplankton des oberen Hochrheins vom Rheinsee bis Ellikon wird durch die Produktionsverhältnisse des Bodensee-Untersees entscheidend mitbestimmt. Das ausgeschwemmte Phytoplankton und anorganische Material spiegeln die Verhältnisse im Untersee wieder. Dabei kommt es zu zeitlich starken Schwankungen in der Algenbiomasse bzw. des Chlorophyllgehaltes und der Schwebstoffführung, wie auch FRANZ (1990) feststellte.

Auch die Zusammensetzung des Phytoplanktons im Seeabfluss wird durch die Artensukzession im Untersee bestimmt. Im Untersee befindet sich das Phytoplankton meistens in einem stabil geschichteten Wasserkörper, in dem geringe Turbulenzen herrschen. Die Algen können sich an konstante Lichtverhältnisse adaptieren. Im Seeabfluss ändern sich allerdings die Verhältnisse für das Bodenseephytoplankton drastisch. Die Strömungsgeschwindigkeit nimmt stark zu und demzufolge auch die Turbulenzen. Dies stellt einen Stressfaktor dar, der sich auf die Assimilationsfähigkeit und die Vermehrung des Phytoplanktons auswirken dürfte. Die Verwirbelungen führen dazu, dass das Phytoplankton ständig verschiedenen Lichtintensitäten ausgesetzt wird, und es ist anzunehmen, dass dies die Assimilation mindert.

Der Phytoplanktongehalt nimmt von Öhningen bis Rietheim exponentiell ab, ohne dass sich die Artenzusammensetzung verändert. Diese Betrachtung lässt den Schluß zu, dass keine oder nur eine geringe autochthone Produktion in diesem Rheinabschnitt vorhanden ist.

Vernachlässigt wird hierbei allerdings, wie im übrigen bei vielen Autoren, die den Hochrhein untersucht haben, die Problematik der Staustufen. Diese werden nach wie vor als "Black Box" behandelt, da es keine Untersuchungen im Hochrhein über die Auswirkung der Staustufen auf die Entwicklung und Verbreitung des Phytoplanktons gibt. Dabei stellte LANGE-BERTALOT (1974) im Main fest, - "...wenn beim Main der durch Staustufen verursachte seenartige Charakter überwiegt, kommt es weitgehend unabhängig von der Jahreszeit zu hohen Planktonentwicklungsraten, wenn dagegen die flusstypischen Merkmale dominieren, bleiben sie relativ niedrig." - Es ist zum Beispiel anzunehmen, dass in der Staustufe Rheinau ein autochthones Algenwachstum stattfindet. Anzeichen dafür konnten jedoch während des Untersuchungszeitraumes an der nächsten flussabwärts gelegenen Probenahmestelle bei Ellikon nicht festgestellt werden.

Zusätzlich zu den Staustufen müsste die Auswirkung der Zuflüsse und damit der Einfluss der Seen des Hinterlandes (u.a. Zürich-, Greifen-, Vierwaldstätter-, Bieler See) auf die Algenentwicklung berücksichtigt werden. Gerade im Bereich unterhalb Ellikon bis oberhalb der Aare-mündung, bevor die Aare das Bild des Hochrheins entscheidend mitbestimmt, wäre es interessant, die Auswirkungen der Zuflüsse zu untersuchen.

Einen beträchtlichen Einfluss hat die Aare auf den Phytoplanktongehalt. Der Input von Phytoplankton bringt zwar keine 'neuen' Arten in den Rhein, verschiebt dafür aber stromabwärts die

Dominanzverhältnisse der Algengruppen zugunsten der Bacillariophyceen. Erst nach dem Aarezufluss nimmt die Algenbiomasse entsprechend den häufiger werdenden Rheinabschnitten mit Charakter eines stehenden Gewässers zu.

5.1.2 Zooplankton

Die Artenzusammensetzung im Untersee und im Seeabfluss, das heisst auf den ersten Rheinkilometern, ist nahezu identisch. Während die kleineren Cladoceren (*Bosmina* sp.) offensichtlich im ganzen Rhein und auch in der Aare vorkommen und sich in den Staubereichen vermutlich auch reproduzieren können, fehlen *Daphnia*-Arten in Aare und unterem Rheinabschnitt völlig. Für eine Kausalanalyse der Verbreitungsmuster wären weitere Probenahmestellen und Transektproben notwendig, die einen Vergleich zwischen linkem und rechtem Rheinufer erlauben und damit den Verdünnungseffekt durch Zuflüsse berücksichtigen könnten. Ein unterschiedliches Artenspektrum zwischen Aare und Rhein wie es von LAUTERBORN (1910) zu Beginn des Jahrhunderts festgestellt wurde, gibt es offensichtlich nicht mehr. Es ist anzunehmen, dass sich in den letzten Jahren die Milieubedingungen im Bodensee und damit die Planktonzusammensetzung daselbst stärker geändert haben als in den Schweizer Seen des Aare-Einzugsgebietes. KIEFER (1972) weist daraufhin, dass im Zuge der Eutrophierung einige für den Bodensee charakteristische Arten durch Kosmopoliten völlig verdrängt wurden, z.B. *Mesocyclops bodanica* durch *M. leuckartii*. *Cyclops vicinus*, seit 1954 aus dem Bodensee bekannt, hat vermutlich zur Ausrottung des seit 1960 verschwundenen grossen Ruderfusskrebsses *Heterocope borealis* beigetragen.

5.2 Zusammenhänge zwischen Milieufaktoren und Verbreitung des Planktons

Der Hochrhein zeichnet sich durch einen geringen Chlorophyllgehalt aus, der in Anlehnung an KNÖPP (1968) der Produktivität grosser Flüsse im Winter entspricht.

Wie auch FRANZ (1990) feststellte ist die Schwebstoffführung, insbesondere die der anorganischen Bestandteile gering, da der Bodensee-Untersee eine Sedimentationssenke darstellt. Bis Elikon münden keine bedeutenden Zuflüsse in den Hochrhein, wodurch keine zusätzlichen Schwebstoffe eingebracht und die vorhandenen grösstenteils zur Sedimentation gebracht werden.

FRANZ (1990) stellt weiterhin in seiner Untersuchung vor allem den Einfluss der Aare bezüglich der erhöhten Wasser- und Schwebstoffführung im Hochrhein heraus. Ohne Zweifel hat die Aare einen bedeutenden Einfluss auf den Rhein, wobei allerdings die vorliegende Untersuchung zeigt, dass sich insbesondere die anorganische Schwebstofffracht schon oberhalb des Zusammenflusses der Aare und des Rheins stark erhöhte. Dies ist eventuell durch die Töss bedingt, die meisten eine hohe mineralische Schwebstofffracht mitführt. Ob die erhöhte anorganische Fracht in diesem Bereich die Sedimentation von Plankton beeinflusst, müsste noch untersucht werden. Die zusätzliche Schwebstofffracht der Aare machte sich stromabwärts nur begrenzt bemerkbar, da Staustufen und langsamfliessende Rheinabschnitte die Sedimentation fördern.

BACKHAUS & KEMBALL (1978) untersuchten in ihrer Arbeit unter anderem die Phytoplanktonentwicklung im Hochrhein. Sie zeigten, dass aus dem langjährig untersuchten Gewässerchemismus des Rheins keine Abhängigkeiten auf die Verteilung der Algengesellschaften im Flusslängsprofil abgeleitet werden können. Die Beziehung zwischen Chemismus und Algenentwicklung liessen sich nur in Einzelfällen auf Artniveau erkennen. Die Nährstoffversorgung des Hochrheins ist auf einem genügend hohem Niveau, um grundsätzlich nicht limitierend auf die Algenentwicklung zu wirken. Auch in der vorliegenden Untersuchung wurden keine Abhängigkeiten der Algenentwicklung bezüglich der Stickstoff- und Phosphorkomponenten beobachtet.

FRIEDRICH (1990) fand auch im Niederrhein keine Limitierung des Algenwachstums durch chemische Komponenten, sondern machte wie auch BACKHAUS & KEMBALL (1978) die Feststellung, dass hauptsächlich physikalische Parameter wie Wasserführung, Globalstrahlung und Wassertemperatur die Algenentwicklung beeinflussen.

Wenn auch keine direkte Korrelation der Wasserführung mit der Algenentwicklung im Hochrhein bestand, so war doch eine Beziehung zu beobachten. Die Algenblüten waren eher mit Niedrigwasserständen gekoppelt oder folgten auf fallende Wasserstände (LANGE-BERTALOT, 1974). Dagegen war die Globalstrahlung stark mit dem Algenwachstum korreliert.

Ein Zusammenhang zwischen der Verbreitung des Zooplanktons und den Milieufaktoren im Hochrhein ist nicht erkennbar. Im Gegensatz zum Phytoplankton wird der Gehalt an Zooplankton fast ausschliesslich vom Bodensee und nur zu einem geringem Teil aus den stromabwärts liegenden Rheinabschnitten und aus der Aare bestimmt. Entsprechend nimmt die Menge der meisten Zooplanktonarten mit zunehmender Entfernung vom See rasch ab.

5.3 Vergleiche mit Angaben aus der Literatur

Bereits in den Jahren 1905 bis 1908 wurden von LAUTERBORN (1908-1911) quantitative Untersuchungen zum Planktongehalt im Rhein durchgeführt. Die oberste Stelle in Basel-Hünigen ist identisch mit unserer Probenstelle Rhein bei St.Johann, so dass ein direkter Vergleich mit unseren Daten möglich ist (Tab. 3.1, Anhang 3).

Dabei fallen vor allem im Vergleich zu den Verhältnissen zu Beginn des Jahrhunderts der heute offensichtlich wesentlich höhere Anteil an Cyanophyceen, Chlorophyceen und an Cryptophyceen auf. Es sollte hier auch nicht unerwähnt bleiben, dass LAUTERBORN (1910a,b) bereits vom Schiff aus im Transekt die Proben genommen hat, also jeweils am linken Ufer, in der Mitte und am rechten Ufer. Leider hat sich die Erkenntnis, dass es horizontale und vertikale Unterschiede in der Planktonverteilung im Transekt geben kann, z.B. durch Zuflüsse, bis heute nicht durchsetzen können.

Auch zum Einfluss der Aare auf die Zusammensetzung des Rheinplanktons äussert sich LAUTERBORN (1910a,b; 1916) und gibt ein detailliertes Bild, wann welche Artengruppe zum ersten Mal im Rhein nachgewiesen wurde (vgl. Tab., 3.2 Anhang 3):

aus LAUTERBORN 1916:

" [...] Eine weitere Bereicherung des Planktons bringt die Aare aus ihren zahlreichen Seen, ganz besonders aus dem Züricher See. Diese Aare-Plankton ist charakterisiert durch das Vorkommen von *Oscillatoria rubescens*, *Tabellaria fenestrata* var. *asterionelloides*, *Melosira islandica* var. *helvetica*, die fortan die eigentlichen Leitformen des Rheinplanktons darstellen: sie finden sich von hier ab im ganzen Strom; den geschlossenen Altwässern sowie den Nebenflüssen fehlen sie bis jetzt völlig. Bemerkenswert ist, dass das Auftreten dieser Leitformen im Rhein noch recht jungen Datums ist: *Tabellaria* erschien im Züricher See in Massenfaltung zuerst 1896, *Oscillatoria* 1898, *Melosira* um 1905; in denselben Jahren konnte ich die Arten auch im Oberrhein nachweisen, wo sie vorher, seit Beginn meiner Studien im Jahre 1891 niemals zur Beobachtung gelangt waren.

Eine Erklärung für die plötzlichen Massenfaltungen von *Oscillatoria*, *Tabellaria* und *Melosira* habe ich in meiner Arbeit über die Vegetation des Oberrheins (1910) zu geben versucht. Dasselbst findet sich auch eine vergleichende Gegenüberstellung des Planktons der Aare und des Bodensee-Rheins. [...]"

aus LAUTERBORN (1910):" [...] Es handelt sich hier, wie die nachfolgende Tabelle ausweisen wird, hauptsächlich um weit verbreitete Formen, wie *Synedra*, *Asterionella*, *Fragilaria* und *Ceratium*. Ein vergleichendes Studium der Variationsstatistik im Bodensee und in allen Seen, welche die Aare entwässert, sowie eine planktologische Untersuchung dieses Flusses selbst, dürfte es meiner Ansicht nach ermöglichen, auch im strömenden Rhein, z.B. bei Basel, bis wohin sich die Herrschaft des reinen Seeplanktons erstreckt, die Herkunft der einzelnen Formen zu bestimmen. Ich halte es auch nicht für ausgeschlossen, dass wir auf diesem Wege in Zukunft bei verbesserten Fangmethoden einmal Aufschluss erhalten werden über den prozentualen Anteil jedes einzelnen Sees an der Planktonbesiedlung des Rheins. Sicher ist jetzt schon, dass das Aare-Plankton nicht nur Formen des Züricher Sees enthält: *Stephanodiscus astraea* GRUN. stammt jedenfalls aus einem andern See.

... Bemerkte sei noch, dass der gewaltige Absturz des Rheinfalls - 19m direkte Fallhöhe! - die herabtreibenden zarten Planktonorganismen viel weniger schädigt, als man von vorneherein vielleicht annehmen möchte. Ich habe wiederholt direkt unter dem schäumenden und brausenden Wasserschwall nicht nur die Kolonien von *Asterionella*, *Fragilaria crotonensis*, *Cyclotella socialis* etc. in völlig intaktem Zustande gefischt, sondern hier das für den unteren Bodensee so charakteristische Infusor *Stentor niger* lebend angetroffen. ... Die Erhaltung dieser zarten Formen im Rheine wird dadurch sehr begünstigt, dass der Strom von dem Läuterungsbecken des Bodensees bis zur Aaremündung fast stets völlig klar und grün, sowie fast frei von suspendierten mineralischen Partikeln ist."

