



Benthische Diatomeen im Rhein

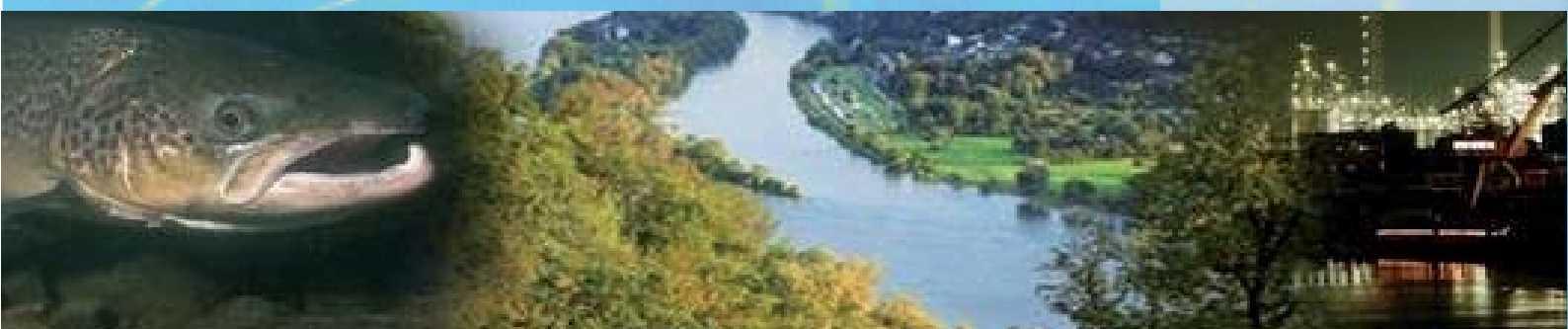
2012/2013

Internationale
Kommission zum
Schutz des Rheins

Commission
Internationale
pour la Protection
du Rhin

Internationale
Commissie ter
Bescherming
van de Rijn

Bericht 226



Impressum

Herausgeberin:

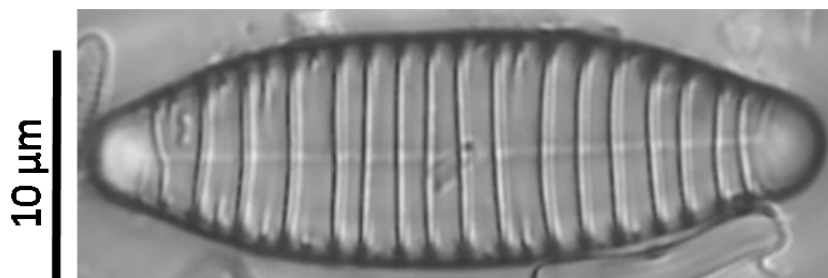
Internationale Kommission zum Schutz des Rheins (IKSR)
Kaiserin-Augusta-Anlagen 15, D 56068 Koblenz
Postfach 20 02 53, D 56002 Koblenz
Telefon +49-(0)261-94252-0, Fax +49-(0)261-94252-52
E-mail: sekretariat@iksr.de
www.iksr.org

© IKSR-CIPR-ICBR 2015
ISBN-Nr.: 3-941994-87-5

Benthische Diatomeen im Rhein 2012/2013



Der Rhein bei Gamsheim (Foto D. Heudre)



Diatoma vulgaris (Foto D. Heudre)

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

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

Inhalt

Zusammenfassung	5
1. Einführung	6
2. Methoden	7
3. Taxonomie	8
3.1. Erhobene Arten	8
3.2. Artenzusammensetzung im Hochrhein	14
3.3. Artenzusammensetzung im Oberrhein	16
3.4. Artenzusammensetzung im Mittelrhein	18
3.5. Artenzusammensetzung im Niederrhein	20
3.6. Artenzusammensetzung im Deltarhein	21
4. Biologische Eigenschaften	22
4.1. Umweltmerkmale (Van Dam <i>et al.</i> 1994)	24
4.2. Ökologische Gilden & Lebensarten (Rimet <i>et al.</i>, 2012)	28
5. Bewertung	32
6. Fazit	34
7. Literatur	35
ANLAGEN	39
A. Liste der Messstellen mit Zuständigkeiten	39
B. Liste der in den Rheinabschnitten vorkommenden Arten	41



Der Rhein bei Rhinau (Foto D. Heudre)

Zusammenfassung

Dieses Dokument beinhaltet eine harmonisierte Synthese der im Rahmen des Rheinmessprogramms Biologie 2012/2013, Teilkomponente Phytobenthos im Rhein gesammelten Daten zu benthischen Diatomeen.

An den 47 analysierten Standorten wurden in den Jahren 2012/2013 306 Arten fest sitzender Kieselalgen (benthische Diatomeen) erhoben, was selbst für einen großen Fluss wie den Rhein eine erhebliche Artenvielfalt darstellt. Viele Arten kommen jedoch nur an wenigen Messstellen vor, während eine relativ geringe Anzahl von Arten (25) an mehr als 50 % der untersuchten Standorte vorkommt.

Die im Rheinverlauf vorkommenden Lebensgemeinschaften von Kieselalgenarten mit bestimmten indikativen Eigenschaften (sogenannte Gilden) spiegeln die abnehmende Fließgeschwindigkeit bei gleichzeitiger Zunahme des Nährstoffangebots und organischer Stoffe wider: Die Artenzusammensetzung im Hochrhein ist typisch für Fließgewässer mit wenig Nährstoffen und organischen Substanzen. Ab dem Oberrhein bis ins Delta machen Arten, die für nährstoffreiche Lebensräume typisch sind, einen erheblichen Anteil aus. Im Rheindelta kommen zusätzlich planktonartige und halophile (salzliebende) Arten vor.

2012 wird der Bodensee in allen Teilen als „gut“ bewertet, ebenso der gesamte Hochrhein und der südliche Oberrhein bis zur Staustufe Gamsheim.

Im weiteren Verlauf (nördlicher Oberrhein, Mittelrhein) wird der Rhein bis zur deutsch-niederländischen Grenze durchweg als mäßig bewertet, mit einem „guten“ Wasserkörper im Niederrhein (Ruhrmündung bis Lippemündung).

Im Deltarhein haben zahlreiche Wasserkörper hinsichtlich der Qualitätskomponente Makrophyten/Phytobenthos das gute ökologische Potenzial erreicht. Einige Wasserkörper im Deltarhein wurden mäßig bewertet, die Hollandsche IJssel unbefriedigend. Die Küsten- und Übergangsgewässer werden anhand von Seegras und Strandschwengel (Qualität und Quantität) bewertet.

Die Festlandküste des Wattenmeers wurde mäßig, das Wattenmeer unbefriedigend bewertet. Die niederländische Küste gehört einem anderen Typ an; dort wird die Komponente Makrophyten/Phytobenthos nicht bewertet.

Da die benthischen Diatomeen erstmals im Rheinmessprogramm 2006/2007 untersucht und bewertet wurden, sind Aussagen über den Langzeittrend in dieser Gruppe nicht möglich. Unstrittig ist jedoch, dass die Reduzierung der Nährstoffbelastung im Rhein - ähnlich wie beim Phytoplankton - zu einer natürlicheren Lebensgemeinschaft geführt hat.

1. Einführung

Diatomeen sind mikroskopische, einzellige heterokonte Algen in einer Größe zwischen einigen Mikrometern (μm) und mehr als $500 \mu\text{m}$. Zu ihren Besonderheiten gehört unter anderem eine kieselsäurereiche Zellhülle, Frustel genannt. Die Untersuchung von Struktur, Morphologie und Ornamentik dieser Zellhülle bildet die Grundlage der Taxonomie der Diatomeen.

Diatomeen kommen an allen Feuchtstandorten vor und entwickeln sich insbesondere in Fließgewässern, in denen sie auf Unterwasserflächen einen Biofilm bilden, d.h. eine selbsterzeugte Matrix polymerer extrazellulärer Substanzen, in der die Diatomeen leben. Aufgrund ihrer großen Artenvielfalt, ihrer breit angelegten geografischen Verteilung und ihrer Empfindlichkeit gegenüber physikalisch-chemischen Eigenschaften ihres Lebensraums sind sie hervorragende Bioindikatoren. Insbesondere ermöglichen sie eine Beurteilung ihres Lebensraums in Bezug auf den pH-Wert, die Leitfähigkeit, Trophie (d.h. Nährstoffangebot) oder Saprobie (d.h. organische Belastung) (Van Dam & al 1994, Rott & al. 1997). Ihre Reaktion auf Veränderungen dieser Parameter erfolgt in Form von Änderungen der qualitativen und quantitativen Artenzusammensetzung vor Ort. Die zunehmende Kenntnis der ökologischen Präferenzen der Taxa hat die Entwicklung und permanente Verbesserung einfacher Bewertungsmethoden für die Oberflächenwasserqualität ermöglicht.

Diatomeen sind für die Bewertungsverfahren nach der europäischen Wasserrahmenrichtlinie (Richtlinie 2000/60/EG, WRRL) ein Hauptbestandteil der Qualitätskomponente „Makrophyten & Phytobenthos“ (Europäische Union 2000). Die ökologische Qualität einer Fließgewässermessstelle wird durch den Vergleich zwischen der vorhandenen Lebensgemeinschaft und der erwarteten Lebensgemeinschaft in einem Fluss dieser Art (Geologie, Typologie, Größe, Gewässer-/Ökoregion...) bestimmt. Die Bewertung beschränkt sich also nicht auf eine einfache Quantifizierung der Belastungen, sondern beinhaltet eine Bewertung der festgestellten Abweichung im Verhältnis zum Referenzzustand.

Das vorliegende Dokument stellt eine abgestimmte Synthese der Daten zu benthischen Diatomeen im Rhein dar, die in 2012 von den verschiedenen, sich an den Arbeiten der Internationalen Kommission zum Schutz des Rheins (IKSR) beteiligenden Behörden und Institutionen gesammelt wurden. Neben der Untersuchung der Lebensgemeinschaften (Artenzusammensetzung und Dominanzverhältnisse) werden Erkenntnisse aus den sich ergebenden ökologischen Ansprüchen gezogen, um die Entwicklung beispielsweise der Trophie oder Saprobie im Längsverlauf des Rheins zu beschreiben.

Die österreichische Methode (Richtlinien für das Sammeln biologischer Qualitätskomponenten Teil A3 - Phytobenthos, Lebensministerium Wien, 2010) berücksichtigt abgesehen von den Diatomeen auch die anderen Algen des Phytobenthos. Diese Daten wurden in den vorliegenden Bericht nicht aufgenommen, da vereinbart worden war, die Diatomeen im Rahmen des Rheinmessprogramms Biologie 2012/2013 zu erheben und zu bewerten.

Außerdem macht Kapitel 5 vorläufige Angaben über die Bewertung des ökologischen Zustands im Sinne der WRRL (da nicht alle Daten validiert sind).

2. Methoden

Die verfügbaren und in diesem Bericht dargestellten Daten stammen aus der Analyse von Probenahmen benthischer Diatomeen an 47 Messstellen verteilt auf 6 Rheinabschnitte (s. Tabelle 1 unten).

Tabelle 1: Anzahl der Messstellen pro Rheinabschnitt

Alpenrhein	Hochrhein	Oberrhein	Mittelrhein	Niederrhein	Deltarhein
1	4	23	4	4	11

Die Liste der Messstellen und die zuständigen Behörden sind in Anhang A aufgeführt. Diese Messstellen reichen vom Vorderrhein in Österreich bis zum Deltarhein in den Niederlanden. Die Probenahmen sind im Zeitraum April 2012 bis Februar 2013 erfolgt, wobei jedoch 75 % der Probenahmen im Zeitraum Juli bis September 2012 erfolgt sind. Angaben zum Substrat der Proben liegen nur zum Teil vor: die meisten Proben scheinen von Substraten aus dem Niedrigwasserbett (Steine, Kies, Blöcke) zu stammen. Aufgrund der hydromorphologischen Besonderheiten des niederländischen Deltas wurden die Proben dort von submersen Pflanzenteilen entnommen.

In Bezug auf die Nomenklatur wurden die Daten vereinheitlicht und beziehen sich hauptsächlich auf das Referenzwerk von Hofmann *et al.* (2011). Diese Vereinheitlichung hat sich als notwendig erwiesen, um die festgestellten Schwankungen aufgrund der Vielzahl der Beteiligten und der Verschiedenartigkeit der zur Bestimmung verwendeten Werke auszugleichen.¹

¹ Um die Gefahr von Verzerrungen zu minimieren, wurde in den Fällen unklarer Synonymie eine Entscheidung zu Gunsten der Taxa im weitesten Sinne bevorzugt. Beispielsweise wurden unter *Nitzschia inconspicua* sensu lato *Nitzschia inconspicua*, *N. frustulum* var. *inconspicua* und *N. abbreviata* zusammengefasst, denn es war nicht möglich, von den Betroffenen in Erfahrung zu bringen, ob *Nitzschia inconspicua* im weiteren oder im engeren Sinn (d.h. im Sinne von Krammer-Lange-Bertalot 1986-1991 oder Hofmann *et al.* 2011) zu verstehen war und ob der Revisionsartikel zu dieser Gruppe (Trobajo *et al.* 2013) berücksichtigt worden war. 2013).