Im Jahre 1935 führte JAAG (1938) im Oberlauf des Hochrheins eine detaillierte Untersuchung zu Längsverlauf, tageszeitlichen und saisonalen Mustern der Planktondrift durch. Seine Untersuchungen konzentrierten sich auf einen Vergleich der Planktonverhältnisse im Rheinsee bei Steckborn mit dem Hochrhein bei Schaffhausen.

Diese Ergebnisse aus den Monaten Juli bis Oktober 1935 sind unseren Daten von Juli bis Oktober 1990 der Probenahmestellen Öhningen, Hemishofen und Ellikon in der Tabelle 3.3 in Anhang 3 gegenübergestellt. Dabei haben wir uns auf die Darstellung der Taxa beschränkt, die wenigstens in einem Monat die Häufigkeitskategorie 3 erreichten. Ähnlich wie beim Vergleich unserer Daten mit denen von Lauterborn für den Rhein in Basel, zeigt sich auch für Untersee und oberen Hochrhein, dass heute offensichtlich Chlorophyceen und Cyanophyceen einen höheren Anteil als früher an der Algendrift ausmachen, wogegen die Bedeutung der Chrysophyceen zurückgegangen ist. Die Cryptophyceen, die heute einen sehr hohen Anteil am Rheinplankton ausmachen, fehlten früher offensichtlich vollkommen.

JAAG (1938) gibt auch einen Überblick über die saisonale Entwicklung der dominierenden Algenarten. Auch hier lassen sich Unterschiede zu den heutigen Verhältnissen feststellen

Die Tabellen 3.4 bis 3.7 in Anhang 3 stellen unsere Daten den Untersuchungen von CZERNIN-CHUDENITZ (1958) aus den Jahren 1955/56 gegenüber. In Tabelle 3.4 fällt vor allem das völlige Fehlen von *Scenedesmus* in den fünfziger Jahren auf. Der Anteil an *Nitzschia acicularis* lag damals wesentlich höher als heute, dies gilt in geringerer Masse auch für die Flagellaten.

Tabelle 3.8 in Anhang 3 gibt eine Übersicht über die Planktonzusammensetzung im Hochrhein im Laufe dieses Jahrhunderts. Dabei fällt auf, dass insbesondere beim Phytoplankton eine wesentlich höhere Artenvielfalt nachgewiesen werden konnte als etwa um die Jahrhundertwende durch LAUTERBORN oder in den 50-er Jahren durch CZERNIN-CHUDENITZ.

5.4 Vorschläge für künftige Planktonuntersuchungen im Hochrhein

Ein Untersuchungsprogramm zur Planktonführung im Hochrhein sollte der kleinräumigen Veränderung der ökologischen Verhältnisse durch die Zuflüsse und naturnahen Strukturvielfalt zwischen Untersee und Aaremündung Rechnung tragen. Mit einem entsprechenden Zeit- und Probenahmestellenraster wäre der Planktoneintrag von Bodensee, Glatt und Aare in den Hochrhein, Verbleib, Quellen und Senken des Hochrheinplanktons unter Berücksichtigung der Staubereiche und der Beitrag benthischer Algen zur Drift zu klären.

Im Längsverlauf sollten daher mehr Probenahmestellen auf den Abschnitt A (vgl. Kap. 2, Seite 6) konzentriert werden, um die exponentielle Abnahme mit der Entfernung vom Seeabfluss dokumentieren zu können. Ferner fehlen zusätzliche Stellen im Bereich der Staustufe Rheinau (Rückstauereffekt und autochthone Planktonentwicklung im Staubereich), bei Tössegg und unterhalb des Zusammenflusses von Hochrhein und Aare.

Es sollte abgeklärt werden, ob und in welchem Masse sich die Tag-Nacht-Wanderung des Planktons im Bodensee-Untersee auf die in den Hochrhein gelangende Planktonbiomasse auswirkt. Dazu wären am Seeabfluss und im Hochrhein Erhebungen im Tagesverlauf notwendig.

Ausserdem sollten an einigen dieser Probenahmestellen Parallelproben im Transekt genommen werden und zwar an der Wasseroberfläche und in geringem Abstand über Stromsohle, d.h. je eine Uferprobe und je 2 Proben an drei Stellen im Transekt (vgl. Untersuchung der Makroinvertebraten am Hochrhein 1990). Auf diese Weise ist erstens ein möglicher Eintrag aus den grösseren Rheinzufüssen zu erkennen und zweitens die von SCHRÖDER, REY & TOMKA (1991) an schnell-fliessenden, flachen Stellen festgestellte, kleinräumige Erhöhung der benthischen Algendrift zu berücksichtigen.

In diesem Zusammenhang wäre eine vereinfachte, d.h. nicht immer auf Artniveau durchgeführte Phytoplanktonuntersuchung wünschenswert, um den zeitliche Aufwand zu reduzieren und somit zusätzliche Probestellen in ein Untersuchungsprogramm mit hereinzunehmen. Routinemässige Probenahmen im Jahreszyklus sind zwar notwendig, zusätzlich würden aber Untersuchungen mit gezielten Fragestellungen zu klareren Ergebnissen führen. In dieser Richtung scheint daher die Untersuchung des Verhältnisses von Kieselalgen zu Nicht-Kieselalgen effizient, wie es für den Hochrhein und dessen Einzugsgebiet von SCHRÖDER, REY & TOMKA (1991) gemacht wurde.

Der Untersuchungszeitraum sollte auf das ganze Jahr ausgedehnt werden, da einige Arten bereits im zeitigen Frühjahr ein Maximum in der Entwicklung zeigen. Zumindest sollte der Zeitraum zwischen März und November erfasst werden. Ausserhalb der Monate mit Planktonblüten reichen monatliche Probenahmeterminale.

6. LITERATURVERZEICHNIS

- BACKHAUS, D. & KEMBALL, A. (1978):** Gewässergüteverhältnisse und Phytoplanktonentwicklung im Hochrhein, Oberrhein und Neckar. - Arch. Hydrobiol. **81**: 166-206.
- BERBEROVIC, R. (1990):** Biomass composition of two sympatric *Daphnia* species: Impact of environmental factors and life history strategies. - Ph.D. Thesis University of Constance, 174 p.
- BOURELLY, K. (1966):** Les algues d'eau douce. I. Les algues vertes. - Paris (n.Boubee & Cie.).
- BOURELLY, K. (1968):** Les algues d'eau douce. II. Les algues jaunes et brunes. - Paris (n.Boubee & Cie.).
- BOURELLY, K. (1970):** Les algues d'eau douce. III. Les algues bleues et rouges. Les Eugléniens, Peridiens et Cryptomonadines. - Paris (n.Boubee & Cie.).
- BUWAL (1992):** Koordinierte biologische Untersuchungen im Hochrhein 1990: Makroinvertebraten. - Schriftenreihe Umweltschutz Nr..., Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft, Bern.
- CZERNIN-CHUDENITZ, C.W. (1958):** Limnologische Untersuchungen des Rheinstromes. III. Quantitative Phytoplanktonuntersuchungen. - Köln-Opladen, 224 S.
- DIN 38412 (1983):** Bestimmung der Sauerstoffproduktion mit der Hell-Dunkelflaschen-Methode unter Laborbedingungen. SPL (L14) (Sauerstoff-Produktionspotential).
- DONNER, J. (1973):** Rädertiere (Rotatorien). - Kosmos Verlag Franckh (Stuttgart), 4.Auflage, 54 S.
- EINSLE, U. (1964):** Das Crustaceenplankton des Mindelsees. - Beitr. naturk. Forsch. SW-Deutschl. (Karlsruhe) **23**: 53-70.
- EINSLE, U. (1967):** Die äusseren Bedingungen der Diapause planktisch lebender *Cyclops*-Arten. - Arch. Hydrobiol. **63**: 387-403.
- EINSLE, U. (1983a):** Long-term changes in planktonic associations in Lake Constance and adjacent waters and their effects on competitive situations. - Hydrobiologia **106**:127-134.
- EINSLE, U. (1983b):** Die Entwicklung und Männchenbildung der *Daphnia*-Population im Bodensee-Obersee 1956-1980. - Schweiz. Z. Hydrol. **45**: 321-332.
- EINSLE, U. (1968):** Die Gattung *Mesocyclops* im Bodensee. - Arch. Hydrobiol. **64**: 131-169.
- ELSTER, H.J. (1954):** Über die Populationsdynamik von *Eudiaptomus gracilis* SAARS und *Heterocope borealis* FISCHER im Bodensee-Obersee. - Arch. Hydrobiol. **20**: 546-614.

FRANZ, H. (1990): Schwebstoffe im Rhein. - *Limnologie aktuell* 1: 161-180.

FRIEDRICH, G. (1990): Das Plankton des Rheins als Indikator. - *Limnologie aktuell* 1: 181-18,7.

GELLER, W. (1980): Stabile Zeitmuster in der Planktonsukzession des Bodensees (Überlinger See). - *Verh. Ges. Ökologie (Göttingen)* 7: 373-382.

GELLER, W. (o.J.): Diurnal vertical migration of zooplankton in a temperate greatlake (L.Constance): A starvation avoidance mechanism ? *Habilitationsschrift Universität Freiburg.*

HERBST, H.V. (1962): Blattfusskrebse (Phyllopoden: Echte Blattfüßer und Wasserflöhe). - Kosmos Verlag Franckh (Stuttgart), 1. Auflage, 130 S.

IKSR (1989): Mess- und Untersuchungsprogramm für 1990 zur Erfassung des Organismenbestandes des Rheins und der Kontamination von Rheinfischen. - IKSr, Koblenz, 29 S..

JAAG, O. (1938): Die Kryptogamenflora des Rheinfalls und des Hochrheins von Stein bis Eg-lisau. - *Mitt. Naturforsch. Ges. Schaffhausen* 14: 1-158.

KIEFER, F. (1972): Naturkunde des Bodensees.- Jan Thorbecke Verlag (Sigmaringen), Kap. 72: Tiere des Pelagials: Zooplankton, 90-96.

KLOTTER, H.-E. (1955): Die Bedeutung des Phytoplanktons für Rhein und Neckar. - *Arch. Hydrobiol. Suppl.* 22: 347-353.

KNÖPP, H. (1968): Stoffwechselfynamische Untersuchungsverfahren für die biologische Was-seranalyse. - *Int. Rev. ges. Hydrobiol.* 53: 409-441.

KOMARECK, J. & B. FOTT (1983): Das Phytoplankton des Süßwassers. Chlorophyceae (Grünalgen), Ordnung Chlorococcales. - in: *Die Binnengewässer* 16, 7.Teil, Stuttgart.

KRAMER, K. & H. LANGE-BERTALOT (1986): Bacillariophyceae, 2.Teil: Bacillariaceae, Epi-themiaceae, Surirellaceae. - in: *Süßwasserflora von Mitteleuropa* (Hrsg. H. Ettl, J. Gerloff, H. Heynig, D. Moltenhauer), Band 2/2 Teil 2, Jena.

KRAMMER, K. & H. LANGE-BERTALOT (1986): Bacillariophyceae, 1.Teil Naviculae. - in : *Süßwasserflora von Mitteleuropa* (Hrsg. H. Ettl, J. Gerloff, H. Heynig, D. Moltenhauer), Band 2/1 Teil 1, Jena.

KÜMMERLIN, R. & H.R. BÜRGI (1989): Die langjährige Entwicklung des Phytoplanktons im Bodensee. - *Internationale Gewässerschutzkommission Bodensee, Bericht* 39.

LANDESHYDROLOGIE (1990): Hydrographisches Jahrbuch der Schweiz 1990. - Eidg. Dep. des Innern, Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft, EDMZ, Bern.

LANGE-BERTALOT, H. (1974): Das Phytoplankton im unteren Main unter dem Einfluss starker Abwasserbelastung. Cour.Forsch. - Inst. Senckenberg 12: 1-88.

LAUTERBORN, R. (1907): Bericht über die Ergebnisse der vom 2.-14.Oktober 1905 ausgeführten biologischen Untersuchung des Rheins auf der Strecke Basel - Mainz. - Arb. Kaiserl. Gesundheitsamt 25: 99-139.

LAUTERBORN, R. (1908a): Bericht über die Ergebnisse der zweiten biologischen Untersuchung des Oberrheins auf der Strecke Basel - Mainz vom 30.April-12.Mai 1906. - Arb. Kaiserl. Gesundheitsamt 25: 1-28.

LAUTERBORN, R. (1908b): Bericht über die Ergebnisse der dritten biologischen Untersuchung des Oberrheins auf der Strecke Basel - Mainz vom 9.-22. August 1906. - Arb. Kaiserl. Gesundheitsamt 27: 532-548.

LAUTERBORN, R. (1908c): Bericht über die Ergebnisse der vierten biologischen Untersuchung des Oberrheins auf der Strecke Basel - Mainz vom 14.-25.April 1907. - Arb. Kaiserl. Gesundheitsamt 27: 532- 548.

LAUTERBORN, R. (1909a): Bericht über die Ergebnisse der fünften biologischen Untersuchung des Oberrheins auf der Strecke Basel - Mainz vom 4.-16. Juli 1907. - Arb. Kaiserl. Gesundheitsamt 30: 523-542.

LAUTERBORN, R. (1909b): Bericht über die Ergebnisse der sechsten biologischen Untersuchung des Oberrheins auf der Strecke Basel - Mainz vom 15.-30. September 1907. - Arb. Kaiserl. Gesundheitsamt 32: 35-58.

LAUTERBORN, R. (1910a): Die Vegetation des Oberrheins. - Verh. Naturhist. Med. Ver. Heidelberg N.F. 10: 450-502.

LAUTERBORN, R. (1910b): Bericht über die siebente biologische Untersuchung des Oberrheins auf der Strecke Basel - Mainz vom 21.Januar bis 4.Februar 1908. - Arb. Kaiserl. Gesundheitsamt 33: 453-472.

LAUTERBORN, R. (1916): Die geographische und biologische Gliederung des Rheinstroms, 1.Teil (Alpenrhein, Bodensee, Hochrhein). - Sitzungsber. Heidelberger Akad. Wiss. Math. Nat. Kl. 1916, 6: 1-61, Heidelberg.

LAWA (Länderarbeitsgemeinschaft Wasser) 1985: Seen in der Bundesrepublik Deutschland.

LORENZEN, C.J. (1967): Determinations of chlorophyll and phaeo-pigments: spectrophotometric equations. - Limnol. Oceanogr. 12: 343-346.

MARKER, A.F.H. (1972): The use of acetone and methanol in the estimation of chlorophyll in the presence of phaeophytin. - *Freshwater Biology* 2: 361-385.

MAURER, V. (1993): Koordinierte biologische Untersuchungen im Hochrhein 1990 - Teil IV: Zusammenfassender Kurzbericht. - Hrsg. Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft, Bern (Schriftenreihe Umwelt Nr. 197).

MIEGEL, H. (1981): Praktische Limnologie, Verlag Diesterweg/Sauerländer (Frankfurt): Bestimmungstabellen 5-10, 152-162.

MÜLLER, H. & E. SAAKE (1979): Einführung in Formen, Baupläne und Ökologie von Mikroorganismen limnischer Ökosysteme. Teil B., Pädagogische Hochschule Ruhr (Dortmund), 111.

NUSCH, E.A. & G. PALME (1975): Biologische Methoden für die Praxis der Gewässeruntersuchung: Bestimmung des Chlorophyll a- und Phaeopigmentgehaltes im Oberflächenwasser. - *GWF Wasser/Abwasser* 116: 562-565.

NUSCH, E.A. (1984): Beiträge zur Analytik: Ergebnisse eines Ringversuches zur Chlorophyll-a-Bestimmung im Wasser. - *Z. Wasser-Abwasser-Forsch.* 17: 89-94.

REY, P. ET AL. (1992): Koordinierte biologische Untersuchungen im Hochrhein 1990; Teil I: Makroinvertebraten; - Hrsg. Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft, Bern (Schriftenreihe Umwelt Nr. 190).

SCHMITZ, W. (1992): Koordinierte biologische Untersuchungen im Hochrhein 1990; Teil III: Aufwuchs-Mikrophytenflora; Landesanstalt für Umweltschutz, Baden-Württemberg, Karlsruhe. - Hrsg. Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft, Bern (Schriftenreihe Umwelt Nr. 196).

SCHOWALTER, M. (1988): Untersuchungen des Phytoplanktons im Hochrhein; unveröffentlicht. - Landesanstalt für Umweltschutz Baden-Württemberg, Karlsruhe.

SCHRÖDER, P. & R. WOLF (1985): Algen des Sestons in den Fließgewässern des Mindelseegebietes (westl. Bodenseeraum). - *Beih. Veröff. Naturschutz Landschaftspflege Bad.-Württ.* 44: 149-172.

SCHRÖDER, P. & P. REY (1991): Fließgewässernetz Rhein und Einzugsgebiet. Milieu, Verbreitung und Austauschprozesse der Wirbellosenfauna zwischen Bodensee und Taubergiessen. - *IFAH Sci. Publ.* 310 S. (Konstanz).

SCHRÖDER, P., P. REY & J. ORTLEPP (1989): Der Rhein und sein Einzugsgebiet zwischen Bodensee und Taubergiessen. II. Verbreitungsmuster filtrierender Insektenlarven. - Tagungsbericht DGL Goslar, Band I: 188 - 196.

SCHRÖDER, P., P. REY & J. ORTLEPP (1990): Verbreitungsmuster und Ökologie der Simuliidae im Rhein und seinem Einzugsgebiet zwischen Bodensee und Taubergiessen. - Tagungsber. 5. Deutschspr. Simuliiden-Symposium Hamburg 1988.

STREBLE, H. & D. KRAUTER (1973): Das Leben im Wassertropfen - Mikroflora und Mikrofauna des Süßwassers. - Kosmos Verlag Franckh (Stuttgart), 1. Auflage, 335 S.

UTERMÖHL, H. (1958): Zur Vervollkommnung der quantitativen Phytoplankton-Methodik. - Mitt. internat. Ver. Limnol. 9: 1 - 38.

7. ANHÄNGE

	Seite
ANHANG 1: Daten-Tabellen 1.1 bis 1.4	54-56
ANHANG 2: Graphiken: Abbildungen 2.1 bis 2.8	57-64
ANHANG 3: Vergleiche mit Angaben aus der Literatur: Tabellen 3.1 bis 3.8	65-87

ANHANG 1

Tab. 1.1: Extrem- und Mittelwerte der Phytoplankton-biomasse in $\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ zwischen Juni und Oktober 1990.

Rhein-km	Ort	Min	Max	Mittel	Anzahl Werte
024	Öhningen	0.25	1.40	0.73	10
029	Hemishofen	0.07	1.30	0.58	11
059	Ellikon	0.04	1.93	0.27	11
098	Rietheim	0.06	0.50	0.19	11
Aare	Felsenau	0.10	1.65	0.41	11
128	Sisseln	0.10	0.89	0.37	11
168	Basel	0.11	1.09	0.39	11

Tab. 1.2a-c: Messwerte zusätzlicher Biomasseparameter

a: Trockengewicht ($\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$)

Rhe-km	5.Jun	18.Jun	5.Jul	16.Jul	30.Jul	13.Aug	27.Aug	10.Sep	24.Sep	8.Okt	24.Okt
24					5.1	12.3	4.5	3.5	2.1	3	5.7
29	4.2	3	5.3	4	2.3	1.2	1.2	1.2	2.1		
59	0.4	2	2.5	3.4	2.7	6.1	1.5	0.6	0.6	1	1.2
98	17	12.9	24.9	12	11.6	6.9	5.6	5.1	71.3	15.3	7.5
Aare	10.6	14.1	24.8	12.4	33.3	8.7	9.4	?	57.4	9.8	5.9
128	1.7	12.3	30	11.3	11.3	6.3	5.9	6.5	73.6	9.6	6.5
168		11.5	45	14.7	9.3	7.7	12.2	6.2	25.9	10.8	6.2

b: Aschefreies Trockengewicht ($\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$)

Rhe-km	5.Jun	18.Jun	5.Jul	16.Jul	30.Jul	13.Aug	27.Aug	10.Sep	24.Sep	8.Okt	24.Okt
24					1.2	1.5	1.7	1.5	1	1.1	1.3
29	0.4				0.6	1	1.3	1	0.3	0.4	0.9
59	0.1				0.3	1.1	1.2	0.6	0.6	0.4	0.8
98	16.1				1.3	1.3	1.6	1.2	7.9	1.6	1.4
Aare	9		0.1		3.7	1.7	2.1	1.5	8.3	1.4	1.5
128	0.6		0.5		1.3	1.4	1.7	1.4	8.4	1.5	1.6
168			2		1.3	1.7	2.7	1.5	3.8	1.7	1.7

c: Chlorophyll-a ($\text{mg}\cdot\text{m}^{-3}$)

Rhe-km	5.Jun	18.Jun	5.Jul	16.Jul	30.Jul	13.Aug	27.Aug	10.Sep	24.Sep	8.Okt	24.Okt
24					10	0.9	1.4	4.3	2.8	3.7	1.9
29	2.1	2.7	1.4	1.9	3.7	0.4	1.2	2.3	1.7	1.7	0.7
59	1	0.7	0.3	0.2	0.2	0.3	0.5	0.7	0.6	0.8	0.4
98	1.2	1.6	1.5	0.3	1.8	0.5	1.5	0.7	1.3	1.1	1
Aare	1	2	3	0.6	1.4	1.3	0.9	1.5	2.5	1.8	1.5
128	2.3	1.3	4.2	1.6	1.3	1.3	1.3	1.1	5	1.4	0.9
168	2.2	1.2	1.1	0.9	2.1	2.1	1.5	1.2	3.1	1.6	1.1

Tab. 1.3: Abflusswerte zu den Probenahmezeitpunkten ($\text{m}^3 \cdot \text{sec}^{-1}$). Werte von der jeweils nächstgelegenen Abflussmessstation der Landeshydrologie (Landeshydrologie, 1990).

Rhe-km	5. Jun	18. Jun	5. Jul	16. Jul	30. Jul	13. Aug	27. Aug	10. Sep	24. Sep	8. Okt	24. Okt
24	360	495	539	590	436	333	283	257	244	270	218
29	360	495	539	590	436	333	283	257	244	270	218
59	360	495	539	590	436	333	283	257	244	270	218
98	444	554	640	627	468	342	311	288	477	308	231
128	1164	1343	1686	1364	1091	725	713	654	1224	784	531
168	1343	1686	1364	1091	725	713	654	1224	784	531	

Tab. 1.4: Artenliste und Vorkommen des Zooplanktons in Hochrhein und Aare (Juni bis Oktober 1990).

Taxon/Probenstelle	0	2	3	5	A	8	10
Crustacea							
Unterklasse Phyllopoda							
<i>Daphnia galeata</i>	x	x	x			x	
<i>Daphnia hyalina</i>	x	x	x			x	
<i>Daphnia spec.</i>	x	x					
<i>Bosmina kessleri</i>	x				x		
<i>Bosmina longispina</i>	x	x	x		x	x	
<i>Bosmina longirostris</i>	x	x	x	x			x
<i>Eubosmina coregoni</i>		x					
<i>Alona quadrangularis</i>		x			x		
<i>Eurycercus lamellatus</i>	x						
<i>Leptodora kindtii</i>	x	x					
<i>Btythothrephes longimanus</i>	x	x					
Unterklasse Copepoda							
<i>Eudiaptomus gracilis</i>	x	x	x	x	x	x	x
<i>Cyclops spec.</i>	x	x	x	x	x	x	
<i>Cyclops spec. (praealpinus ?)</i>	x						
<i>Cyclops spec. (vicinus ?)</i>	x	x					
<i>Mesocyclops leuckartii</i>	x	x	x	x	x		
Unterklasse Ostracoda							
<i>Cypria ophthalmica ?</i>	x	x		x	x	x	x
Rotatoria							
<i>Keratella cochlearis</i>	x	x	x	x	x	x	x
<i>Keratella quadrata</i>	x	x	x	x	x	x	x
<i>Kellicottia longispina</i>	x	x	x	x	x	x	x
<i>Polyathra vulgaris</i>	x						x
<i>Brachionus spec.</i>	x	x					

Probenstellen:

<u>Bez.</u>	<u>Rhein-km</u>	<u>Ort</u>	<u>Bez.</u>	<u>Rhein-km</u>	<u>Ort</u>
0	024	Öhningen	A	Aare	Felsenau
2	029	Hemishofen	8	128	Sisseln
3	059	Ellikon	10	168	Basel
5	098	Rietheim			

ANHANG 2

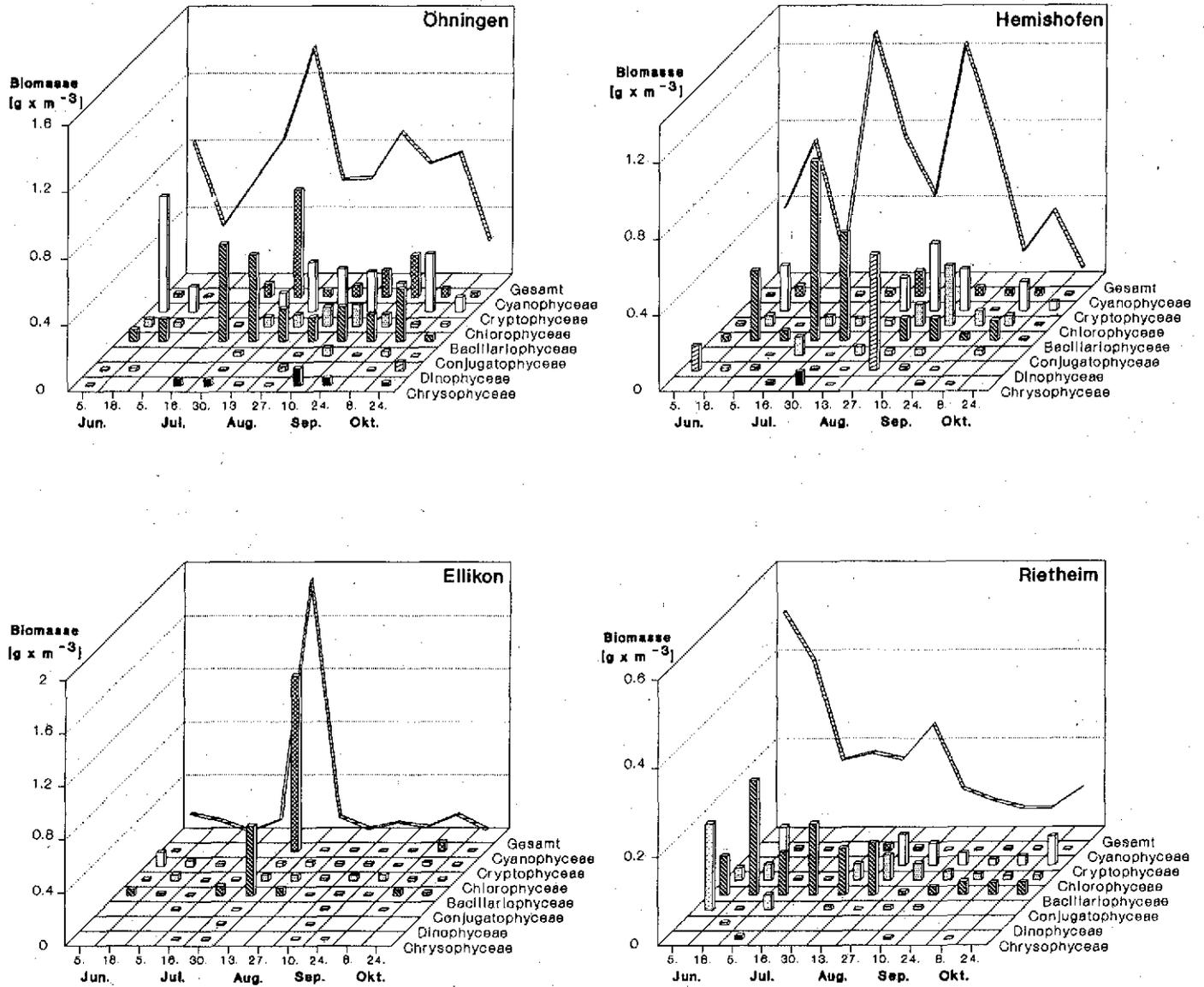


Abb. 2.1a: Anteil der Algengruppen an der Gesamtalgenbiomasse an den Probenahmestellen Öhningen (km 024), Hemishofen (km 029), Ellikon (km 059) und Rietheim (km 098) während des Untersuchungszeitraumes.