3. Taxonomie

3.1. Erhobene Arten

An allen untersuchten Standorten wurden insgesamt 306 Taxa erhoben, die selbst für einen großen Fluss wie den Rhein eine hohe Artenvielfalt darstellen. Anhang B fasst die vollständige Liste dieser Taxa rheinabschnittsbezogen zusammen.

Diese hohe Diversität beruht jedoch auf vielen Taxa, die nur vereinzelt gefunden werden konnten: 208 Taxa wurden jeweils nur in 1 bis 5 Proben nachgewiesen, wobei 105 Taxa jeweils nur in einer einzelnen Probe nachgewiesen werden konnten (s. Tabelle 2 unten).

Tabelle 2: Verteilung der Anzahl der Taxa auf die Anzahl Proben, in denen sie nachgewiesen wurden

Anzahl Taxa	Anzahl Proben
208*	1-5
38	6-10
19	11-15
10	16-20
12	21-25
8	26-30
6	31-35
2	36-40
2	41-45
1	46

*: davon 105 in jeweilseiner einzelnen Probe

Andererseits scheint eine kleine Anzahl Taxa die Floragemeinschaften im größten Teil des Rheinverlaufs zu dominieren. 25 Taxa sind in mehr als 50 % der Proben vertreten (s. Tabelle 3 unten).

Tabelle 3: Stetigkeit der am häufigsten im Rhein vorkommende Taxa
(O = Vorkommen der Taxa im Verhältnis zur Gesamtanzahl Proben)

Taxa	O
<i>Nitzschia dissipata</i> (Kützing) Grunow ssp. <i>dissipata</i>	98%
<i>Navicula tripunctata</i> (O.F.Müller) Bory	96%
<i>Amphora pediculus</i> (Kützing) Grunow	94%
<i>Navicula cryptotenella</i> Lange-Bertalot	85%
<i>Melosira varians</i> Agardh	83%
<i>Navicula gregaria</i> Donkin	74%
<i>Nitzschia palea</i> (Kützing) W.Smith var. <i>palea</i>	72%
<i>Navicula antonii</i> Lange-Bertalot	70%
<i>Rhoicosphenia abbreviata</i> (C.Agardh) Lange-Bertalot	70%
<i>Diatoma vulgare</i> Bory	68%
<i>Navicula reichardtiana</i> Lange-Bertalot var. <i>reichardtiana</i>	66%
<i>Amphora copulata</i> (Kütz) Schoeman & Archibald	62%
<i>Achnanthydium minutissimum</i> (Kützing) Czarnecki	62%
<i>Navicula capitatoradiata</i> Germain	62%
<i>Gomphonema parvulum</i> (Kützing) Kützing var. <i>parvulum</i> f. <i>parvulum</i>	57%
<i>Navicula lanceolata</i> (Agardh) Ehrenberg	57%
<i>Cocconeis placentula</i> Ehrenberg var. <i>euglypta</i> (Ehr.) Grunow	55%
<i>Eolimna minima</i> (Grunow) Lange-Bertalot	55%
<i>Nitzschia fonticola</i> Grunow in Cleve und Möller	55%
<i>Gomphonema olivaceum</i> (Hornemann) Brébisson var. <i>olivaceum</i>	53%
<i>Nitzschia inconspicua</i> Grunow	53%
<i>Navicula recens</i> (Lange-Bertalot) Lange-Bertalot	53%
<i>Nitzschia sociabilis</i> Hustedt	53%
<i>Caloneis lancettula</i> (Schulz) Lange-Bertalot & Witkowski	51%
<i>Reimeria sinuata</i> (Gregory) Kociolek & Stoermer	51%
<i>Cymbella compacta</i> Ostrup	49%
<i>Cocconeis pediculus</i> Ehrenberg	49%
<i>Nitzschia paleacea</i> (Grunow) Grunow in van Heurck	49%
<i>Gyrosigma sciotense</i> (Sullivan et Wormley) Cleve	47%
<i>Achnanthydium pyrenaicum</i> (Hustedt) Kobayasi	45%
<i>Navicula germainii</i> Wallace	45%
<i>Cocconeis groupe placentula</i>	43%
<i>Fragilaria brevistriata</i> Grunow in Van Heurck	40%
<i>Gomphonema minutum</i> (Ag.)Agardh f. <i>minutum</i>	40%
<i>Planothidium rostratum</i> (Oestrup) Lange-Bertalot	40%
<i>Cocconeis placentula</i> Ehrenberg var. <i>lineata</i> (Ehr.)Van Heurck	38%
<i>Fallacia subhamulata</i> (Grunow in V. Heurck) D.G. Mann	38%
<i>Mayamaea atomus</i> var. <i>permitis</i> (Hustedt) Lange-Bertalot	36%
<i>Planothidium frequentissimum</i> (Lange-Bertalot)Lange-Bertalot	36%
<i>Kolbesia ploenensis</i> (Hust.) Kingston	34%
<i>Nitzschia recta</i> Hantzsch in Rabenhorst	34%
<i>Cocconeis pseudolineata</i> (Geitler) Lange-Bertalot	32%
<i>Nitzschia amphibia</i> Grunow f. <i>amphibia</i>	32%

Nachstehende Tabelle 4 zeigt, dass die Taxa mit den höchsten Stetigkeiten nicht zugleich diejenigen mit den größten Populationen sein müssen. Hier werden die Arten in ihrer kumulierten Abundanz dargestellt, um Verzerrungen durch die unterschiedliche absolute Anzahl der ausgezählten Zellen pro Probe zu vermeiden (der Zählaufwand war bei den Proben unterschiedlich).

Tabelle 4: Am häufigsten im Rhein vorkommende Taxa

(ARC = Abundanz berechnet als Summe aus den Prozentsätzen der Art in allen Proben)

Taxa	ARC
<i>Amphora pediculus</i> (Kützing) Grunow	524%
<i>Melosira varians</i> Agardh	368%
<i>Nitzschia dissipata</i> (Kützing) Grunow ssp. <i>dissipata</i>	356%
<i>Achnantheidium pyrenaicum</i> (Hustedt) Kobayasi	300%
<i>Navicula cryptotenella</i> Lange-Bertalot	166%
<i>Diatoma vulgare</i> Bory	147%
<i>Navicula tripunctata</i> (O.F.Müller) Bory	145%
<i>Achnantheidium minutissimum</i> (Kützing) Czarnecki	121%
<i>Navicula lanceolata</i> (Agardh) Ehrenberg	113%
<i>Navicula recens</i> (Lange-Bertalot) Lange-Bertalot	103%
<i>Nitzschia inconspicua</i> Grunow	97%
<i>Nitzschia fonticola</i> Grunow in Cleve und Möller	78%
<i>Nitzschia palea</i> (Kützing) W.Smith var. <i>palea</i>	77%
<i>Rhoicosphenia abbreviata</i> (C.Agardh) Lange-Bertalot	74%
<i>Amphora copulata</i> (Kütz) Schoeman & Archibald	68%
<i>Navicula gregaria</i> Donkin	68%
<i>Navicula antonii</i> Lange-Bertalot	65%
<i>Eolimna minima</i> (Grunow) Lange-Bertalot	61%
<i>Cocconeis</i> Gruppe <i>placentula</i>	59%
<i>Cocconeis placentula</i> Ehrenberg var. <i>euglypta</i> (Ehr.) Grunow	59%
<i>Nitzschia sociabilis</i> Hustedt	53%
<i>Nitzschia paleacea</i> (Grunow) Grunow in van Heurck	51%
<i>Achnantheidium</i> F.T. Kützing	48%
<i>Staurosirella</i> D.M. Williams & F.E. Round emend Morales	43%
<i>Navicula capitatoradiata</i> Germain	40%
<i>Achnantheidium delmontii</i> Peres, Le Cohu und Barthes	40%
<i>Skeletonema</i> R.K. Greville	34%
<i>Gomphonema olivaceum</i> (Hornemann) Brébisson var. <i>olivaceum</i>	33%
<i>Navicula germainii</i> Wallace	33%
<i>Nitzschia dissipata</i> (Kütz.)Grunow var. <i>media</i> (Hantzsch) Grunow in Van Heurck	32%
<i>Navicula rostellata</i> Kützing	32%
<i>Fragilaria vaucheriae</i> (Kützing) Petersen	31%
<i>Cymbella compacta</i> Ostrup	29%
<i>Nitzschia filiformis</i> (W.M.Smith) Van Heurck var. <i>filiformis</i>	26%
<i>Cocconeis placentula</i> Ehrenberg var. <i>lineata</i> (Ehr.)Van Heurck	25%
<i>Gomphonema parvulum</i> (Kützing) Kützing var. <i>parvulum</i> f. <i>parvulum</i>	25%
<i>Fragilaria brevistriata</i> Grunow in Van Heurck	22%
<i>Navicula cryptotenelloides</i> Lange-Bertalot	22%
<i>Navicula caterva</i> Hohn & Hellerman	21%
<i>Navicula reichardtiana</i> Lange-Bertalot var. <i>reichardtiana</i>	21%
<i>Caloneis lancettula</i> (Schulz) Lange-Bertalot & Witkowski	20%
<i>Tabularia fasciculata</i> (Agardh) Williams und Round	20%
<i>Bacillaria paxillifera</i> (O.F. Müller) T.Marsson	19%

Als Arten mit größter Verbreitung im Rhein sind somit *Nitzschia dissipata*, *Navicula tripunctata* und *Amphora pediculus* zu nennen, die an nahezu allen Stellen verzeichnet wurden. Auch *Navicula cryptotenella*, *Melosira varians*, *Navicula gregaria*, *Navicula antonii* und *Rhoicosphenia abbreviata* sind im Arteninventar weit verbreitet.

Die nachfolgenden Arten besitzen die höchsten Besiedlungsdichten: *Amphora pediculus* (38% bei Bacharach), *Melosira varians* (45% an der Messstelle „Strand van Lochem zuid“ km 13 lo), *Nitzschia dissipata* (20% Karlsruhe), *Navicula cryptotenella* (18% Rhinau)... Außerdem wurde dort auch *Achnanthis pyrenaicum*, nachgewiesen, eine verschmutzungsempfindliche Art, die im Oberlauf des Rheins mit großer Häufigkeit auftritt und an der Messstelle Obersäckingen ein Maximum von 58 % erreicht.

Überraschenderweise ist in 72 % der Proben die sehr verschmutzungsunempfindliche Art *Nitzschia palea* anzutreffen, allerdings nur in sehr geringer Abundanz (sie gelangt in geringen Mengen über organische Einträge in die Umwelt). Es ist auch denkbar, dass die empfindlicher auf Verunreinigungen reagierende Varietät *debilis* bei den Bestandsaufnahmen nicht immer unterschieden wurde.

Tabelle 5 zeigt, dass Arten mit hoher Stetigkeit nicht unbedingt aspektbildend für die Lebensgemeinschaften sein müssen. So ist *Navicula tripunctata* in 95 % aller Proben vertreten, jedoch liegt ihre durchschnittliche Abundanz lediglich bei 3 %. Somit handelt es sich also eher um ubiquitäre Arten des Rheins.

Tabelle 5: Nach durchschnittlicher Abundanz sortierte Taxaliste im Vergleich mit ihren Stetigkeiten

(N: Anzahl Proben von insgesamt 47, in denen das Taxon vorkommt;
AMP: Durchschnittliche Abundanz des Taxons in den Proben)

Taxa	AMP	N
<i>Achnanthis pyrenaicum</i> (Hustedt) Kobayasi	14%	21
<i>Amphora pediculus</i> (Kützing) Grunow	12%	44
<i>Staurosirella</i> D.M. Williams & F.E. Round emend Morales	11%	4
<i>Achnanthis delmontii</i> Peres, Le Cohu und Barthes	10%	4
<i>Melosira varians</i> Agardh	9%	39
<i>Navicula perminuta</i> Grunow in Van Heurck	8%	1
<i>Nitzschia dissipata</i> (Kützing) Grunow ssp. <i>dissipata</i>	8%	46
<i>Skeletonema</i> R.K. Greville	7%	5
<i>Nitzschia costei</i> Tudesque, Rimet & Ector	7%	1
<i>Amphora indistincta</i> Levkov	6%	1
<i>Achnanthis minutissimum</i> (Kütz.) Czarn. f. <i>inconspicuum</i> (Østrup) Compere & Riaux	6%	2
<i>Aulacoseira distans</i> (Ehr.) Simonsen var. <i>limnetica</i> (O.Muller) Simonsen	6%	1
<i>Gomphonemopsis obscurum</i> (Krasske) Lange-Bertalot	6%	1
<i>Diatoma vulgare</i> Bory	5%	32
<i>Achnanthis minutissimum</i> (Kützing) Czarnecki	4%	29
<i>Navicula lanceolata</i> (Agardh) Ehrenberg	4%	27
<i>Navicula cryptotenella</i> Lange-Bertalot	4%	40
<i>Navicula recens</i> (Lange-Bertalot) Lange-Bertalot	4%	25
<i>Achnanthis</i> F.T. Kützing	4%	12
<i>Eunotia formica</i> Ehrenberg	4%	1
<i>Nitzschia inconspicua</i> Grunow	4%	25
<i>Diatoma ehrenbergii</i> Kützing	4%	6
<i>Melosira nummuloides</i> (Dillwyn) C.A. Agardh	4%	1
<i>Pseudostaurosira trainorii</i> Morales	4%	1
<i>Navicula tripunctata</i> (O.F.Müller) Bory	3%	45

Abbildung 1 stellt die Artenvielfalt in den jeweiligen Rheinabschnitten dar. Für den Hoch-, Mittel- und Niederrhein ergeben sich relativ ähnliche Taxazahlen. Lediglich der Deltarhein und der Oberrhein unterscheiden sich deutlich von den anderen Rheinabschnitten. Diese Besonderheit muss jedoch unter Berücksichtigung der wesentlich größeren Anzahl an

Messstellen in diesen beiden Abschnitten betrachtet werden (s. Tabelle 1), die natürlich die Wahrscheinlichkeit erhöht, auf neue Arten zu stoßen.