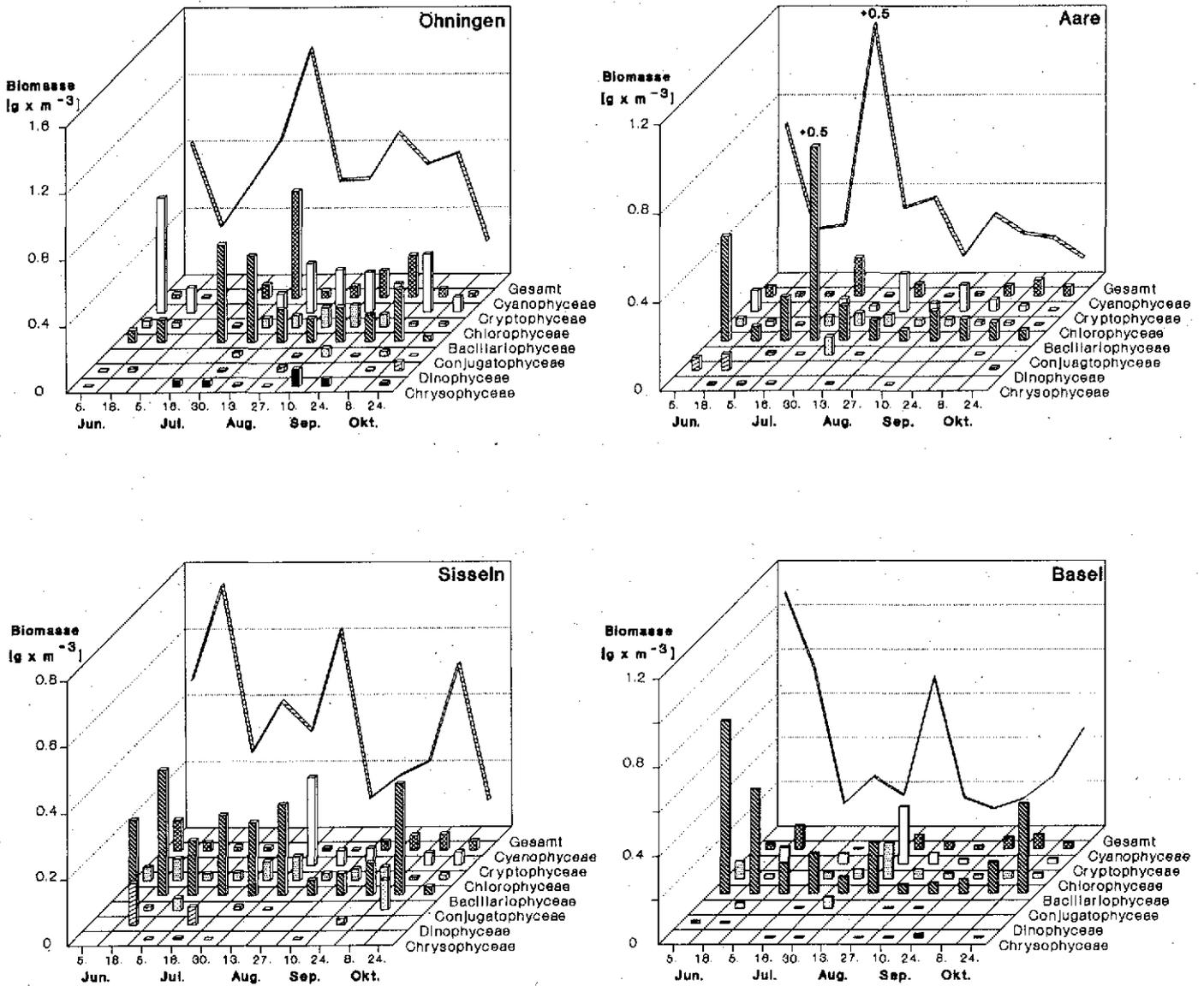
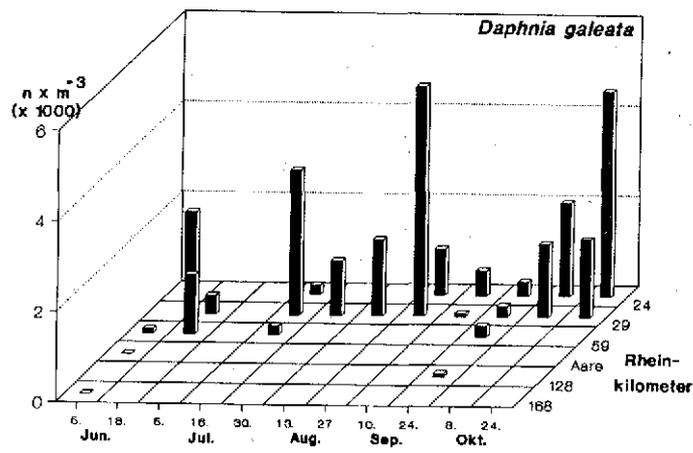
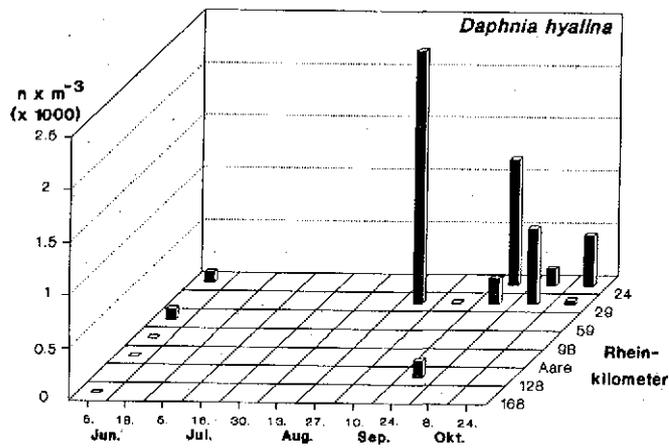


Abb. 2.1b: Anteil der Algengruppen an der Gesamtalgenbiomasse an den Probenahmestellen in der Aare, bei Sisseln (km 128) und bei Basel (km 168) während des Untersuchungszeitraumes; als Vergleich: Stelle Öhningen.

a:



b:



c:

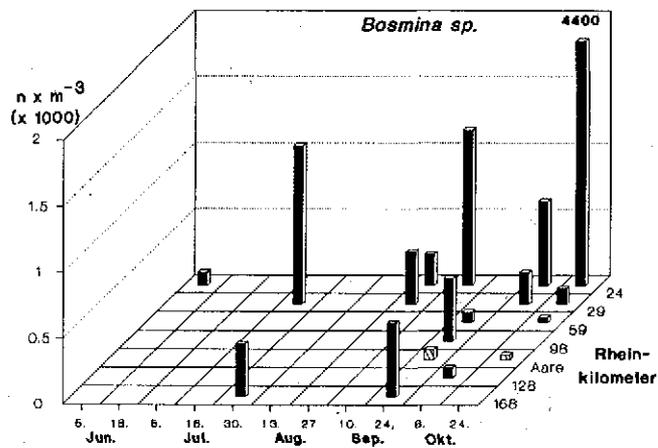
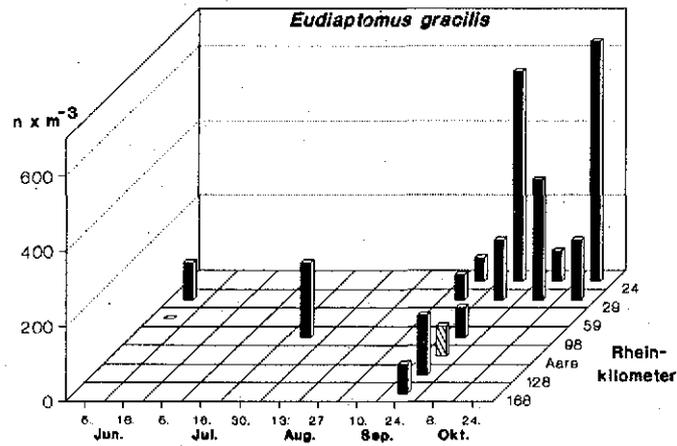
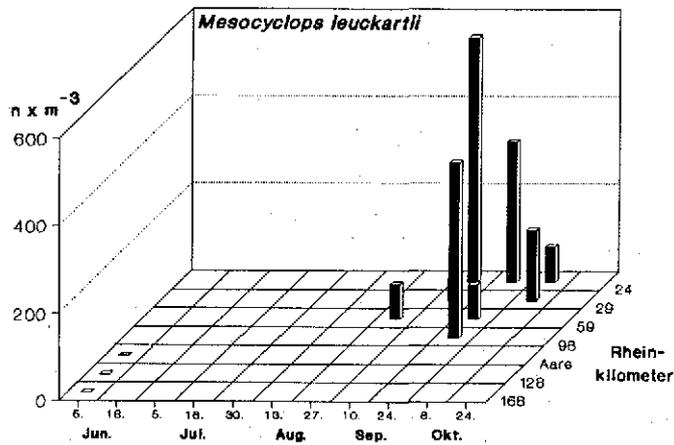


Abb. 2.2a-c: Saisonales und räumliches Vorkommen von *Daphnia galeata*, *Daphnia hyalina* und *Bosmina* sp. in Hochrhein und Aare (Individuenzahl pro m^3).

a:



b:



c:

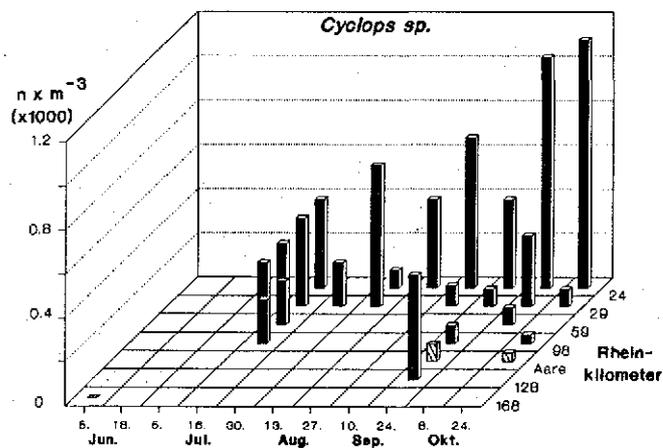
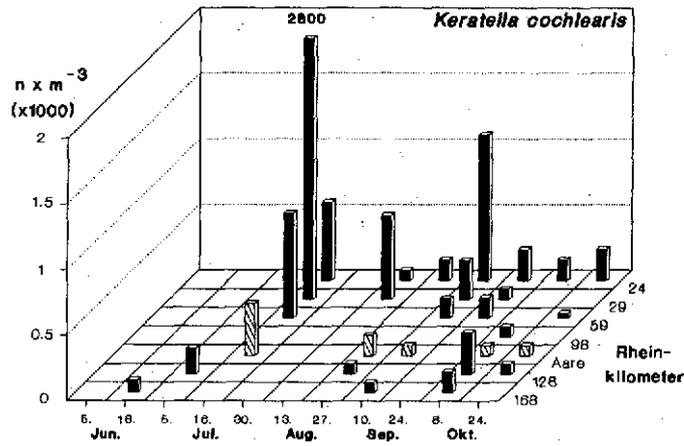
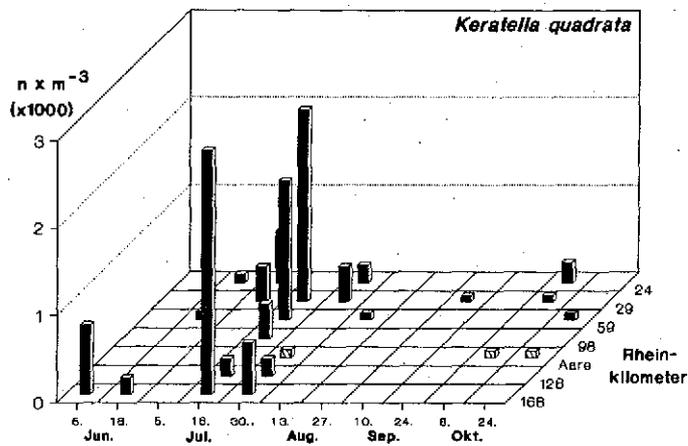


Abb. 2.3a-c: Saisonales und räumliches Vorkommen von *Eudiaptomus gracilis*, *Mesocyclops leuckartii* und *Cyclops sp.* in Hochrhein und Aare (Individuenzahl pro m^3).

a:



b:



c:

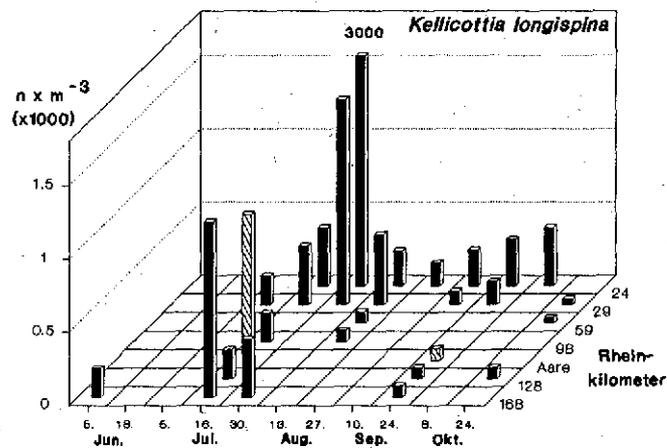
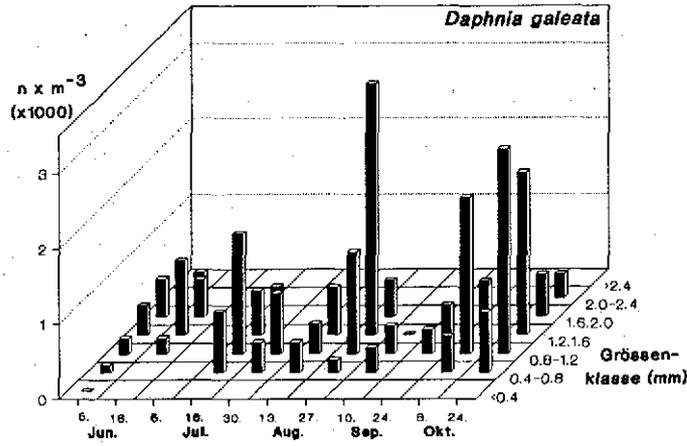
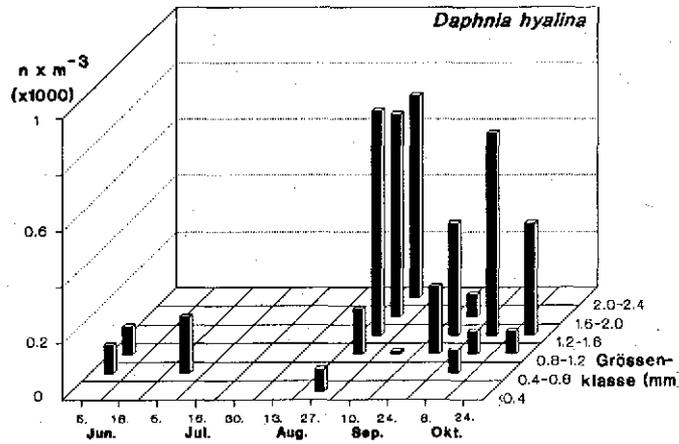


Abb. 2.4a-c: Saisonales und räumliches Vorkommen von *Keratella cochlearis*, *Keratella quadrata* und *Kellicottia longispina* in Hoahrhein und Aare (Individuenzahl pro m^3).

a:



b:



c:

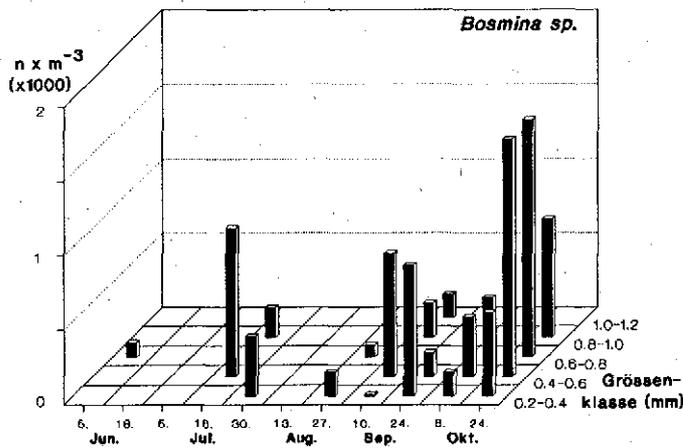
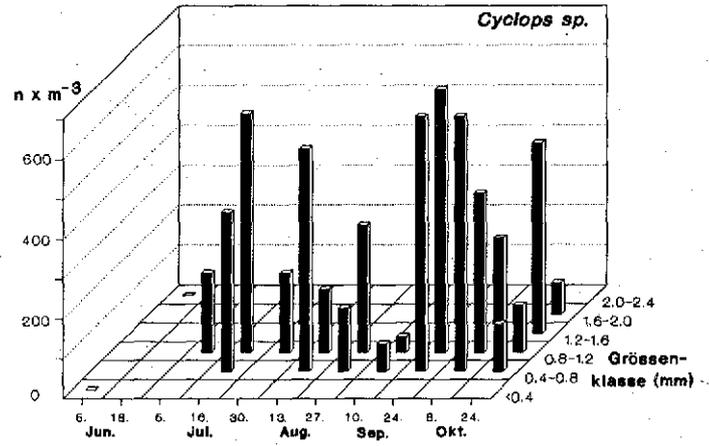
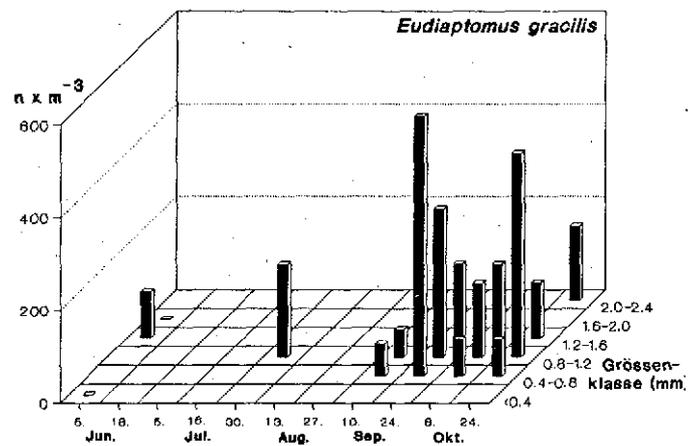


Abb. 2.5a-c: Frequenzverteilung der Größenklassen von *Daphnia galeata*, *Daphnia hyalina* und *Bosmina* sp. an den 11 Probenahmeterminen zwischen Juni und Oktober 1990.

a:



b:



c:

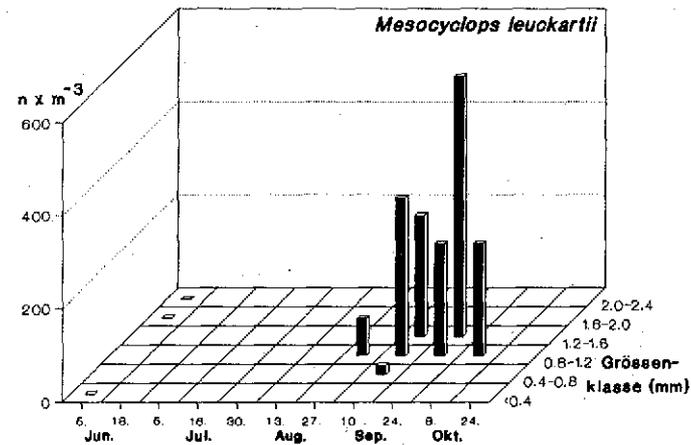
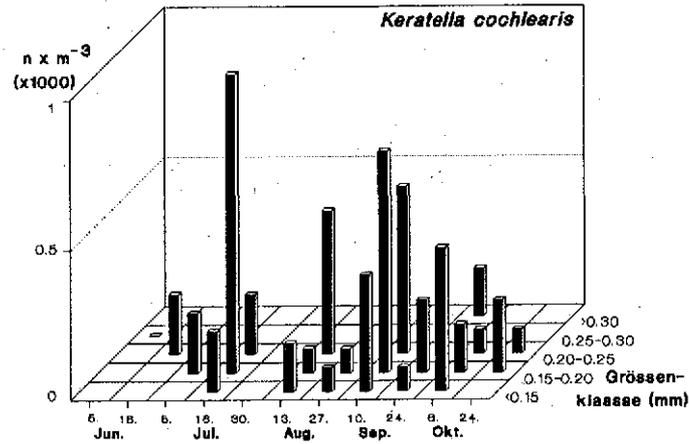
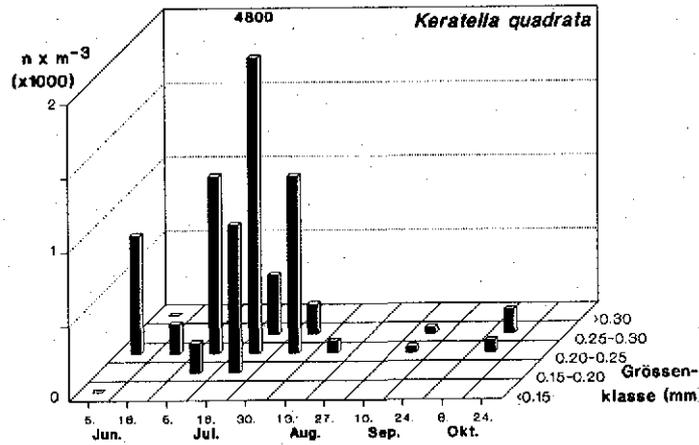


Abb. 2.6a-c: Frequenzverteilung der Größenklassen von *Cyclops sp.*, *Eudiaptomus gracilis* und *Mesocyclops leuckartii* an den 11 Probenahmenterminen zwischen Juni und Oktober 1990.

a:



b:



c:

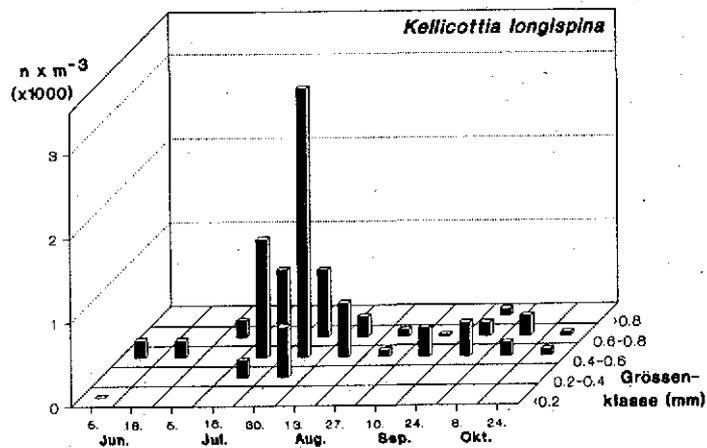


Abb. 2.7a-c: Frequenzverteilung der Grössenklassen von *Keratella cochlearis*, *Keratella quadrata* und *Kellicottia longispina* an den 11 Probenahmenterminen zwischen Juli und Oktober 1990.

ANHANG 3:

Tabelle 3.1
Artenspektrum des Plankton im Rhein bei Basel-Hünigen im historischen Vergleich

Taxa	LAUTERBORN 1905-1908						IFAH Konstanz				
	X	05	V	06	VII07	XI07	II08	VII08	VI - X 1990		
									min	max	\bar{x} [n · ml ⁻¹]
Cyanophyceae											
Chroococcales											
<i>Merismopedia</i> spp. 1	.	.	.	.	.	.	.	.	0	3	0
<i>Merismopedia</i> spp. 2	.	.	.	.	.	.	.	.	0	6680	643
Hormogonales											
<i>Anabaena flos-aquae</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	0	42	4
<i>Anabaena solitaria</i> var. <i>planc.</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	0	118	11
<i>Anabaena</i> spp.	.	.	.	.	.	.	.	.	0	47	4
<i>Oscillatoria agardhii</i> / <i>rubescens</i>	xxx	x	x	x	x	x	x	x	0	1438	292
<i>Oscillatoria limosa</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	0	14	1
<i>Oscillatoria redekei</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	0	92	10
Bacillariophyceae											
<i>Asterionella formosa</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	0	23	4
<i>Asterionella gracillima</i>	x	xx	xx	x	x	xx	.	.	.	.	.
<i>Fragillaria crotonensis</i>	x	xx	xx	xx	x	xx	.	.	0	168	25
<i>Cyclotella atomus</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	0	88	15
<i>Cyclotella bodanica</i>	x	x	.	.	x	x	.	.	.	.	.
<i>Cyclotella comta</i>	.	.	x	.	.	.	.	.	0	68	10
<i>Cyclotella melosiroides</i>	x	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Cyclotella socialis</i>	x	.	x	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Melosira crenulata</i>	.	x	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Melosira granulata</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	0	4	1
<i>Melosira gran.</i> var. <i>angustiss.</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	0	110	12
<i>Melosira italica</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	0	2	0
<i>Melosira tenuis</i>	x	.	.	.	.	.	.	.	0	110	12
<i>Melosira varians</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	0	176	0
<i>Navicula gregaria</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	0	32	6
<i>Navicula lanceolata</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	0	11	2
<i>Navicula tripunctata</i> / <i>gracilis</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	0	6	1
<i>Nitzschia acicularis</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	0	26	4
<i>Nitzschia intermedia</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	0	22	4
<i>Nitzschia lanceolatae</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	0	15	3