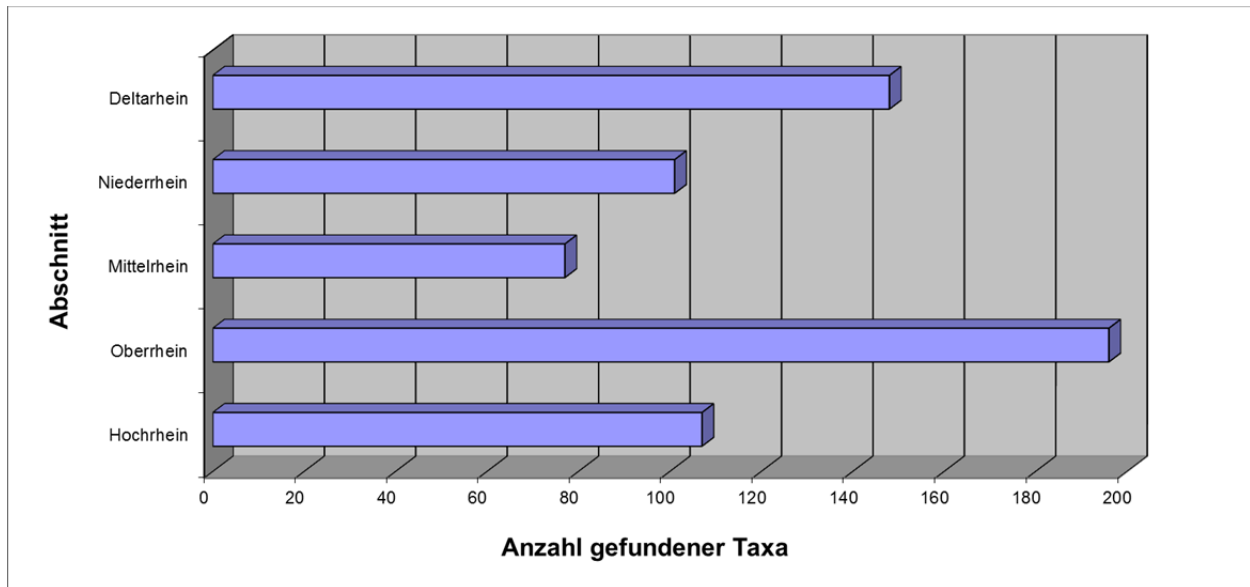


Abbildung 1: Anzahl der pro Rheinabschnitt gefundenen Taxa

Betrachtet man die durchschnittliche Artenzahl pro Probe, zeigt das Arteninventar in den verschiedenen Rheinabschnitten sehr ähnliche Werte an (Abbildung 2). Nur im Niederrhein sind es 10 bis 15 Taxa pro Probe mehr als in den anderen Abschnitten. Zum Teil kann das hier mit dem höheren Zählaufwand pro Probe erklärt werden (s. Tabelle 6 unten). Auch wenn der Mittelrheinabschnitt in Bezug auf den Zählaufwand an zweiter Stelle steht, liegt er bei der Artenzahl nur im Durchschnitt: das könnte durch eine gewisse Homogenität der Lebensräume im Bereich der Probenahmestellen und deren geringe Anzahl zu erklären sein.

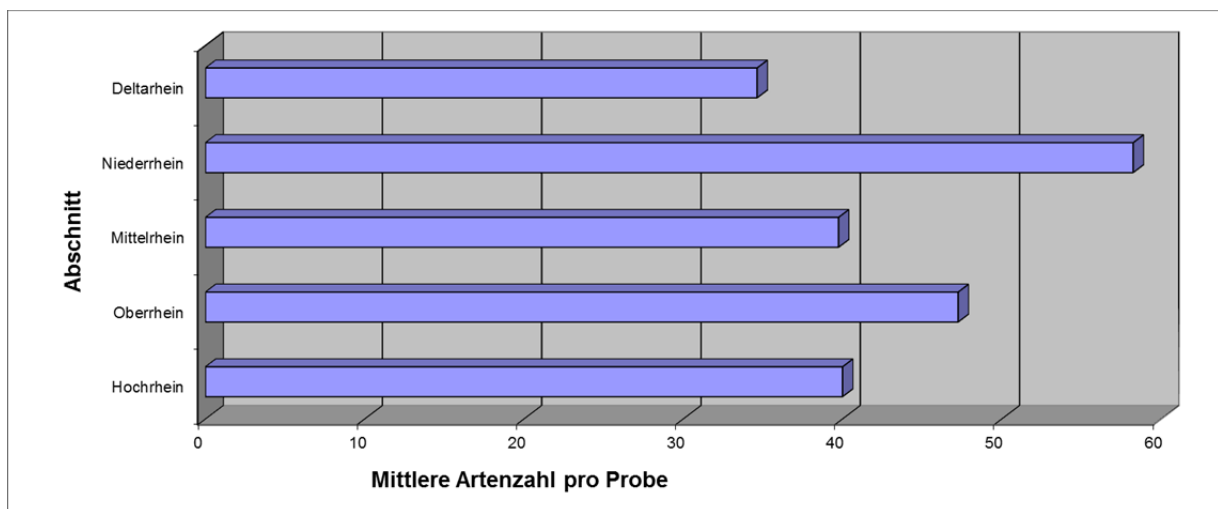


Abbildung 2: Mittlere Artenzahl pro Probe und Rheinabschnitt

Tabelle 6: Durchschnittlicher Zählaufwand pro Rheinabschnitt

Rheinabschnitt	Hochrhein	Oberrhein	Mittelrhein	Niederrhein	Deltarhein
Durchschnittliche Individuen	447	427	503	548	Daten liegen nicht vor

Vier der erhobenen Arten erscheinen als recht dominant und repräsentativ für die verschiedenen Rheinabschnitte: *Amphora pediculus*, *Melosira varians*, *Nitzschia dissipata* ssp. *dissipata* und *Achnanthydium pyrenaicum*.

Abbildung 3 zeigt ihre durchschnittliche Abundanz in den verschiedenen Rheinabschnitten:

- ✓ *Achnanthydium pyrenaicum* ist für den Hochrhein typisch. Das Vorkommen scheint sich auf den Oberrhein auszudehnen (wie in nachstehendem Kapitel 3.3 erwähnt, handelt es sich aber wahrscheinlich um ein Artefakt).
- ✓ *Amphora pediculus* wird zwar in allen Rheinabschnitten nachgewiesen, weist jedoch eine fast Gauß'sche Verteilung mit einem Schwerpunkt im Mittelrhein auf, der den bevorzugten Lebensraum darzustellen scheint.
- ✓ *Nitzschia dissipata* ssp. *dissipata* ist mit *Amphora pediculus* vergleichbar, wobei der bevorzugte Lebensraum weniger ausgeprägt ist. Diese Art ist vom Oberrhein bis zum Niederrhein vertreten und weist an den Endpunkten des Flusslaufs ein geringeres Vorkommen auf.
- ✓ *Melosira varians* ist im Ober- und Mittelrhein wenig vertreten. Ab dem Niederrhein wird das Vorkommen bedeutsamer und überwiegt im Deltarhein. Da diese benthische Tychoplanktonart typisch für eutrophe Stillgewässer ist, ist es logisch, dass sie in den Proben des Unterlaufs einen erheblichen Anteil darstellt.

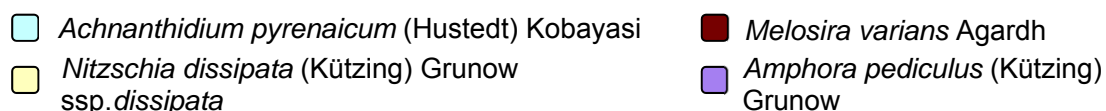
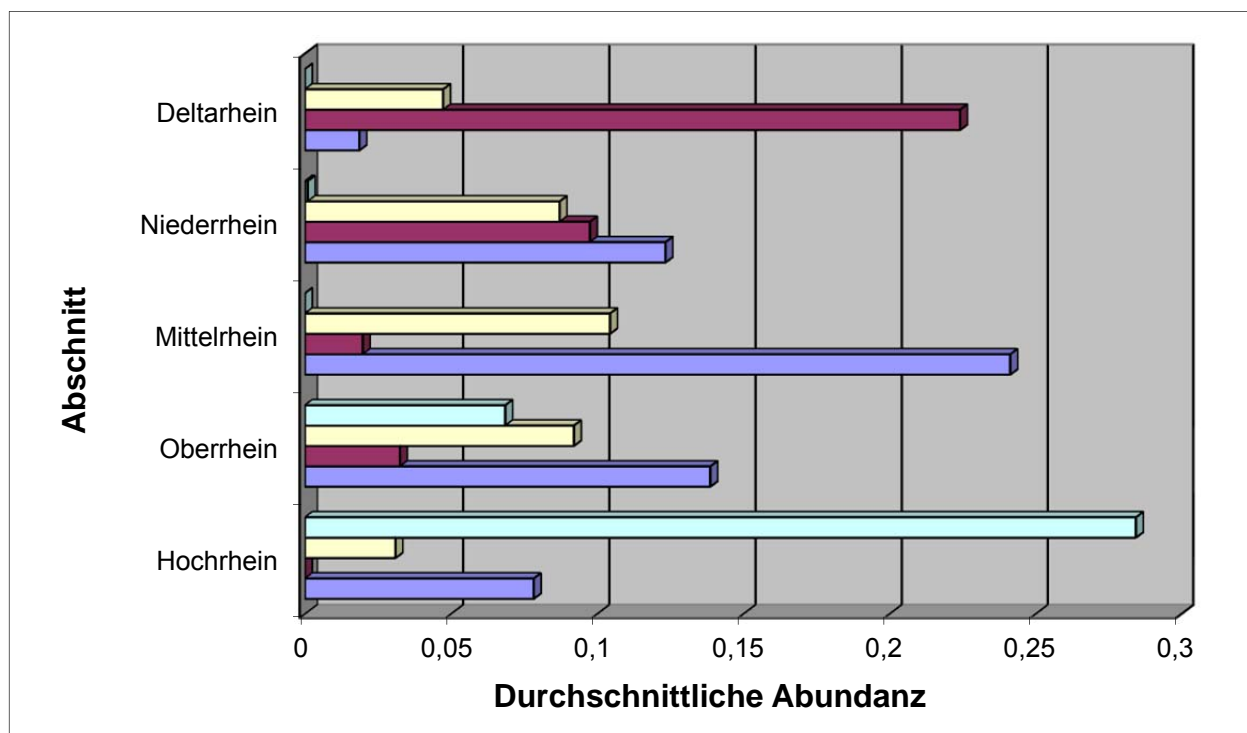


Abbildung 3: Durchschnittliche Abundanz von 4 aspektbildenden Arten in den Rheinabschnitten