Tabelle 3.1 Fortsetzung

Artenspektrum des Plankton im Rhein bei Basel-Hüningen im historischen Vergleich

Taxa	LAUTERBORN 1905-1908						IFAH Konstanz		
	X 05	V 06	VII07	XI07	II08	VII08	VI - X 1990	min max \bar{x} [n · ml ⁻¹]	
<i>Nitzschia lineares</i>	.	.	.	.	.	.	0	53	8
<i>Nitzschia sigmoideae</i>	.	.	.	.	.	.	0	21	3
<i>Stephanodiscus astra</i>	.	XX	X	X	X	X	0	14	2
<i>Stephanodiscus hantzschii</i>	.	.	.	.	.	.	0	384	16
<i>Stephanodiscus neoastrea</i>	.	.	.	.	.	.	0	14	2
<i>Stephanodiscus parvus</i>	.	.	.	.	.	.	0	247	41
<i>Synedra acus</i>	.	.	.	.	.	.	0	5	0
<i>Synedra acus</i> var. <i>angustiss.</i>	.	.	.	.	.	.	0	0,2	0
<i>Synedra acus</i> var. <i>radians</i>	.	.	.	.	.	.	0	0,4	0
<i>Synedra delicatissima</i>	X	XX	XX	.	X	.	.	.	.
<i>Synedra ulna</i>	.	.	.	.	.	.	0	0,2	0
<i>Tabellaria fenestrata</i>	.	.	.	.	.	.	0	111	10
var. <i>asterionelloides</i>	XXX	XX	X	X	X	X	.	.	.
Chlorophyceae									
Volvocales									
<i>Chlamydomonas</i> spp.	.	.	.	.	.	.	0	58	15
Chlorococcales									
<i>Ankyra judayi</i>	.	.	.	.	.	.	0	5	0
<i>Chlorella</i> spp.	.	.	.	.	.	.	0	370	27
<i>Coelastrum</i> spp.	.	.	.	.	.	.	0	6	1
<i>Crucigenia</i> spp.	.	.	.	.	.	.	0	64	7
<i>Elakotothrix</i> spp.	.	.	.	.	.	.	0	0,8	0
<i>Eudorina elegans</i>	X	X	X	X	.	.	0	0	0
<i>Kirchneriella</i> ssp.	.	.	.	.	.	.	0	42	6
<i>Monoraphidium contortum</i>	.	.	.	.	.	.	0	63	2
<i>Monoraphidium minutum</i>	.	.	.	.	.	.	0	5	0
<i>Oocystis</i> spp.	.	.	.	.	.	.	0	121	23
<i>Pediastrum boryanum</i>	.	.	.	X	.	.	0	7	2
<i>Pediastrum duplex</i>	.	.	.	.	.	.	0	10	2
<i>Scenedesmus</i> spp.	.	.	.	.	.	.	0	179	36
<i>Tetrastrum</i> spp.	.	.	.	.	.	.	0	63	6
Konjugatophyceae									
<i>Closterium aciculare</i>	.	.	.	.	.	.	0	0,2	0

Tabelle 3.1 Fortsetzung
Artenspektrum des Plankton im Rhein bei Basel-Hüningen im historischen Vergleich

Taxa	LAUTERBORN 1905-1908						IFAH Konstanz		
	X 05	V 06	VII07	XI07	II08	VII08	VI - X 1990	min max \bar{x} [n · ml ⁻¹]	
<i>Closterium ac.var.variable</i>	.	.	.	.	.	.	0	2	0
<i>Closterium leibleinii</i>	.	.	.	.	.	.	0	0.2	0
<i>Cosmarium</i> spp.	.	.	.	.	.	.	0	0.4	0
<i>Staurastrum elegans</i>	.	.	.	X	.	.	.	.	.
<i>Staurastrum gracile</i>	.	.	.	.	.	X	.	.	.
<i>Staurastrum</i> spp.	.	.	.	.	.	.	0	2	0
Dinophyceae									
<i>Ceratium hirundinella</i>	XX	X	X	X	X	X	0	0.2	0
<i>Peridinium alatum</i>	.	X	.	.	.	.	.	.	.
<i>Peridinium cinctum</i>	.	.	X	.	.	.	.	.	.
<i>Peridinium maeandricum</i>	X	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Peridinium tabulatum</i>	.	.	.	X	.	.	.	.	.
<i>Gonyaulax apiculata</i>	X	.	.	.	.	.	.	.	.
Chrysophyceae									
<i>Dinobryon cylindricum</i>	.	X	.	.	.	.	.	.	.
<i>Dinobryon sertularia</i>	X	X	.	.	.	.	.	.	.
<i>Dinobryon divergens</i>	X	X	X	.	.	.	.	.	.
<i>Dinobryon</i> spp.	.	.	.	.	.	.	0	6	1
<i>Mallomonas</i> spp.	.	.	.	.	.	.	0	5	0
Cryptophyceae									
<i>Cryptomonas marssonii</i>	.	.	.	.	.	.	0	11	1
<i>Cryptomonas ovata</i>	.	.	.	.	.	.	0	73	9
<i>Rhodomonas lacustris</i>	.	.	.	.	.	.	0	389	54
<i>Rhodomonas m. var.nannopl.</i>	.	.	.	.	.	.	0	605	150
Rotatoria									
<i>Anapus ovalis</i>	.	.	.	.	.	X	.	.	.
<i>Synchaeta tremula</i>	.	X	.	.	.	.	.	.	.
<i>Polyathra platyptera</i>	X	.	X	.	X	.	.	.	.
<i>Polyathra</i> sp.	.	.	.	.	.	.	0	200	18
<i>Mastigocerca capucina</i>	X	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Keratella cochlearis</i>	X	X	.	.	.	X	0	160	45
<i>Keratella quadrata</i>	.	.	.	.	.	.	0	3000	409
<i>Anurea cochlearis macracantha</i>	.	X	.	X	.	.	.	.	.
<i>Anurea aculeata</i>	X	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Kellicottia longispina</i>	.	X	X	X	.	X	0	1200	149
<i>Notholca foliacea</i>	.	X	.	.	.	.	.	.	.
Crustaceen									
<i>Cyclops</i> - Nauplien	.	X	.	.	.	X	.	.	.
<i>Eudiaptomus gracilis</i>	.	.	.	.	.	.	0	80	7
<i>Bosmina longispina</i>	.	.	.	.	.	X	.	.	.
<i>Bosmina longispina/longirostris</i>	.	.	.	.	.	.	0	560	69

Tabelle 3.2.

Vergleich des Planktons des Bodensee-Rheins und der Aare am 28.04.1906, jeweils etwa 1 km oberhalb Zusammenfluß entnommen (aus LAUTERBORN 1910, verändert)

Taxa	Rhein	Aare
Bacillariophyceae		
<i>Asterionella gracillima</i>	XXXX	XX
<i>Cyclotella bodanica</i>	XX	
<i>Cyclotella melosiroides</i>	X	
<i>Cyclotella socialis</i>	X	
<i>Cyclotella schroeteri</i>	X	
<i>Diatoma vulgare</i>	X	
<i>Fragillaria crotonensis</i>	XX	XX
<i>Fragillaria virescens</i>	X	
<i>Gomphonema spec.</i>	XXX	
<i>Melosira islandica</i> var. <i>helvetica</i>		X
<i>Melosira tenuis</i>	X	
<i>Stephanodiscus astraes</i>		X
<i>Synedra delicatissima</i>	XX	XX
<i>Tabellaria fenestrata</i> var. <i>asterionelloides</i>	XXXX	
Cynaophyceae		
<i>Oscillatoria rubescens</i>		X
"Flagellaten"		
<i>Ceratium hirundella</i>	X	X
<i>Dinobryon cylindricum</i>	X	XX
<i>Dinobryon divergens</i>	X	
<i>Dinobryon sertularia</i>		X
<i>Peridinium willei</i>		X
Rotatoria		
<i>Anurea cochlearis</i>		X
<i>Polyarthra platyptera</i>		X
<i>Synchaeta pectinata</i>	X	
<i>Synchaeta tremula</i>		X
<i>Triarthra longiseta</i>	X	

Tabelle 3.3.

Überblick über die Zusammensetzung des dominierenden Phyto- und Zooplanktons (Abundanzkategorie 3 - 5 *) im Hochrhein zwischen Stein (SH) und Egli-sau im Laufe des 20. Jahrhunderts.

Taxa	JAAG 1938		IFAH 1991		
Untersuchungszeitraum	VI - X 1935		VI - X 1990		
Untersuchungsabschnitt	Steckborn	Schaffhausen	Öhningen	Hemis=Ellikonhofen	
PHYTOPLANKTON					
Bacillariophyceae					
<i>Asterionella formosa</i>	0-4	3-5	0-4	0-3	
<i>Cyclotella atomus</i>			0-3	0-4	
<i>Cyclotella bodanica</i>	1-4				
<i>Cyclotella comta</i>			0-3		
<i>Cyclotella socialis</i>	0-3				
<i>Cymatopleura solea</i>		0-3			
<i>Diatoma elongatum</i>			0-2		
<i>Diatoma vulgare</i>			0-2		
<i>Fragilaria capucina</i>	0-4				
<i>Fragilaria crotonensis</i>	2-4	3-5	0-4	0-5	0-5
<i>Fragilaria virescens</i>		2-3			
<i>Fragilaria</i> spp.			0-2	0-4	
<i>Melosira granulata</i>			0-4	0-4	0-4
<i>Melosira</i> g.var.ang.			0-4	0-4	
<i>Melosira islandica</i> var.helvetica		0-3			
<i>Melosira italica</i>		0-4	0-3		
<i>Melosira</i> spp.				0-5	
<i>Navicula gregaria</i>			0-2		
<i>Navicula lanceolata</i>			0-2		
<i>Nitzschia</i> spec.			0-3		
<i>Nitzschia acicularis</i>			0-3		
<i>Stephanodiscus</i>					
<i>astraea</i>	0-4	1-3			
<i>hantzschii</i>				0-3	
<i>St. parvus</i>			0-4	0-3	0-3
<i>Synedra a.</i> var.ang.	0-3	0-3			
Pennales			0-3	0-3	
Chlorophyceae					
<i>Ankyra judavi</i>			0-3	0-3	

Tabelle 3.3. Fortsetzung

Taxa Untersuchungszeitraum Untersuchungsabschnitt	JAAG 1938 VI - X 1935		IFAH 1991 VI - X 1990		
	Steckborn	Schaffhausen	Öhningen	Hemis- hofen	Ellikon
<i>Chlamydomonas</i> spp.			0-4	0-4	0-4
<i>Chlorella</i> spec.			0-5	0-5	0-4
<i>Dictyosphaerium ehrenbergianum</i>		0-3			
<i>Nephrocytium</i> spp.				0-3	
<i>Oocystis</i> spp.			0-3	0-4	0-3
<i>Pediastrum boryanum</i>			0-3	0-3	0-4
<i>Phacotus lendneri</i>			0-3		
<i>Scenedesmus</i> spp.			0-4	0-4	0-3
<i>Spaerocystis schroeteri</i>		3-4			
Cyanophyceae					
<i>Anabaena flos-aquae</i>		1-3		0-4	
<i>Anabaena solitaria</i> var. <i>planctonica</i>			0-4	0-4	
<i>Aphanizomenon flos aquae</i>			0-4		
<i>Chroococcus</i> <i>limneticus</i>			0-4	0-3	
<i>Gomphosphaeria lacustris</i>		2-3			
<i>Merismopedia</i> spp.			0-5	0-4	
<i>Microcystis aeruginosa</i>				0-4	0-5*
<i>Microcystis</i> spp.				0-5	0-5
<i>Oscillatoria agardhii</i> / <i>rubescens</i> <i>redekei</i>			0-4	0-5	0-4
Chrysophyceae					
<i>Dinobryon divergens</i>		2-3			
<i>Dinobryon stipitatum</i>	2-4	3-5			
<i>Dinobryon sociale</i>	2-3	3-4			
<i>Dinobryon sertularia</i>	0-3				
<i>Dinobryon</i> spp.			0-3	0-3	
<i>Synura</i> spp.				0-3	
Konjugatophyceae					
<i>Mougeotia</i> spp.				0-3	
Dinophyceae					
<i>Ceratium hirundinella</i>	3-4	0-4			
<i>Glenodinium</i> spec.	2-3				
<i>Gymnodinium</i> spp.				0-3	
<i>Perdinium cinctum</i>	2-3	0-3			
Cryptophyceae					
<i>Cryptomonas ovata</i>			0-4	0-4	0-3
<i>Rhodomonas minuta</i>			0-5	0-5	0-4
<i>Rhodomonas min.</i> var. <i>nannopl.</i>			0-4	0-5	0-4

Tabelle 3.4.

Vergleich der Angaben von CZERNIN-CHUDENITZ (1958) zum Phyto- und Zooplankton im Hochrhein 1955/1956 mit Ergebnissen aus den Planktonuntersuchungen im Rahmen des Aktionsprogramm Rhein 1990

(Ni.a. = *Nitzschia acicularis*, Sc. = *Scenedesmus spec.*, Fl. = Flagellatae)

Probenstelle	CRZERNIN-CHUDENITZ 1955/56			IFAH Konstanz 1990		
	durchschnittliche Zellzahl pro ml					
	Ni.a.	Sc.	Fl.	Ni.a.	Sc.	Fl.
Untersee (Wangen)	10	0	170	-	-	-
Untersee (Öhningen)	-	-	-	<1	35	115
Rhein (Hemishofen)	-	-	-	<1	15	105
Rhein (Ellikon)	-	-	-	0	5	30
Rhein (Kaiserstuhl)	15	0	75	-	-	-
Rhein uh. Ginsheim	20	0	80	-	-	-
Rhein (Rietheim)	-	-	-	5	15	25
Rhein (Kadelburg)	25	0	100	2	10	50
Aare bei Felsenau	-	-	-	2	11	50
Rhein oh. Laufenburg	25	0	170	-	-	-
Rhein bei Sisseln	-	-	-	5	25	60
Rhein uh. Säckingen	30	0	175	-	-	-
Rhein oh. Rheinfeldern	40	0	130	-	-	-
Rheinhafen St. Joh.	-	-	-	5	45	55
Restrhein (Istein)	310	0	220	-	-	-

Tabelle 3.5.

Artenzusammensetzung von Phyto- und Zooplankton im Bodensee und Seeabfluß

(Zahlenangaben = Zellzahl ml⁻¹)

CZERNIN-CHUDENITZ (Nov.1955) IfAK (Okt.1990)

	Konstanzer Trichter	Seerhein Ende	Untersee Gaienhofen	Untersee Wangen	Untersee Öhningen	Hemis- hofen
--	------------------------	------------------	------------------------	--------------------	----------------------	-----------------

PHYTOPLANKTON**Bacillariophyceae**

<i>Asterionella formosa</i>	x	x	.	x	5	2
<i>Cocconeis placentula</i>	x	x	.	.	.	.
<i>Cyclotella atomus</i>	.	.	.	.	2	.
<i>Cyclotella comta</i>	.	6	.	.	.	2
<i>Cyclotella spec.</i>	.	.	.	.	2	.
<i>Cymbella cistula</i>	.	.	.	x	.	.
<i>Cymbella ehrenbergi</i>	.	x	.	.	.	.
<i>Cymbella prostrata</i>	x	x	.	.	.	.
<i>Diatoma elongatum</i>	x	x	.	.	2	2
<i>Diatoma vulgare</i>	x	x	.	.	7	2
<i>Epithemia intermedia</i>	x	x	.	.	.	.
<i>Fragilaria capucina</i>	.	.	.	x	.	.
<i>Fragilaria crotonensis</i>	214	x	.	x	5	6
<i>Fragilaria spp.</i>	.	x	.	.	.	.
<i>Melosira granulata</i>	.	.	.	.	46	16
<i>Melosira g.var.ang.</i>	.	.	.	.	72	15
<i>Melosira islandica</i>	.	.	.	x	.	.
<i>Melosira italica</i>	.	.	.	.	18	7
<i>Melosira spp.</i>	.	.	.	.	2	1
<i>Navicula gregaria</i>	.	.	.	.	.	1
<i>Navicula lanceolata</i>	.	.	.	.	2	3
<i>Navicula radiosa</i>	.	x	.	.	.	.
<i>Navicula spp.</i>	16	x	.	.	11	16
<i>Nitzschia acicularis</i>	x	x	.	.	21	1
<i>Nitzschia dissipata</i>	.	x	.	.	.	.
<i>Nitzschia lineares</i>	x	x	.	.	<1	1
<i>Nitzschia sinuata v.tabell.</i>	.	x	.	.	.	.
<i>Stauroneis poenicentr.</i>	x	x	.	.	.	.
<i>Stephanodiscus</i>						
<i>astraea</i>	15	x	.	.	.	.
<i>hantzschii</i> (Fk)	.	.	.	.	10	2
<i>St. parvus</i> (Fk)	.	.	.	.	7	12

Tabelle 3.5. Fortsetzung

Artenzusammensetzung von Phyto- und Zooplankton im Bodensee und Seeabfluß
(Zahlenangaben = Zellzahl ml⁻¹)

CZERNIN-CHUDENITZ (Nov.1955) IFAK (Okt.1990)
Konstanzer Seerhein Untersee Untersee Untersee Hemis=
Trichter Ende Galenhofen Wangen Öhningen hofen

	Konstanzer Trichter	Seerhein Ende	Untersee Galenhofen	Untersee Wangen	Untersee Öhningen	Hemis= hofen
<i>St. neocastrea</i>					3	
<i>Synedra acus</i>				x		
<i>Synedra a.var.ang.</i>					<1	
<i>Synedra a.var.rad.</i>						<1
<i>Tabellaria fenestrata</i>	846	964	210	50		
Pennales					2	
Chlorophyceae						
Volvocales						
<i>Chlamydomonas</i>					28	13
<i>Ankyra judayii</i>					4	1
<i>Chlorella spec.</i>					15	34
<i>Coelastrum spp.</i>					3	
<i>Kirchneriella spp.</i>					2	
<i>Lagerheimia spp.</i>					2	
<i>Oocystis plactonia</i>		x				
<i>Oocystis solitaria</i>		x				
<i>Oocystis spp.</i>					7	4
<i>Pediastrum boryanum</i>					2	
<i>tetras</i>	x	x				
<i>Scenedesmus spp.</i>	x	x			2	4
<i>Tetraedron spp.</i>						1
Cyanophyceae						
Chroococcales						
<i>Chroococcus</i>						
<i>limneticus</i>						21
<i>turgidus</i>		x				
<i>spp.</i>					8	
<i>Merismopedia spp.</i>	x	x			128	
Chroococcales ,					14	
sonstige						
Hormogonales						
<i>Anabaena flos-aquae</i>			x			
<i>spiroides</i>	x	x				

Tabelle 3.5. Fortsetzung

Artenzusammensetzung von Phyto- und Zooplankton im Bodensee und Seeabfluß
(Zahlenangaben = Zellzahl ml⁻¹)

CZERNIN-CHUDENITZ (Nov.1955) IfAK (Okt.1990)
Konstanzer Seerhein Untersee Untersee Untersee Hemis=
Trichter Ende Gaienhofen Wangen Öhningen hofen

<i>Oscillatoria agardhii/</i>						
<i>rubescens</i>					52	14
<i>Osc. limosa</i>					.	8
<i>Osc. redekei</i>					144	62
Hormogonales,						
sonstige					97	17
Chrysophyceae						
<i>Mallomonas</i> spp.					3	.
übrige					2	.
Konjugatophyceae						
<i>Closterium aciculare</i>					<1	<1
<i>Closterium leibleni</i>	x	x			.	.
<i>Staurastrum</i> spp.	x	x		x	.	.
<i>Spirogyra</i> spp.				x	1	1
Dinophyceae						
<i>Gymnodinium</i> spp.	x	x			2	.
Cryptophyceae						
<i>Cryptomonas ovata</i>					92	.
<i>Rhodomonas minuta</i>					69	.
<i>Rh.n. var.nannopl.</i>					62	.
Cryptophyceae,übrige					4	.
ZOOPLANKTON						
<i>Daphnia cucullata</i>	x	x		x	.	.
<i>Daphnia longispina</i>				x	.	.
<i>Daphnia long. galeata</i>					x	x
<i>Daphnia long. hyalina</i>					x	x
<i>Bosmina coregoni</i>	x	x		x	.	.
<i>Bosmina longirostris</i>					x	x
<i>Bosmina longispina</i>					x	x
<i>Alona quadrangularis</i>					.	x
<i>Brachionus spec.</i>					.	x

Tabelle 3.5. Fortsetzung

Artenzusammensetzung von Phyto- und Zooplankton im Bodensee und Seeabfluß
(Zahlenangaben = Zellzahl ml⁻¹)

CZERNIN-CHUDENITZ (Nov.1955) IfAK (Okt.1990)
Konstanzer Seerhein Untersee Untersee Untersee Hemis=
Trichter Ende Gaienhofen Wangen Öhningen hofen

	Konstanzer Seerhein	Untersee	Untersee	Untersee	Hemis= Trichter	Ende	Gaienhofen	Wangen	Öhningen	hofen
<i>Leptodora kindtii</i>	X
<i>Polyphemus pediculus</i>	X
<i>Cyclops praealpinus</i> ?	X
<i>Cyclops vicinus</i> ?	X
<i>Cyclops strenuus</i>	X
<i>Mesocyclops leuckartii</i>	X
<i>Eudiaptomus gracilis</i>	X	X	.	.	.	.	X	.	.	X
<i>Acanthodiptomus dentic.</i>	X	.	.	.
<i>Kellicottia longispina</i>	X
<i>Keratella cochlearis</i>	X
<i>Keratella quadrata</i>	X
<i>Keratella stipitata</i>	X	X	.	.	.	.	X	.	.	.

Tabelle 3.6.

Artenzusammensetzung von Phyto- und Zooplankton im Hochrhein oberhalb der Aare (Zahlenangaben in Zellzahl / ml)

Taxa	CZERNIN - CHUDENITZ (Nov.1955)			IFAH (Okt.1990)	
	Kaiser= stuhl	uh.Lien= heim	Kadel= burg	Ellikon	Rietheim
PHYTOPLANKTON					
Bacillariophyceae					
<i>Asterionella formosa</i>	2	.	2	<1	.
<i>Cyclotella atomus</i>	.	.	.	3	2
<i>Cyclotella spec.</i>	x	.	.	<1	<1
<i>Diatoma vulgare</i>	.	x	13	3	1
<i>Fragilaria crotonensis</i>	.	.	.	1	.
<i>Fragilaria spp.</i>	.	.	.	.	<1
<i>Melosira granulata</i>	.	.	3	.	1
<i>Melosira g. var. ang.</i>	.	.	.	2	3
<i>Melosira italica</i>	.	.	.	2	.
<i>Navicula gregaria</i>	.	.	.	3	1
<i>Navicula lanceolata</i>	.	.	.	4	4
<i>Navicula spp.</i>	.	5	.	14	10
<i>Nitzschia acicularis</i>	12	15	18	.	4
<i>Nitzschia linearis</i>	.	x	x	3	9
<i>Stephanodiscus</i>					
<i>dubius</i>	x	.	.	.	.
<i>hantzschii</i> (FK)	.	.	.	6	19
<i>St. parvus</i>	.	.	.	7	6
<i>Synedra acus</i>	.	.	2	.	.
<i>Synedra ulna</i>	x	.	6	.	.
<i>Tabellaria fenestrata</i>	50	33	45	1	.
Chlorophyceae					
Volvocales					
<i>Chlamydomonas spec.</i>	.	.	.	23	8
Chlorococcales					
<i>Chlorella spec.</i>	.	.	.	85	.
<i>Oocystis spp.</i>	.	.	.	6	22
<i>Pediastrum boryanum</i>	.	.	.	.	2
<i>Scenedesmus spp.</i>	.	.	.	4	.
Cyanophyceae					

Tabelle 3.6. Fortsetzung

Artenzusammensetzung von Phyto- und Zooplankton im Hochrhein oberhalb
der Aare (Zahlenangaben in Zellzahl / ml)

Taxa	CZERNIN - CHUDENITZ (Nov.1955)			IFAH (Okt.1990)	
	Kaiser= stuhl	uh.Lien= heim	Kadel= burg	Ellikon	Rietheim
Chroococcales					
<i>Chroococcus</i>					
<i>limneticus</i>					1
spp.				21	<1
<i>Merismopedia</i> spp.				76	
Hormogonales					
<i>Oscillatoria limosa</i>				13	
<i>Osc. redekei</i>				8	5
Chrysophyceae					
<i>Dinobryon</i> spp.	x				
Konjugatophyceae					
<i>Closterium leiblei</i>	x				
<i>Staurastrum</i> spp.	x				
Cryptophyceae					
<i>Cryptomonas</i>					
<i>Cr. ovata</i>				8	16
<i>Rhodomonas lacustris</i>				15	10
<i>Rh.n. var.nannopl.</i>				17	9
Rhodopycea					
<i>Bangia artropurpurea</i>	x				
ZOOPLANKTON					
<i>Bosmina longispina</i>				x	
<i>Cyclops</i> spec.				x	x
<i>Keratella cochlearis</i>				x	x
<i>Keratella quadrata</i>				x	
<i>Kelicottia longispina</i>	x		x	x	

Tabelle 3.7.

Artenzusammensetzung von Phyto- und Zooplankton im Hochrhein unterhalb der Aare (Zahlenangaben in Zellzahl / ml)

Taxa	CZERNIN - CHUDENITZ (Nov.1955)				IFAH (Okt.1990)	
	uh.Walds- hut	oh.Lau- fenburg	oh.Säckin- gen	oh.Rhein= felden	Sisseln Hafen	St.Joh.
PHYTOPLANKTON						
Bacillariophyceae						
<i>Asterionella formosa</i>	.	.	.	x	5	4
<i>Cyclotella comensis</i>	.	.	x	.	.	.
<i>Cyclotella comta</i>	.	x	.	.	4	5
<i>Cyclotella spec.</i>	2	.
<i>Diatoma elongatum</i>	1	.
<i>Diatoma vulgare</i>	<1
<i>Fragilaria crotonensis</i>	xx	.	.	x	13	11
<i>Fragilaria spp.</i>	.	.	.	x	.	.
<i>Melosira granulata</i>	3
<i>Melosira g.var.ang.</i>	.	.	.	x	52	47
<i>Melosira spp.</i>	1
<i>Navicula gregaria</i>	3	.
<i>Navicula lanceolata</i>	2	.
<i>Navicula spp.</i>	7	5
<i>Nitzschia acicularis</i>	xx	.	.	.	.	2
<i>Nitzschia lineares</i>	3
<i>Stephanodiscus</i>						
<i>astraea</i>	.	x	x	.	.	.
<i>hantzschii</i>	8	22
<i>St. parvus</i>	2	.
<i>Synedra acus</i>	.	.	.	x	.	13
<i>Synedra a.var.ang.</i>	.	.	.	x	.	.
<i>Synedra a.var.rad.</i>	<1	<1
<i>Tabellaria fenestrata</i>	xx	15	.	x	4	54
Chlorophyceae						
Volvocales						
<i>Chlamydomonas</i>	13	.
<i>Chlorella spec.</i>	9	20
<i>Crucigenia spp.</i>	11	.
<i>Monoraphidium</i>						
<i>contortum</i>	8
<i>Oocystis spp.</i>	2	10
<i>Scenedesmus spp.</i>	6	7

Tabelle 3.8.