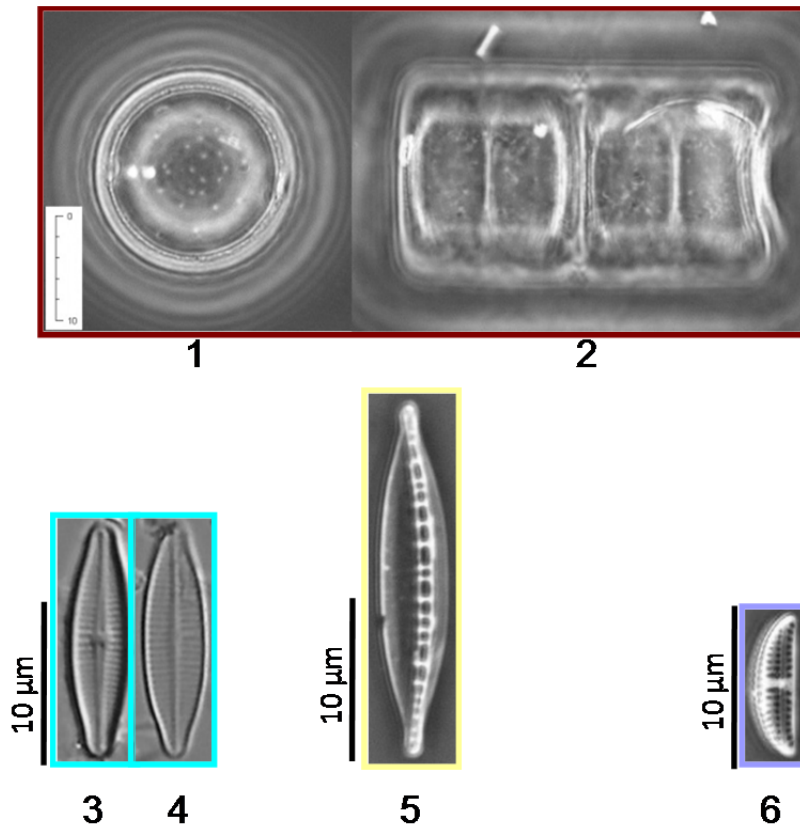
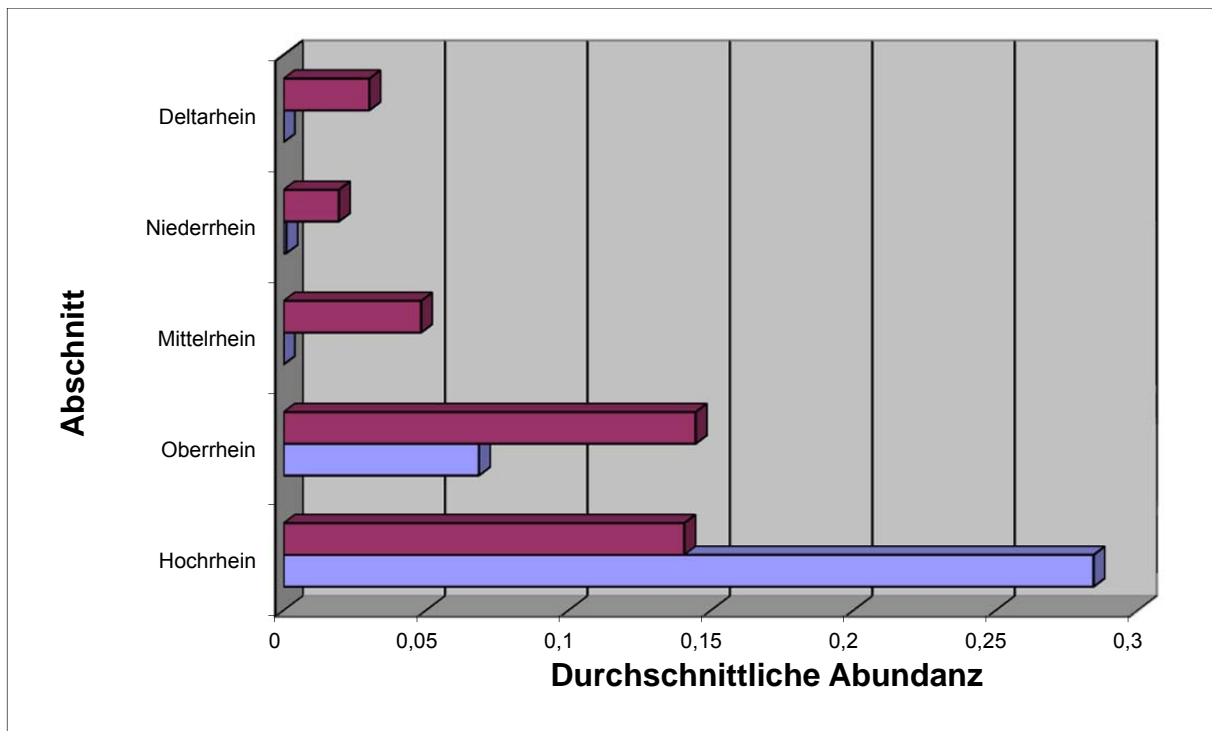


Abbildung 4: Fotos von 4 aspektbildenden Arten in den verschiedenen Rheinabschnitten
 (1-2: *Melosira varians* Draufsicht (1) und Seitenansicht (2) ; 3-4: *Achnanthydium pyrenaicum*;
 5 : *Nitzschia dissipata*; 6: *Amphora pediculus*; Fotos D. Heudre)

Eine eingehendere Analyse der spezifischen Artenzusammensetzung und Abundanz ist möglich, wenn man sich auf die verschiedenen Rheinabschnitte konzentriert.

3.2. Artenzusammensetzung im Hochrhein

Mit durchschnittlich 40 Taxa pro Probe und insgesamt 107 erhobenen Arten liegt der Hochrhein hinsichtlich der Artenzusammensetzung im Verhältnis zu den anderen Rheinabschnitten im durchschnittlichen Bereich. Die beiden charakteristischsten Arten sind *Achnanthydium pyrenaicum* und *Achnanthydium minutissum*. Dabei handelt es sich um zwei verschmutzungsempfindliche, eher rheophile Arten, die für alpine Flüsse mit guter Wasserqualität typisch sind.



■ *Achnanthydium pyrenaicum* (Hustedt) Kobayasi
 ■ *Achnanthydium minutissimum* (Kützing) Czarnecki

Abbildung 5: Durchschnittliche Abundanz von *Achnanthydium pyrenaicum* und *Achnanthydium minutissimum* pro Rheinabschnitt

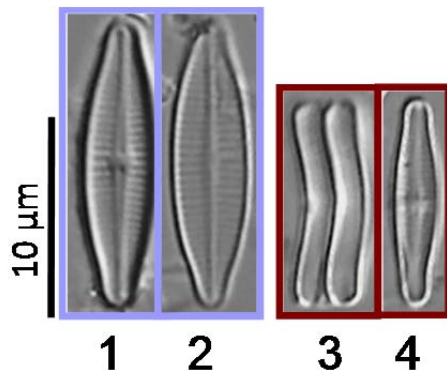


Abbildung 6: Fotos von *Achnanthydium pyrenaicum* und *Achnanthydium minutissimum* (1-2: *Achnanthydium pyrenaicum*; 3-4: *Achnanthydium minutissimum*; Fotos D. Heudre)

Zu den weiteren, für diesen Rheinabschnitt charakteristischen Arten gehören *Diatoma ehrenbergii*, *Encyonema silesiacum* und *Encyonopsis microcephala*.

Überraschend ist das Vorkommen der halophilen Art *Diatoma moniliformis*. Jedoch kommt diese nur in der österreichischen Bestandsaufnahme des Vorderrheins in Fußach vor. Dieses einzigartige Vorkommen hängt vermutlich mit der unmittelbaren Nähe dieser Messstelle zum Bodensee zusammen.

3.3. Artenzusammensetzung im Oberrhein

Mit durchschnittlich 47 Taxa pro Probe steht der Oberrhein in Bezug auf die Artenvielfalt an zweiter Stelle. Mit insgesamt 196 erhobenen Arten ist er außerdem der Rheinabschnitt, in dem mit Abstand die meisten Taxa erhoben wurden. Diese Feststellung ist ganz eindeutig darauf zurückzuführen, dass in diesem Rheinabschnitt mit 23 Messstellen die größte Anzahl Proben genommen wurde.

Auch wenn *Amphora pediculus* und *Nitzschia dissipata* ssp. *dissipata* in der überwiegenden Mehrzahl der Proben zum Teil in erheblichen Mengen vorkommen, gehören diese Arten nicht zu den charakteristischsten dieses Rheinabschnitts (s. Abbildung 3). Dazu gehören eher *Navicula cryptotenella*, *Nitzschia inconspicua*, *Nitzschia fonticola* und *Eolimna minima*. Jedoch zeugt die geringe durchschnittliche Abundanz dieser Arten (max. 6 %, s. Abbildung 7 unten) und somit der geringe Unterschied zu den anderen Rheinabschnitten nicht von einer sehr belastbaren Repräsentativität. Aufgrund der hohen Artenanzahl und der großen Anzahl an Proben können für diesen Rheinabschnitt keine wirklich charakteristischen Arten aufgezeigt werden.

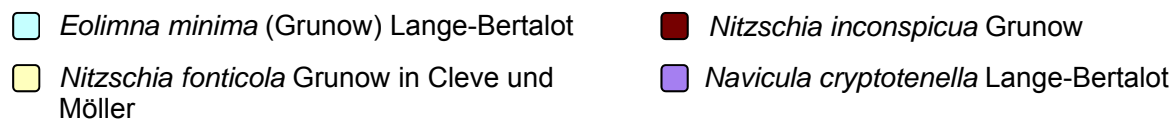
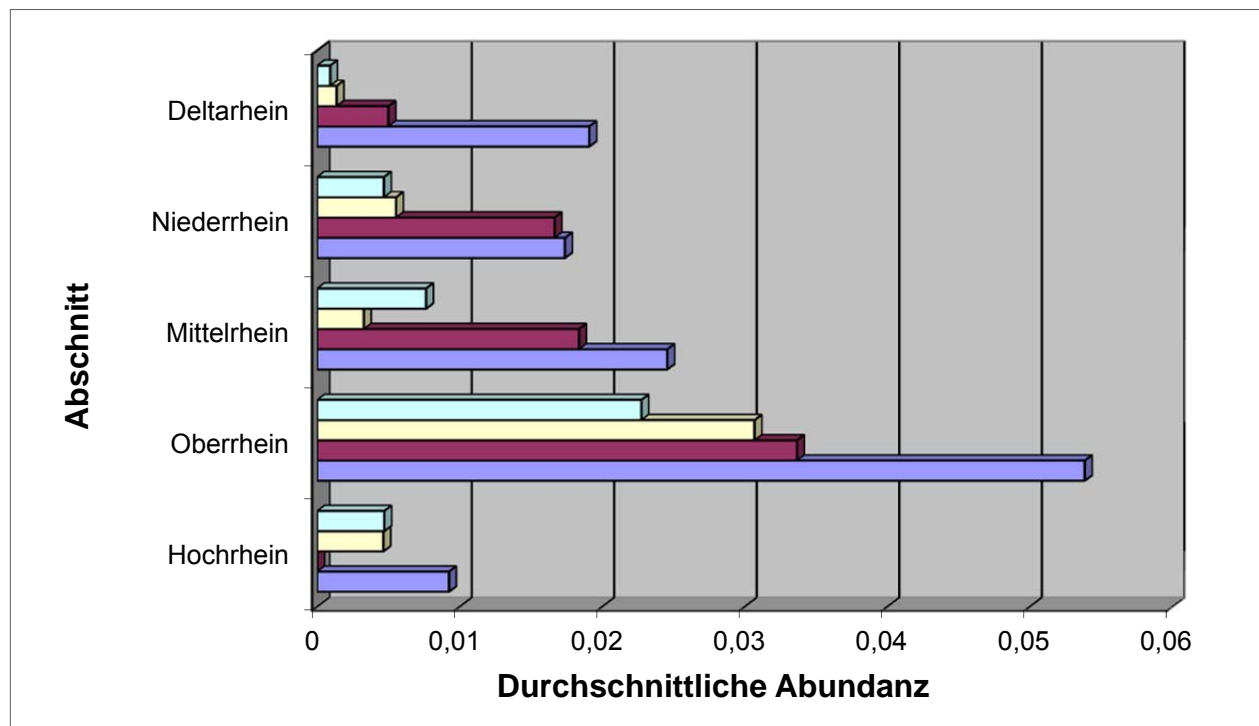


Abbildung 7: Durchschnittliche Abundanz von *Eolimna minima*, *Nitzschia inconspicua*, *Nitzschia fonticola* und *Navicula cryptotenella* pro Rheinabschnitt

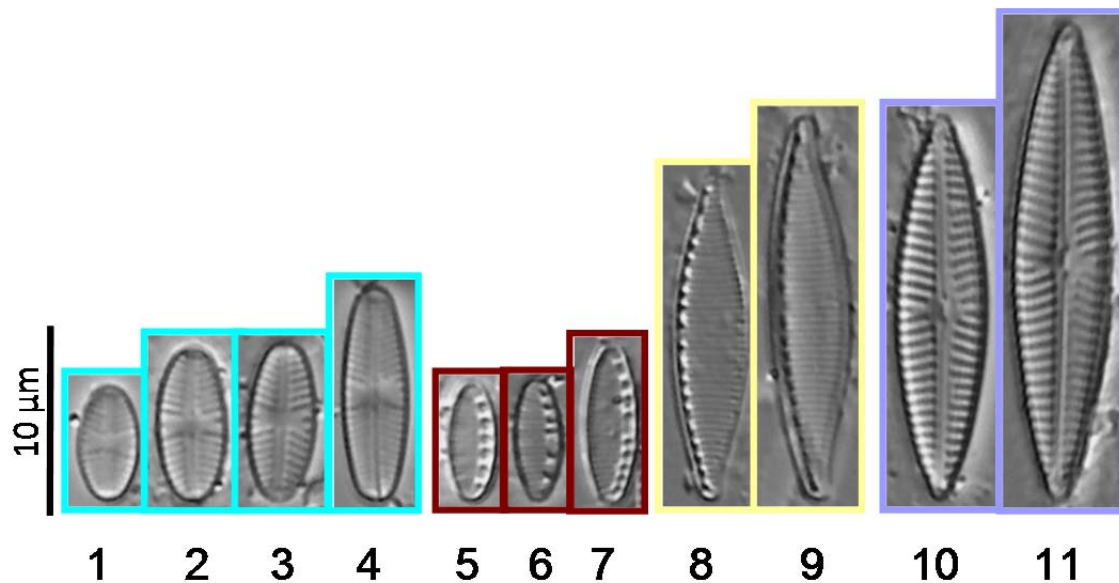


Abbildung 8: Fotos von *Eolimna minima*, *Nitzschia inconspicua*, *Nitzschia fonticola* und *Navicula cryptotenella*
 (1-4: *Eolimna minima* sensu auct nonnull; 5-7: *Nitzschia inconspicua* sensu lato (hier *Nitzschia soratensis*),
 8-9: *Nitzschia fonticola*; 10-11: *Navicula cryptotenella*; Fotos D. Heudre)

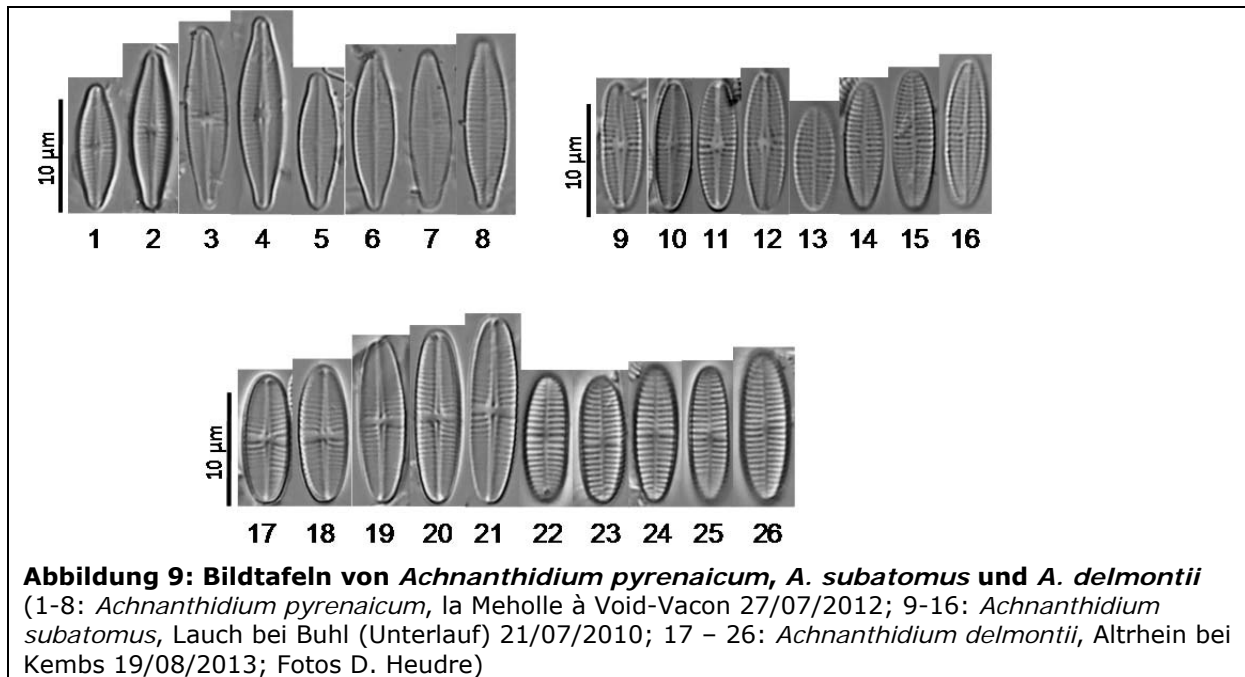
Achnantheidium delmontii Peres, Le Cohu und Barthes: eine falsch eingeschätzte Art?

Wie in Kapitel 3.1 erwähnt und aus Abbildung 3 hervorgeht, ist die erhebliche Abundanz von *Achnantheidium pyrenaicum* an gewissen Messstellen des Oberrheins aufgrund ihrer ökologischen Merkmale überraschend. Dieses Taxon wird an den deutschen Messstellen ermittelt, während die dazwischen liegenden französischen Messstellen anstatt dieser Art das Vorkommen von *Achnantheidium delmontii* melden.

Aus morphologischer Sicht ist *A. delmontii* eine *A. pyrenaicum* ähnliche Art, jedoch mit ganz unterschiedlichen ökologischen Merkmalen, die es jedoch noch zu präzisieren gilt. Diese Art kommt in erster Linie in großen Fließgewässern oder Kanälen vor, während es sich bei *A. pyrenaicum* um eine verschmutzungsempfindliche Art handelt, die von nährstoffarmen bis mesotrophen, karbonatreichen Fließwasser-Ökosystemen abhängig ist (Hofmann *et al.* 2011). *A. delmontii* wurde zum ersten Mal in 2009 an den Messstellen im Altrhein bei Kembs und im Rhein bei Lauterbourg-Karlsruhe nachgewiesen und wurde 2011 als neue Art beschrieben (Pérès *et al.* 2012).

Vermutlich wurde diese erst kürzlich beschriebene und bei den Taxonomen wohl noch wenig bekannte Art an den deutschen Messstellen als *A. pyrenaicum* identifiziert.

An gewissen Messstellen (z. B. Speyer, Messstelle Nr. 18) wird auch eine geringe Abundanz von *Achnantheidium subatomus* ADSU nachgewiesen: vermutlich handelt es sich dabei um die gleiche Schwierigkeit wie bei der Bestimmung von *A. delmontii*, da es sich bei *A. subatomus* um eine Art handelt, die typisch für mineralstoffarme Flüsse mit kieshaltigem Substrat und oligotrophen und oligosabroben Milieuverhältnissen ist.



3.4. Artenzusammensetzung im Mittelrhein

Im Mittelrhein liegt die durchschnittliche Artenzahl pro Probe bei 40 Taxa. Mit insgesamt 77 erhobenen Arten ist dies der einheitlichste Abschnitt. Wie bereits in Abbildung 3 gezeigt, wird die Artenzusammensetzung von *Amphora pediculus* bestimmt, einer Art, die in den Proben dieses Rheinabschnitts in der größten Abundanz vorkommt, sowie von *Nitzschia dissipata* ssp. *dissipata*, die etwas weniger individuenstark ist.

Die übrigen Arten mit bemerkenswerter Abundanz sind von einer Probe zur anderen unterschiedlich. Unter anderem können *Navicula rostellata* und *Navicula recens* erwähnt werden, die jeweils in einer einzigen Probe mit einer Abundanz von etwa 15 % vorkommen. Nur *Navicula rostellata* und *Navicula antonii* scheinen etwas typischer für diesen Rheinabschnitt zu sein, wenn auch nur in geringen Abundanzen (s. Abbildung 10). Ganz allgemein kann davon ausgegangen werden, dass die Artenzusammensetzung des Mittelrheins nicht sehr charakteristisch ist und einen kohärenten Übergang zwischen der des Ober- und des Niederrheins darstellt.

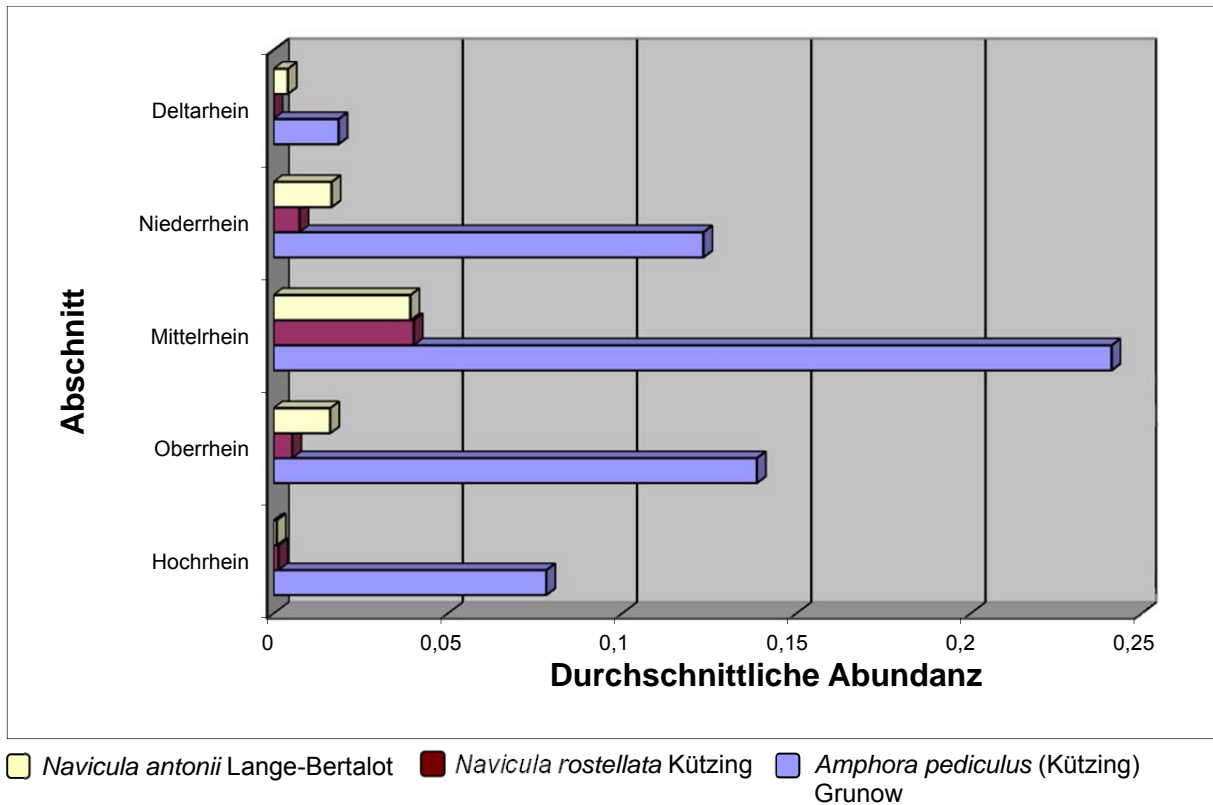


Abbildung 10: Durchschnittliche Abundanz von *Navicula antonii*, *Navicula rostellata* und *Amphora pediculus* pro Rheinabschnitt

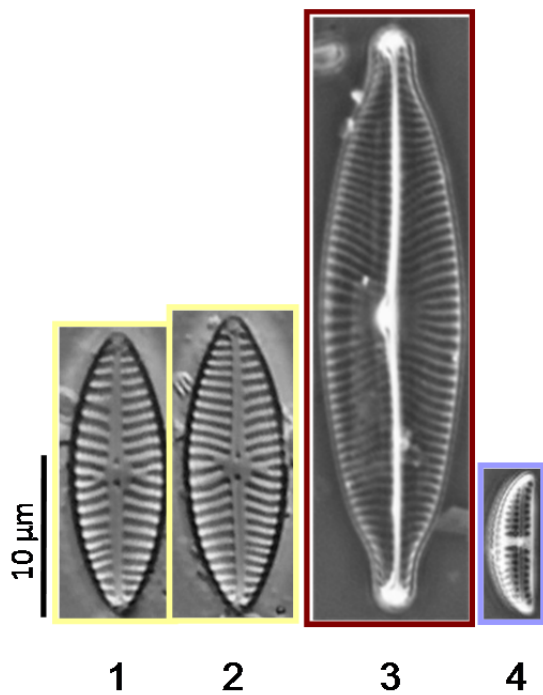


Abbildung 11: Fotos von *Navicula antonii*, *Navicula rostellata* und *Amphora pediculus* (1-2: *Navicula antonii*; 3: *Navicula rostellata*; 4 : *Amphora pediculus*; Fotos D. Heudre)

3.5. Artenzusammensetzung im Niederrhein

Mit durchschnittlich 58 Taxa pro Probe weist der Niederrhein die größte Artenvielfalt auf. Wie zuvor festgestellt (vgl. 3.1) kann dies zum Teil durch einen größeren Zählaufwand an diesen Messstellen erklärt werden. Die Beobachtung einer sehr vielfältigen Artenzusammensetzung im Unterlauf großer Fließgewässer ist jedoch nicht ungewöhnlich. Insgesamt wurden 101 Arten erhoben, was dem Durchschnitt entspricht. Nach wie vor werden erhebliche Mengen *Amphora pediculus* und, in geringerem Maße *Nitzschia dissipata* ssp. *dissipata* nachgewiesen (s. Abbildung 3). Zu den weiteren, für diesen Abschnitt charakteristischsten Arten gehören *Diatoma vulgare*, *Navicula recens* und letztlich *Melosira varians*, die beginnt, erheblich zuzunehmen (s. Abbildung 12).