Überblick über die Zusammensetzung des Phyto- und Zooplanktons im Hochrhein
im Laufe des 20. Jahrhunderts

Taxa	LAUTER- BORN	CZERNIN- CHUDENITZ	BACKHAUS &KEMBALL	IFAH (AR)
Untersuchungsjahr	1900-1910?	1955/56	1974 *)	1990
PHYTOPLANKTON				
Bacillariophyceae				
<i>Achnanthes</i> spec.		x		
<i>Amphora</i> spec.				x
<i>Asterionella formosa</i>		x		x
<i>Asterionella gracillima</i>	x			
<i>Cocconeis</i> spec.			x	x
<i>Cyclotella atomus</i>				
<i>Cyclotella bodanica</i>	x			x
<i>Cyclotella comensa</i>		x		
<i>Cyclotella comta</i>		x		x
<i>Cyclotella melosiroides</i>	x			
<i>Cyclotella socialis</i>	x	x		
<i>Cyclotella schroeteri</i>	x			
<i>Cyclotella</i> spec.		x		
<i>Cymatopleura solea</i>				x
<i>Diatoma elongatum</i>				x
<i>Diatoma grande</i> v. <i>linearis</i>	x			
<i>Diatoma vulgare</i>	x	x	x	x
<i>Eucocconeis flexella</i>	x			
<i>Fragilaria capucina</i>				x
<i>Fragilaria crotonensis</i>	x	x	x	x
<i>Fragilaria intermedia</i>		x		
<i>Fragilaria virescens</i>	x			
<i>Fragilaria</i> spp.				
<i>Gomphonema intricatum</i>	x			
<i>Gomphonema</i> spp.	x			x
var. <i>calcareum</i>	x			
<i>Gomphonema olivaceum</i>			x	
<i>Gyrosigma</i> spp.				x
<i>Melosira granulata</i>		x	x	x
<i>Melosira</i> g. var. <i>ang.</i>				x
<i>Melosira islandica</i> v. <i>helv.</i>	x		x	

Tabelle 3.8. (Fortsetzung)
 Überblick über die Zusammensetzung des Phyto- und Zooplanktons im Hochrhein
 im Laufe des 20. Jahrhunderts

Taxa	LAUTER- BORN	CZERNIN- CHUDENITZ	BACKHAUS &KEMBALL	IFAH (AR)
Untersuchungsjahr	1900-1910?	1955/56	1974 *)	1990
<i>Melosira italica</i>				X
<i>Melosira tenuis</i>	X			
<i>Melosira varians</i>		X		X
<i>Melosira</i> spp.				
<i>Meridion circulare</i>				X
<i>Navicula gregaria</i>				X
<i>Navicula lanceolata</i>				X
<i>Navicula tripunctata/ gracilis</i>				X
<i>Navicula</i> spp.		X	X	
<i>Nitzschia</i> spec.		X		
<i>Nitzschia acicularis</i>		X	X	X
<i>Nitzschia actinastroides</i>				X
<i>Nitzschia dissipata</i>		X		X
<i>Nitzschia fruticosa</i>			X	
<i>Nitzschia intermedia</i>				X
<i>Nitzschia lanceolatae</i>				X
<i>Nitzschia linearis</i>		X		X
<i>Nitzschia monachorum</i>				X
<i>Nitzschia palea</i>		X		
<i>Nitzschia sigmoidea</i>				X
<i>Rhoicosphenia</i> spp.				X
<i>Rhoicosphenia curvata</i>		X		
<i>Stephanodiscus</i>		X	X	
<i>astraea</i>		X		
<i>dubius</i>		X		
<i>hantzschii</i>			X	X
<i>St. parvus</i>				X
<i>St. neocatsrea</i>				X
<i>Suriella</i> spp.				X
<i>Synedra acus</i>		X		X
<i>Synedra a.var.ang.</i>		X		X
<i>Synedra a.var.rad.</i>				X
<i>Synedra delicatissima</i>	X			

Tabelle 3.8. (Fortsetzung)

Überblick über die Zusammensetzung des Phyto- und Zooplanktons im Hochrhein
im Laufe des 20. Jahrhunderts

Taxa	LAUTER= BORN	CZERNIN- CHUDENITZ	BACKHAUS &KEMBALL	IFAH (AR)
Untersuchungsjahr	1900-1910?	1955/56	1974 *)	1990
<i>Synedra ulna</i>	x	x		
<i>Synedra ulna</i> var. <i>oxyrhynchus</i>		x		
<i>Tabellaria fenestrata</i>	x	x	x	x
Pennales				
Chlorophyceae				
<i>Actinastrum hantzschii</i>			x	x
<i>Ankistrodesmus falcatus</i>		x	x	x
<i>Ankyra judavi</i>				x
<i>Chlamydomonas reinhardi</i>				x
<i>Chlamydomonas</i> spp.				x
<i>Chlorella</i> spec.				
<i>Chlorella vulgaris</i>				x
<i>Chlorobium</i> spp.				x
<i>Closteriopsis longitissima</i>				x
<i>Coelastrum</i> spp.				
<i>Coelastrum asteroideum</i>				x
<i>Coelastrum cambricum</i>				x
<i>Coelastrum microporum</i>				x
<i>Crucigenia</i> spp.				
<i>Crucigenia tetrapedia</i>				x
<i>Crucigeniella rectangularis</i>				x
<i>Elakatothrix</i> spp.				
<i>Elakatothrix gelatinosa</i>				x
<i>Eutetramorus fottii</i>				x
<i>Haematococcus pluvialis</i>				x
<i>Kirchneriella</i> spp.				
<i>Kirchneriella obesa</i>				x
<i>Korshikoviella gracilepes</i>				x
<i>Lagerheimia</i> spp.				
<i>Lagerheimia ciliata</i>				x
<i>Lagerheimia tetradiensis</i>				x
<i>Monoraphidium</i> <i>contortum</i>				x

Tabelle 3.8. (Fortsetzung)
 Überblick über die Zusammensetzung des Phyto- und Zooplanktons im Hochrhein
 im Laufe des 20. Jahrhunderts

Taxa	LAUTER- BORN	CZERNIN- CHUDENITZ	BACKHAUS &KEMBALL	IFAH (AR)
Untersuchungsjahr	1900-1910?	1955/56	1974 *)	1990
<i>griffithii</i>				X
<i>minutum</i>				X
<i>Nephrocytium</i> spp.				
<i>Nephrocytium agardhianum</i>				X
<i>Oocystis</i> spp.				
<i>Oocystis lacustris</i>				X
<i>Oocystis marssonii</i>				X
<i>Oocystis naegelii</i>				X
<i>Pandorina morum</i>				X
<i>Pediastrum boryanum</i>				X
<i>duplex</i>				X
<i>tetras</i>				X
<i>Phacotus lendneri</i>				X
<i>Phacotus lenticularis</i>				X
<i>Planktospaeria</i> spp.				X
<i>Pseudosphaecocystis lacustris</i>				X
<i>Schroederia indica</i>				X
<i>Schroederia setigera</i>				X
<i>Scenedesmus</i> spp.			X	
<i>Scenedesmus acuminatus</i>				X
<i>Scenedesmus acutus</i>				X
<i>Scenedesmus a. var. acutus</i>				X
<i>Scenedesmus armatus</i>				X
<i>Scenedesmus caudatum</i>				X
<i>Scenedesmus ecornis</i>				X
<i>Scenedesmus linearis</i>				X
<i>Scenedesmus obtusus</i>				X
<i>Scenedesmus opoliensis</i>				
var. <i>bicaudatus</i>				X
<i>Scenedesmus quadricauda</i>				X
<i>Scenedesmus suspicatus</i>				X
<i>Spaerocystis schroeteri</i>				X
<i>Tetrachlorella alternans</i>				X
<i>Tetraedron</i> spp.				

Tabelle 3.8. (Fortsetzung)

Überblick über die Zusammensetzung des Phyto- und Zooplanktons im Hochrhein
im Laufe des 20. Jahrhunderts

Taxa	LAUTER- BORN	CZERNIN- CHUDENITZ	BACKHAUS &KEMBALL	IFAH (AR)
Untersuchungsjahr	1900-1910?	1955/56	1974 *)	1990
<i>Tetraedron minimum</i>				X
<i>Tetrastrum komarecki</i>				X
<i>Tetrastrum triangulare</i>				X
<i>Willea irregularis</i>				X
Cyanophyceae				
<i>Anabaena cicinalis</i>				X
<i>Anabaena flos-aquae</i>				X
<i>Anabaena solitaria</i> var. <i>planctonica</i>				X
<i>Anabaena solitaria</i>				X
<i>Anabaena spiroides</i>				X
<i>Aphanizomenon flos aquae</i>			X	X
<i>Aphanocapsa delicatissima</i>				X
<i>Aphanocapsa</i> spec.		X		
<i>Chroococcus</i>				
<i>limneticus</i>				X
<i>minutus</i>			X	X
spp.				
<i>Coelosphaerium</i> spp.				X
<i>Hetrothrix</i> spec.			X	
<i>Lyngbya</i>		X		
<i>Lyngbaea limnetica</i>				X
<i>Merismopedia</i> spp.				
<i>Merismopedia glauca</i>				X
<i>Microcystis aeruginosa</i>				X
<i>Microcystis incerta</i>				X
<i>Oscillatoria agardhii</i>		X		X
<i>limosa</i>		X		X
<i>redekei</i>				X
<i>rubescens</i>	X	X	X	X
<i>Pseudanabaena</i> spec.			X	
<i>Pseudanabaena catenata</i>				X
<i>Synechococcus linearis</i>				X

Tabelle 3.8. (Fortsetzung)
 Überblick über die Zusammensetzung des Phyto- und Zooplanktons im Hochrhein
 im Laufe des 20. Jahrhunderts

Taxa	LAUTER= BORN	CZERNIN- CHUDENITZ	BACKHAUS &KEMBALL	IFAH (AR)
Untersuchungsjahr	1900-1910?	1955/56	1974 *)	1990
Chrysophyceae				
<i>Chromulina</i> spp.				X
<i>Chromulina globosa</i>				
<i>Chrysarachninon insidicus</i>				X
<i>Dinobryon</i> spp.	X	X		
<i>Dinobryon cylindricum</i>	X			
<i>Dinobryon divergens</i>	X			X
<i>Dinobryon stipatum</i>		X		
<i>Mallomonas</i> spp.				
<i>Mallomonas acaroides</i>				X
<i>Mallomonas akromos</i>				X
<i>Synura uvella</i>				X
Konjugatophyceae				
<i>Closterium aciculare</i>				X
<i>Closterium acutum</i>				X
<i>Closterium</i> a.var.variabile				X
<i>Closterium leibleni</i>		X		X
<i>Closterium pronom</i>				X
<i>Cosmarium</i> spp.				
<i>Cosmarium depressum</i> var. <i>planctonicum</i>				X
<i>Cosmarium subcostatum</i> <i>forma minor</i>				X
<i>Mougeotia viridis</i>				X
<i>Staurastrum</i> spp.		X		
<i>Staurastrum cingulum</i>		X		X
<i>Spirogyra</i> spp.				X
Euglenophyceae				
<i>Euglena gracilis</i>				X
Dinophyceae				
<i>Ceratium</i> spec.	X			
<i>Ceratium hirnudina</i>	X			X
<i>Gymnodinium</i> spp.				
<i>Gymnodinium helveticum</i>				X

Tabelle 3.8. (Fortsetzung)

Überblick über die Zusammensetzung des Phyto- und Zooplanktons im Hochrhein
im Laufe des 20. Jahrhunderts

Taxa	LAUTER- BORN	CZERNIN- CHUDENITZ	BACKHAUS &KEMBALL	IFAH (AR)
Untersuchungsjahr	1900-1910?	1955/56	1974 *)	1990
<i>Gymnodinium lantzschii</i>				X
<i>Peridinium</i> spp.				X
<i>Peridinium willei</i>		X		
Cryptophyceae				
<i>Cryptomonas</i> spec.			X	
<i>Cryptomonas erosa</i>			X	X
<i>Cr. marssonii</i>				X
<i>Cr. ovata</i>				X
<i>Cr. rostratiformis</i>				X
<i>Katablepharis ovalis</i>				X
<i>Rhodomonas</i> spec.			X	
<i>Rhodomonas lacustris</i>			X	X
<i>Rh.n. var. nannopl.</i>				X
Rhodopycea				
<i>Bangia artropurpurea</i>	X	X		
ZOOPLANKTON				
Daphnidae				
<i>Daphnia cuccutella</i>		X		
<i>Daphnia longispina</i>		X		X
<i>Daphnia l. galeata</i>				X
<i>Daphnia l. hyalina</i>	X			X
Bosminidae				
<i>Bosmina coregoni</i>	X	X		X
<i>Bosmina longispina</i>			X	X
<i>Bosmina longirostris</i>				X
<i>Bosmina mixta kessleri</i>				X
Chydoridae				
<i>Alona quadrangularis</i>				X
<i>Eurycercus lamellatus</i>				X
Polyphemidae				
<i>Bythothrephes longimanus</i>				X
<i>Polyphemus pediculus</i>		X		X
Leptodoridae				

Tabelle 3.8. (Fortsetzung)
Überblick über die Zusammensetzung des Phyto- und Zooplanktons im Hochrhein
im Laufe des 20. Jahrhunderts

Taxa	LAUTER- BORN	CZERNIN- CHUDENTZ	BACKHAUS &KEMBALL	IFAH (AR)
Untersuchungsjahr	1900-1910?	1955/56	1974 *)	1990
<i>Leptodora kindtii</i>				X
Diaptomidae				
<i>Acanthodiaptomus</i>				
<i>denticornis</i>		X		
<i>Eudiaptomus gracilis</i>		X		X
Cyclopodidae				
<i>Cyclops</i>				X
<i>Cyclops praealpinus</i> ?				
<i>Cyclops strenuus</i>		X		X
<i>Cyclops vicinus</i> ?				X
<i>Mesocyclops leuckartii</i>				X
Ostracoda				X
<i>Cypria ophthalmica</i>				X
<i>Eucypris virens</i> ?				X
Rotatoria				
<i>Asplanchna spec.</i>				X
<i>Brachionus spec.</i>				X
<i>Keratella cochlearis</i>	X		X	X
<i>Keratella quadrata</i>		X	X	X
<i>Keratella stipitata</i>		X		
<i>Kelicottia longispina</i>	X	X	X	X
<i>Polyarthra vulgaris</i>				X