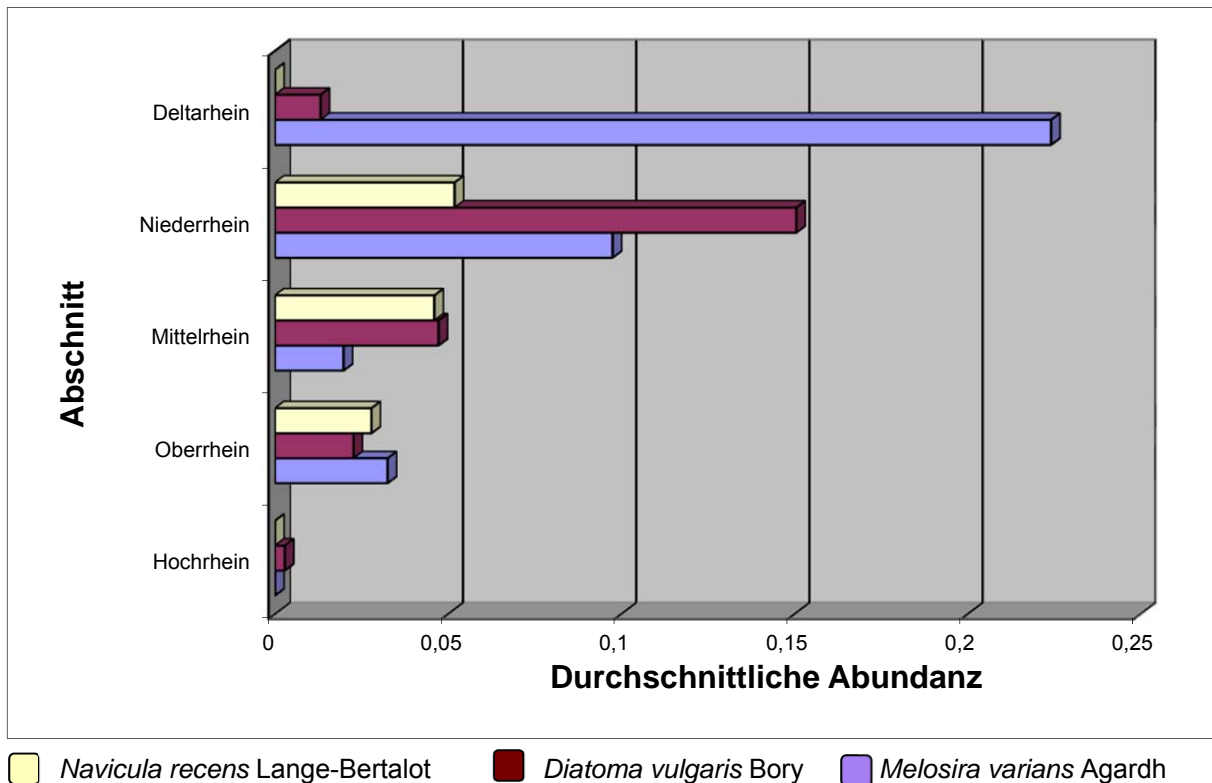


Abbildung 12: Durchschnittliche Abundanz von *Navicula recens*, *Diatoma vulgare* und *Melosira varians* pro Rheinabschnitt

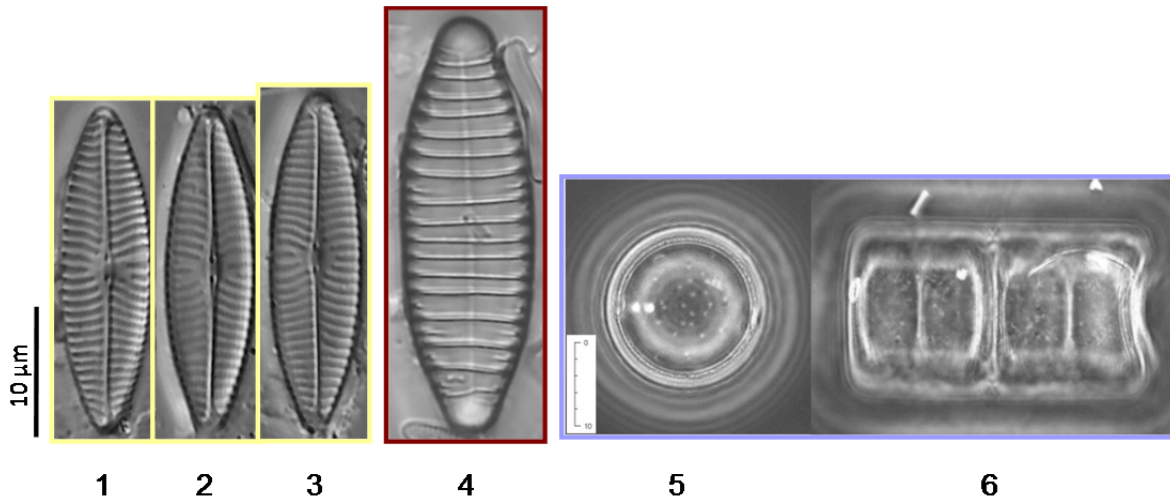


Abbildung 13: Fotos von *Navicula recens*, *Diatoma vulgaris* und *Melosira varians*
(1-3: *Navicula recens*; 4: *Diatoma vulgaris*; 5-6: *Melosira varians*; Fotos D. Heudre)

3.6. Artenzusammensetzung im Deltarhein

Mit durchschnittlich 35 Taxa pro Probe und insgesamt 148 erhobenen Arten ist der Deltarhein relativ atypisch. Im Vergleich zu den anderen Rheinabschnitten ist die Artenzusammensetzung wenig abwechslungsreich, während die Artenvielfalt bezogen auf den gesamten Rhein an zweiter Stelle steht. Das zeigt sich somit in einer Artenzusammensetzung, die von einer Messstation zur nächsten sehr unterschiedlich ausfällt. Außerdem werden hier viele Arten angetroffen, die nur in diesem Rheinabschnitt vorkommen. Das besondere Ökosystem eines Deltas und die Tatsache, dass die Proben an Helophyten entnommen wurden, kann die Besonderheit der Ergebnisse dieses Abschnitts erklären.

Melosira varians ist die am häufigsten vorkommende Art (s. Abbildung 3), aber die für diesen Abschnitt repräsentativsten Taxa konnten leider nicht bis zur Art bestimmt werden: tatsächlich werden ein *Achnantheidium*, eine *Skeletonema* und eine *Staurosirella* nur in diesem Abschnitt nachgewiesen.

Unter den weiteren, allgemeineren Arten sind *Navicula gregaria* und *Fragilaria vaucheriae* zu nennen, die individuenreicher und regelmäßiger vertreten sind als im übrigen Verlauf des Rheins.

4. Biologische Eigenschaften

Über die Beschreibung der Artenzusammensetzung hinaus wurden die biologischen Eigenschaften der Arten untersucht, um die Populationsentwicklung im Längsverlauf des Rheins und den sich ändernden Umweltbedingungen aufzuzeigen.

Aus Gründen der Lesbarkeit werden für alle Abbildungen der nachfolgenden Absätze dieses Berichts die Messstellen mit einem Zahlencode dargestellt (vgl. Tabelle 7). Weitere Angaben zu diesen Messstellen sind der Tabelle in Anhang A zu entnehmen.

Tabelle 7: Zahlencodes der Messstellen am Rhein

Rheinabschnitt	ID	Messstelle	Flusskilometer	Wichtigste Nebenflüsse
Alpenrhein	1	Fußach	<i>n.a.</i>	{ Aare (Fluss-km 102,5)
Hochrhein	2	Stein	25	
	3	Ellikon	64	
	4	Sisseln	120-126	
	5	Pratteln/Wyhlen	158	
Oberrhein	6	Kembs	<i>n.a.</i>	{ Neckar (Fluss-km 428)
	7	Neuenburg	199	
	8	Breisach	220	
	9	Wyhl	245	
	10	Rhinau	261	
	11	Schwanau	272	
	12	Kehl	291	
	13	Gamsheim	309	
	14	Grauelsbaum	317	
	15	Steinmauern	345	
	16	Lauterbourg-Karlsruhe	350	
	17	Karlsruhe	361	
	18	Speyer	399	
	19	Mannheim	435	
	20	Nordheim	451	
	21	Biblis	456	
	22	Fähre Eich	461	
	23	Stockstadt	468	
24	Leeheim	478		
25	Ginsheim	491	{ Main (Fluss-km 496,5)	
26	Wiesbaden	499		
27	Eltville	509		
Mittelrhein	28	Heidenfahrt	516	{ Nahe (Fluss-km 529,5)
	29	Bacharach	542	
	30	Lorchhausen	543	
	31	Andernach	615	
Niederrhein	32	Hammerstein	618	{ Lahn (Fluss-km 585,5), Mosel (Fluss-km 592)
	33	Niederkassel	665	
	34	Nierst	758	
	35	Walsum	794	
	36	Emmerich	855	

Rheinabschnitt	ID	Messstelle	Flusskilometer	Bemerkungen
Deltarhein	37	Waal	863	Rhein, Hauptstrom ¹
	38	Nederrijn	945,6	
	39	Hagestein	986	
	40	Twentekanal	<i>n.a.</i>	Gewässersystem der IJssel ²
	41	Vechtdelta Groot Salland	<i>n.a.</i>	
	42	IJssel	995,1	
	43	Randmeren-Zuid	<i>n.a.</i>	
	44	IJsselmeer	<i>n.a.</i>	
	45	Markermeer	<i>n.a.</i>	
	46	Noordzeekanaal	<i>n.a.</i>	³
47	Hollandsche IJssel	<i>n.a.</i>	⁴	

1: Hauptstrom des Rheins zwischen Lobith und Rotterdam

2: Gewässersystem der IJssel (IJssel mit Nebenfluss Vecht, IJsselmeer und umliegende Seen = Randmeren)

3: Der Nordseekanal verbindet das Markermeer (Teil des IJsselmeers) mit der Nordseeküste

4: Die Hollandsche IJssel gehört nicht zum IJssel-Gewässersystem, ist jedoch eine Verbindung zwischen Rhein (Hauptstrom Lek) und Nieuwe Maas

n.a.: nicht anwendbar

In den nachstehenden grafischen Darstellungen wird das Profil des Rheins vom Oberlauf zum Unterlauf beschrieben. Da jedoch einige Messstellen nicht am Hauptstrom liegen (z. B. Altrhein bei Kembs), kann diese Profilbeschreibung nicht perfekt ausfallen. Dennoch ergibt sich eine interessante Möglichkeit, die Entwicklung der Lebensgemeinschaften vom Oberlauf bis zum Niederrhein darzustellen. Ab Messstelle Nr. 37 stößt man an die Grenzen einer derartigen Darstellung: Da sich die Messstellen im Deltarhein auf mehrere Rheinarme verteilen, werden sie hier gemäß den niederländischen Daten dargestellt und stellen nicht unbedingt eine Abfolge im Stromverlauf dar.

Verschiedene Verfasser haben Synthesen der Autoökologie der Diatomeen anhand biologischer Eigenschaften erstellt. Mittels dieser Eigenschaften sollen folgende Präferenzen der Arten quantifiziert werden:

- physikalisch-chemische Eigenschaften des Lebensraums, beispielsweise die trophischen oder saprobiellen Verhältnisse, pH-Wert, Sauerstoffverhältnisse (siehe z. B. Van Dam, 1994 oder Hofmann, 1994)
- oder ihre Lebensart, beispielsweise koloniebildende Eigenschaften, Pioniereigenschaften, rheophile Eigenschaften usw. (Rimet, 2012).

Zahlreiche, von verschiedenen Verfassern beschriebene Eigenschaften sind getestet worden, jedoch haben nur wenige deutliche Trends im Rhein aufgezeigt. In erster Linie ist das darauf zurückzuführen, dass die meisten dieser Arbeiten relativ alt sind: da sich die Taxonomie der Diatomeen besonders stark weiterentwickelt hat, gab es viele heute anerkannte Taxa zu dem Zeitpunkt dieser Arbeiten nicht, so dass es für sie noch keine kodifizierten biologischen Eigenschaften gibt. Das kann zu einem erheblichen Anteil in der Kategorie „Keine Angabe“ führen, so dass eine eventuelle Interpretation bedauerlicherweise wenig belastbar ist.

Festgestellte Grenzen der Nutzung biologischer Eigenschaften:

* An der Messstelle 6 (Altrhein bei Kembs) wird ein Spitzenwert der Kategorie „Keine Angabe“ erreicht, der auf die hohe Abundanz (> 25 %) der Art *Achnantheidium delmontii* zurückzuführen ist, die erst kürzlich beschrieben wurde und für die somit noch keine biologischen Eigenschaften vorliegen.

* Die meisten Grafiken weisen für die Messstellen 44 bis 46 ebenfalls einen Spitzenwert in der Kategorie „Keine Angabe“ auf. Das ist zum Teil auf das Vorkommen von in Süßwasser wenig geläufigen Arten zurückzuführen, für die die Verfasser nicht über ausreichende Informationen zur ökologischen Einstufung verfügen. An diesen Messstellen liegt teilweise auch eine erhebliche Abundanz von Taxa vor, die nur bis zur Gattungsebene bestimmt wurden, zu der die Verfasser nur selten Angaben zur Ökologie gemacht haben.

Trotzdem ergeben sich aus den verschiedenen Eigenschaften einige interessante Ergebnisse, auf die nachstehend eingegangen wird.

4.1. Umweltmerkmale (Van Dam *et al.* 1994)

Diese in den Niederlanden erstellte Veröffentlichung aus 1994 beinhaltet die erste umfassende Liste der Diatomeen in Süßwasser bis hin zu leicht brackigem Wasser. Sie beinhaltet 948 Taxa, die zu 776 Arten und 56 Gattungen gehören. Die Gattungen *Navicula* (damals *sensu latissimo*) und *Nitzschia* sind am weitesten verbreitet. Für jedes Taxon wird ein Wert für die Parameter pH-Wert, Salzgehalt, Stoffwechsel in Bezug auf Stickstoff, Sauerstoffaufnahme, Aerophilie, Trophie und Saprobie dargestellt. Bei der Anwendung dieser bereits älteren Veröffentlichung ist Vorsicht geboten, da die besonderen ökologischen Verhältnisse in den Niederlanden nicht unbedingt auf die Gegebenheiten in den anderen Staaten übertragen werden können. Jedoch gehört die Liste aufgrund ihrer relativen Vollständigkeit nach wie vor zu den am meisten verwendeten Veröffentlichungen. Außerdem hat sie im Unterschied zu anderen Klassifizierungen den Vorteil, ähnliche Lebensräume wie die der vorliegenden Studie zu betrachten (Van Dam, 1994).

Aus Abbildung 14 geht hervor, dass die Artenzusammensetzung von alkaliphilen Arten dominiert wird, wobei im Unterlauf des Rheins ein leichter Trend zur Zunahme alkalibionter Arten zu verzeichnen ist. Außerdem ist eine recht konstante Basis neutrophiler Arten zu beobachten, mit einem etwas größeren Vorkommen im ersten Drittel des Profils, das zwei bemerkenswerte Spitzen aufweist: die Messstelle Nr. 2, Hemishofen (weit im Oberlauf, wo das Rheinwasser vermutlich nur schwach mineralisiert ist) und in geringerem Umfang die Messstelle Nr. 24, Leeheim (Vorkommen von knapp 20 % *Nitzschia palea* var. *palea*, einer verschmutzungstoleranten, als neutrophil eingestuften Art, die vermutlich eher indifferent ist, da sie eher an organische Belastung als an andere Faktoren gebunden ist). Azidophile Arten kommen nur sporadisch vor.

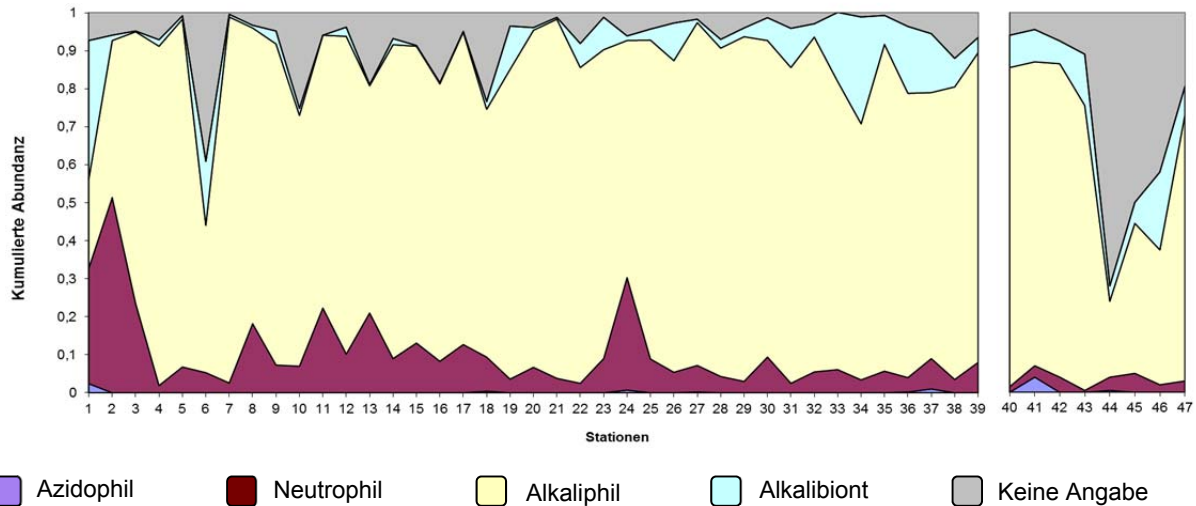


Abbildung 14: Kumulierte Abundanz der Arten, verteilt nach pH-Empfindlichkeit (Van Dam 1994)

Aus Abbildung 15 geht hervor, dass die Artenzusammensetzung im Rhein insgesamt weitgehend aus oligohaloben Arten besteht. Jedoch wird ein bemerkenswertes und durchgängiges Vorkommen halophiler Arten (hier im Sinne von Arten, die tolerant gegenüber Salzgehalt und starker Leitfähigkeit sind) ab der Messstelle Kehl (Nr. 12, am Oberrhein) festgestellt, die bei etwa 10 % stabil bleibt. Gleichfalls gibt es erst ab der Messstelle Niederkassel (Nr. 33, erste Messstelle am Niederrhein) ein spürbares Vorkommen der als „brackig“ bezeichneten Arten. Das entspricht ganz der schrittweise zunehmenden Mineralisierung im Unterlauf eines großen Stroms.

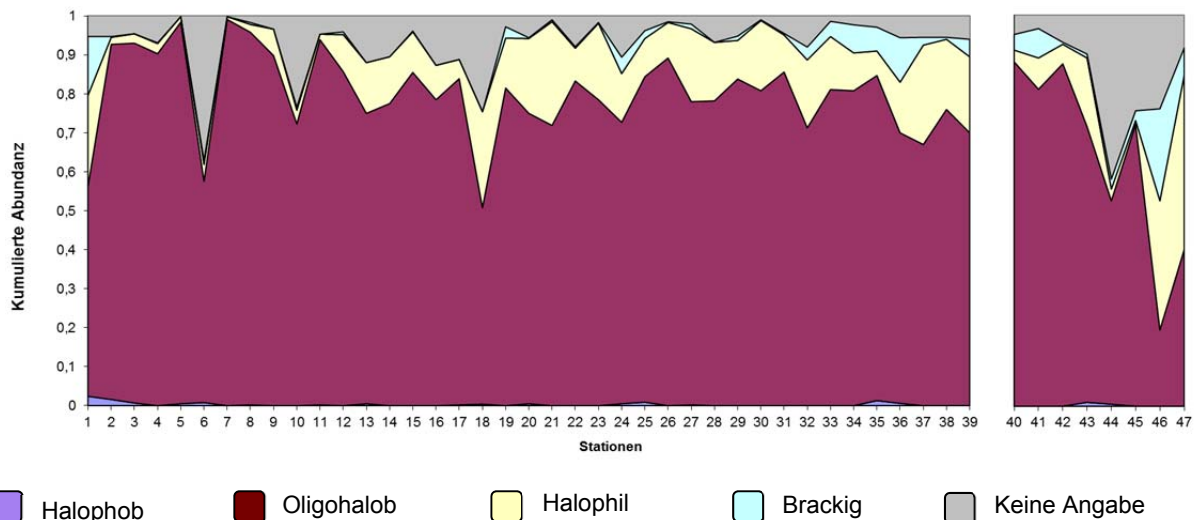


Abbildung 15: Kumulierte Abundanz der Arten, verteilt nach Salzempfindlichkeit (Van Dam 1994)

Abbildung 16 stellt die Klassenverteilung gegenüber dem Sauerstoffbedarf dar. Sie lässt für das oberste Drittel des Rheins keinerlei Schlussfolgerung zu, da für einen Großteil der Arten keine Angaben zu dieser Eigenschaft vorliegen. Jedoch kann festgestellt werden, dass das zweite Drittel von Mannheim (Messstelle Nr. 19, „zentral“ im Abschnitt des Oberrheins) bis Emmerich (Messstelle Nr. 36, letzte im Niederrhein) von oxibionten Taxa dominiert wird und in geringerem Umfang von Indikator taxa für eine gemäßigte Sauerstoffsättigung (50 bis 75 %). Aus dieser Feststellung ließe sich insbesondere in Anbetracht eines Flusses dieser Größe eine gute Sauerstoffversorgung schlussfolgern.

Logischerweise wird im Unterlauf (Deltarhein) eine bemerkenswerte Zunahme von Indikatorarten für eine gemäßigte Sauerstoffsättigung beobachtet, da der Lebensraum wesentlich lenticher wird.

Festzustellen sind zwei Spitzenwerte geringeren Sauerstoffbedarfs an den Messstellen Biblis (Nr. 21) und Leeheim (Nr. 24). Das ist im Zusammenhang mit einer erheblichen Abundanz (27 %) von *Eolimna minima* in der Probe bei Biblis und, weniger ausgeprägt (19 %), von *Nitzschia palea* var. *palea* an der Messstelle Leeheim zu sehen. Diese Arten sind verschmutzungstolerant und Indikatoren für qualitativ schlechtere und somit weniger sauerstoffreiche Lebensräume. In Abbildung 18 werden die Saprobienklassen beschrieben und die zunehmende Abundanz der Klassen α -meso-polysaprob bei Biblis und polysaprob bei Leeheim mit dem Vorkommen der gleichen Arten in Verbindung gebracht. Begleitend dazu werden in der Artenzusammensetzung andere Indikatorarttaxa für weniger sauerstoffreiche Lebensräume gefunden, was diese beiden Spitzenwerte erklärt. Da keine Informationen über die Umweltbedingungen an diesen Messstellen vorliegen, kann nicht geschlussfolgert werden, ob das Vorkommen dieser Arten einen schlechteren Umweltzustand anzeigt oder ob es sich dabei um Artefakte der Probenahme handelt.

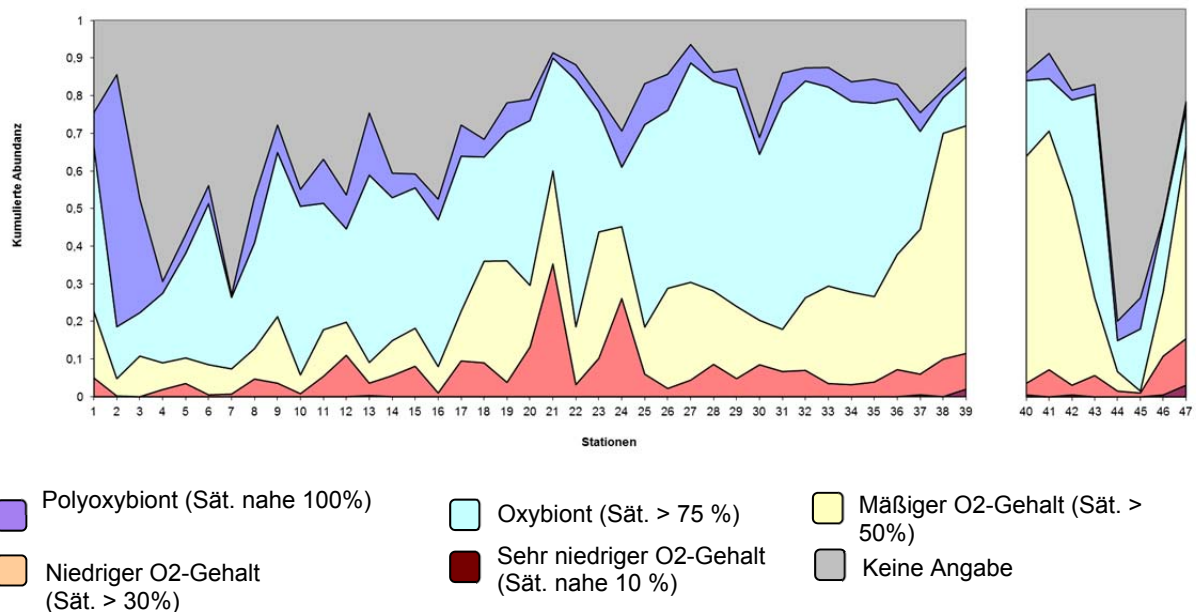


Abbildung 16: Kumulierte Abundanz der Arten, verteilt nach Sauerstoffempfindlichkeit (Van Dam 1994); Sät.: Sauerstoffsättigung

In Bezug auf die Trophie (entspricht dem Nährstoffangebot in der Umwelt) weisen der Hochrhein und die ersten Messstellen am Oberrhein auf einen mesotrophen Lebensraum hin (Abbildung 17). Abgesehen von der Messstelle Nr. 6 im Restrhein bei Kembs mit mehr als 40 % der Taxa in der Klasse „Keine Angabe“ (s. Kap. 4.1) zeigt sich hier eine weitere Anomalie, nämlich der erhebliche Anteil „indifferenter“ Taxa an der Messstelle Nr. 2, Hemishofen. Dies ist auf eine Abundanz von knapp 50 % von *Achnanthydium minutissimum* zurückzuführen, die als indifferent eingestuft wird. Dies rührt daher, dass man zum Zeitpunkt der Veröffentlichung von Van Dam unter dieser Art „sensu latissimo“ eher einen ganzen Komplex von Arten mit verschiedenartiger Ökologie zusammenfasste. Es ist nicht möglich, sich in Bezug auf diese direkt unterhalb des Bodensees liegende Messstelle zu der Eigenschaft von *A. minutissimum* (oligo-mesotroph bis mesotroph) im engsten oder weiteren Sinn zu äußern. Mit der bemerkenswerten Ausnahme von *Encyonema minuta* zeigen die subdominanten Arten eher einen Trend zur Eutrophierung.

Weiter stromabwärts eutrophiert der Rhein nach und nach mit zunehmender Abundanz meso-eutropher und eutropher Taxa, bis ab der Messstelle Biblis (Nr. 21) eutrophe Arten eindeutig dominieren.

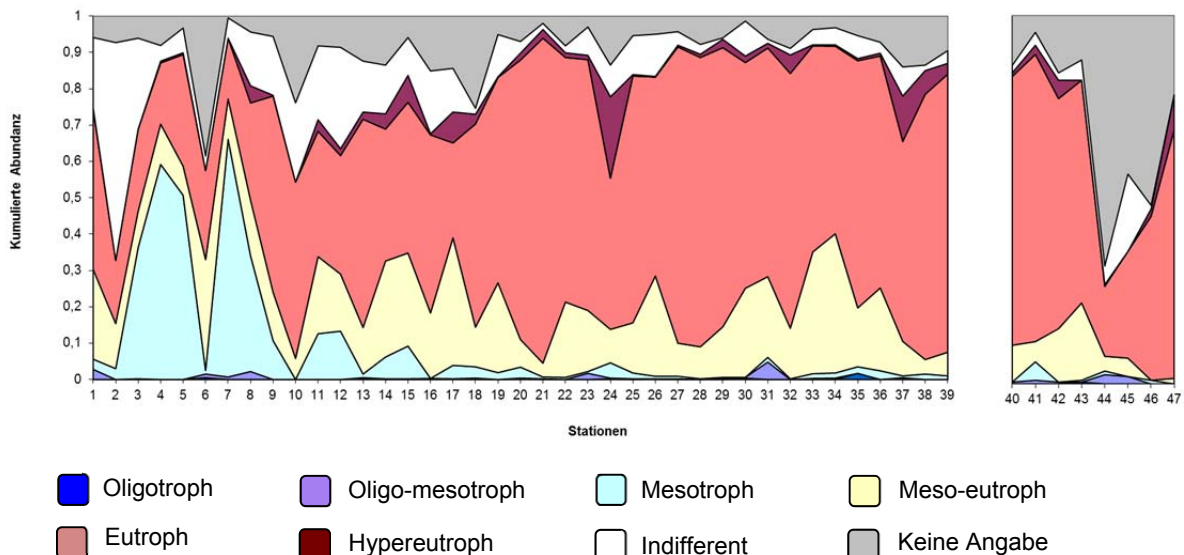


Abbildung 17: Kumulierte Abundanz der Arten, verteilt nach Empfindlichkeit gegenüber Nährstoffen (Van Dam 1994)

In Bezug auf die Saprobien (entspricht der organischen Stoffbelastung der Umwelt) zeigt Abbildung 18, dass der Rhein fast im gesamten Verlauf von β -mesosaprobien Taxa dominiert wird, was auf eher gering durch organische Stoffe belastete Lebensräume schließen lässt. Festzustellen ist eine schrittweise Zunahme der α -mesosaprobien Taxa, die ab Ende des Oberrheins (etwa ab der Messstelle Ginsheim, Nr. 25) spürbar wird und im Niederrhein deutlich zunehmen. Dominant werden sie erst im Deltarhein, was aufgrund des hier typischerweise stagnierenden Fließgewässercharakters mit Vorkommen großer Schilfgürtel oder Sumpfbereiche normal ist.

Jedoch ist ab der Messstelle Speyer (Nr. 18), die oberhalb der beiden bei Biblis (Nr. 21) und Leeheim (Nr. 24) festgestellten Spitzenwerte liegt, ein wesentlich stärker betroffener Abschnitt zu beobachten (s. vorstehenden Abschnitt über die Sauerstoffversorgung). In diesem Abschnitt werden die Populationen von *Amphora pediculus* dominant, einem als β -mesosaprob klassifizierten Taxon, das tatsächlich jedoch eher als euryök und ubiquitär gilt. In diesem Bereich wird auch eine erhebliche Abundanz eher verschmutzungstoleranter Taxa wie *Eolimna minima* oder *Nitzschia inconspicua* beobachtet. Diese Feststellung spricht für eine erhebliche Zunahme der organischen Belastung in diesem Abschnitt. Diese könnte aus dem Großraum

Ludwigshafen/Mannheim oder dem Mündungsbereich des Neckar stammen. Jedoch scheinen sich die Lebensraumbedingungen ab der Messstelle Ginsheim (Nr. 25) wieder zu verbessern.

Das saprobielle Profil ist am Hochrhein wenig belastbar, da die Abundanz der Klasse „Keine Angabe“ bei knapp 60 % liegen kann. Da jedoch, wie in Kap. 3.2 festgestellt, die nicht beschriebenen Arten verschmutzungsempfindlich sind, besteht kein Anlass, die gute Qualität dieses Abschnitts hinsichtlich der Saprobie in Frage zu stellen.

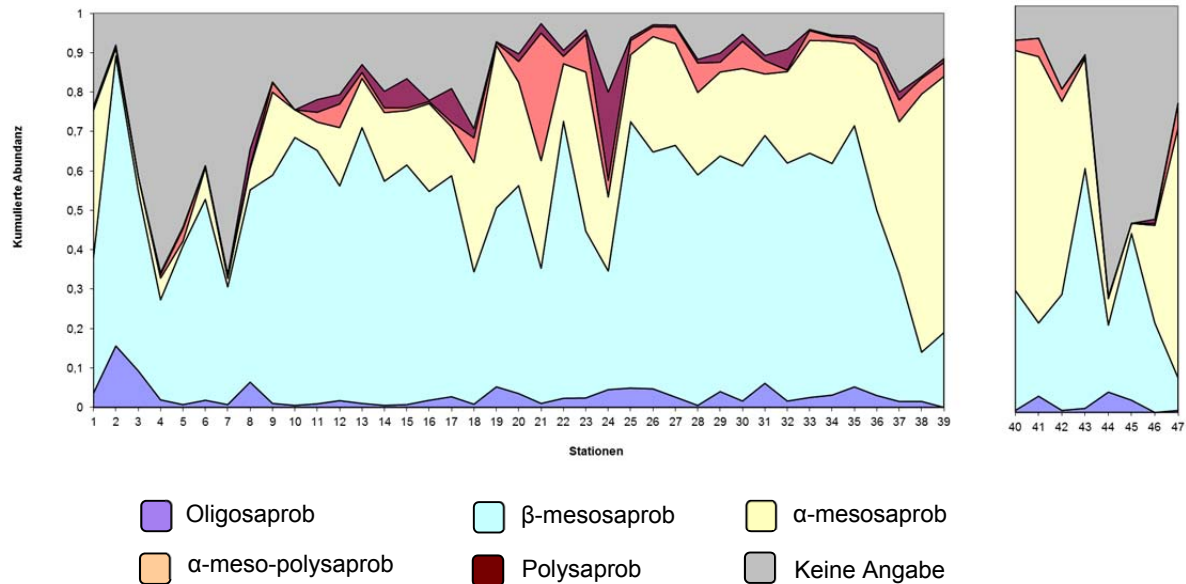


Abbildung 18: Kumulierte Abundanz der Arten, verteilt nach Empfindlichkeit gegenüber organischer Belastung (Van Dam 1994)

4.2. Ökologische Gilden & Lebensarten (Rimet *et al.*, 2012)

Die Mehrzahl der auf Diatomeen basierten biotischen Indizes bauen auf der Verschmutzungsempfindlichkeit der Arten auf. Neuere Studien weisen jedoch darauf hin, dass die Hinzuziehung ergänzender Kennzahlen für die Bioindikation von Bedeutung ist: dabei geht es um Lebensformen, Zellgrößen und ökologische Gilden. Bedauerlicherweise ist die Zuweisung der Taxa zu diesen verschiedenen Kennzahlen häufig auf zahlreiche Artikel und Werke verstreut. Außerdem werden derartige Kennzahlen häufig in Studien verwendet, die sich auf graue Literatur und nicht veröffentlichte Listen beziehen. Ziel des vorliegenden Artikels von Rimet *et al.* war, eine breit angelegte Liste der häufig in europäischen Fließgewässern beobachteten Taxa mit ihrer Zugehörigkeit zu diesen verschiedenen Kennzahlen zu liefern. 1115 Taxa wurden in einer Excel-Datei kodifiziert. Klar ist, dass die Zugehörigkeit der Arten zu den Kennzahlen durch die Taxonomie bestimmt wird (Rimet *et al.*, 2012).

Abbildung 19 stellt die Abundanz der Taxa für die biologischen Eigenschaften mobil, koloniebildend oder Pionierverhalten dar. Dabei zeigen die mobilen und die koloniebildenden Arten gegenläufige Entwicklungen. Die im Rhein vorkommenden Arten werden insgesamt von mobilen Taxa dominiert, die abnehmen, sobald die Abundanz der koloniebildenden Formen zunimmt: das ist kennzeichnend für die Messstellen in den eher lenticischen Bereichen, die im Deltarhein verbreitet sind. Die einzige Ausnahme bildet der Altrhein bei Kembs (Nr. 6), wo der starke Rückgang mobiler Taxa auf das Vorkommen der kürzlich beschriebenen und in der Veröffentlichung noch nicht berücksichtigten *Achnanthydium delmontii* zurückzuführen ist.

Die Pionierarten gehören zu den ersten, die künstlich eingebrachte Substrate besiedeln. Das ist eine Anpassungsfähigkeit, biofilmbefreie Substrate durch hohe Reproduktion schnell zu besiedeln. Daher sind diese Arten auch kennzeichnend für Lebensräume, in denen der Biofilm in erheblichem Umfang abgebaut wird. Ihre Abundanz erreicht im Hochrhein einen Spitzenwert, wie auch im zentralen Bereich des Rheins zwischen den Messstellen Nordheim (Nr. 20) und Andernach (Nr. 31), um anschließend nach und nach abzunehmen. Der erste Spitzenwert mit 59 % an der Messstelle Hemishofen ist auf das erhebliche Vorkommen von *Achnanthydium minutissimum*, einer Pionierart lotischer Lebensräume zurückzuführen, in denen die Substrate Geschiebe ausgesetzt sein können oder der Biofilm von der Strömung abgespült wird. Der zweite Bereich mit hoher Abundanz liegt im Mittelrhein und ist auf ein erhebliches Vorkommen von *Amphora pediculus* zurückzuführen, einer Pionierart in Lebensräumen mit starker Beweidung des Biofilms (beispielsweise durch Wirbellose oder Fische).

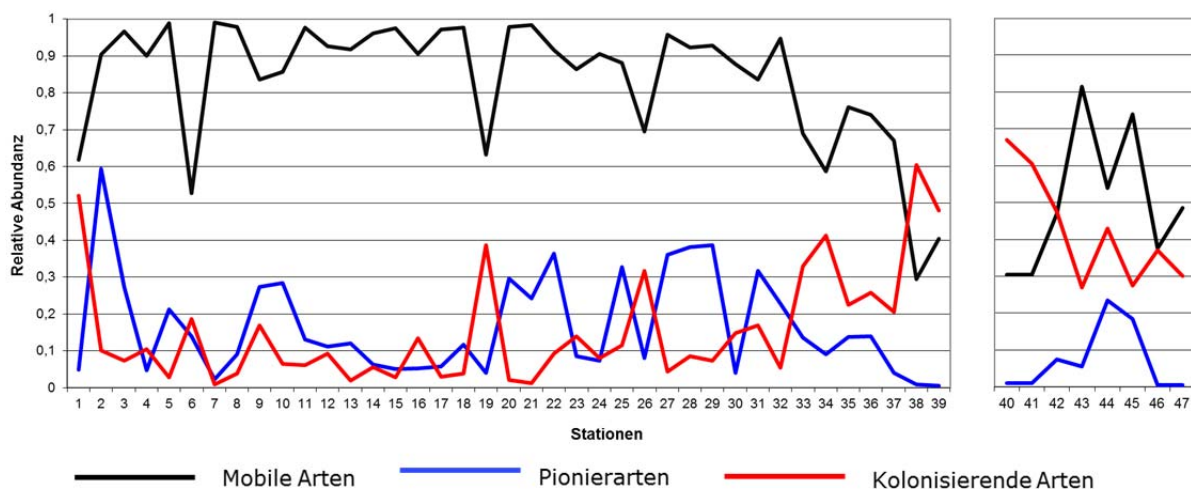


Abbildung 19: Relative Abundanz der Arten in Bezug auf ihren Lebensraumtyp: mobile, kolonisierende oder Pionierart (Rimet 2012)

Abbildung 20 stellt die kumulierte Abundanz der Taxa je nach sessiler oder nicht-sessiler Lebensweise und nach der Art der Haftung am Substrat dar. Für den Bereich des Hochrheins und den beginnenden Oberrhein wird ein Spitzenwert von gestielten Lebensformen festgestellt, die in Verbindung mit dem erheblichen Vorkommen der an Fließwasser-Ökosysteme angepassten *Achnanthydium minutissimum* und *A. pyrenaicum* zu sehen ist. Der Einbruch an der Messstelle Kembs (Nr. 6) ist wiederum auf das Vorkommen der erst kürzlich beschriebenen Art *Achnanthydium delmontii* zurückzuführen, deren Ökologie noch präzisiert werden muss.

Diese Abbildung zeigt eine erhebliche Abundanz von Arten, die durch Kissen fixiert sind, an den ersten beiden Messstellen sowie im Unterlauf des Rheins, insbesondere im Delta. Diese beiden Phänomene sind auf das Vorkommen von Arten zurückzuführen, die an lentische Bereiche angepasst sind: *Fragilaria* sensu lato (d.h. *Fragilaria* sensu stricto, *Staurosira*, *Pseudostaurosira*...). Im Oberlauf ist das durch den Einfluss des Bodensees zu erklären, im Unterlauf durch schrittweise abnehmende Fließgeschwindigkeit des Rheins, den Einfluss von Bauwerken (beispielsweise Staustufen) und den typischerweise lentischen Lebensraum des Rheindeltas. An den Messstellen IJsselmeer (Nr. 44) und Markermeer (Nr. 45) ist auch eine zunehmende Abundanz der gestielten Formen zu beobachten, die auf das erhebliche Vorkommen von *Achnanthydium* sp und *Achnanthydium* der Gruppe *minutissimum* zurückzuführen ist. Da die meisten Arten der Gattung *Achnanthydium* gestielte Lebensformen sind, hat der Verfasser sich dafür entschieden, der Art diese Eigenschaft zuzuweisen. Jedoch gibt es auch einige Ausnahmen, beispielsweise *Achnanthydium catenatum* (Bily & Marvan) Lange-Bertalot,

eine planktonartige Art. Aus diesem Grund hat der Verfasser sich zuvor entschlossen, der Art *Achnantheidium delmontii*, deren Ökologie und Lebensart bislang nur wenig bekannt sind, diese Eigenschaft nicht zuzuweisen.

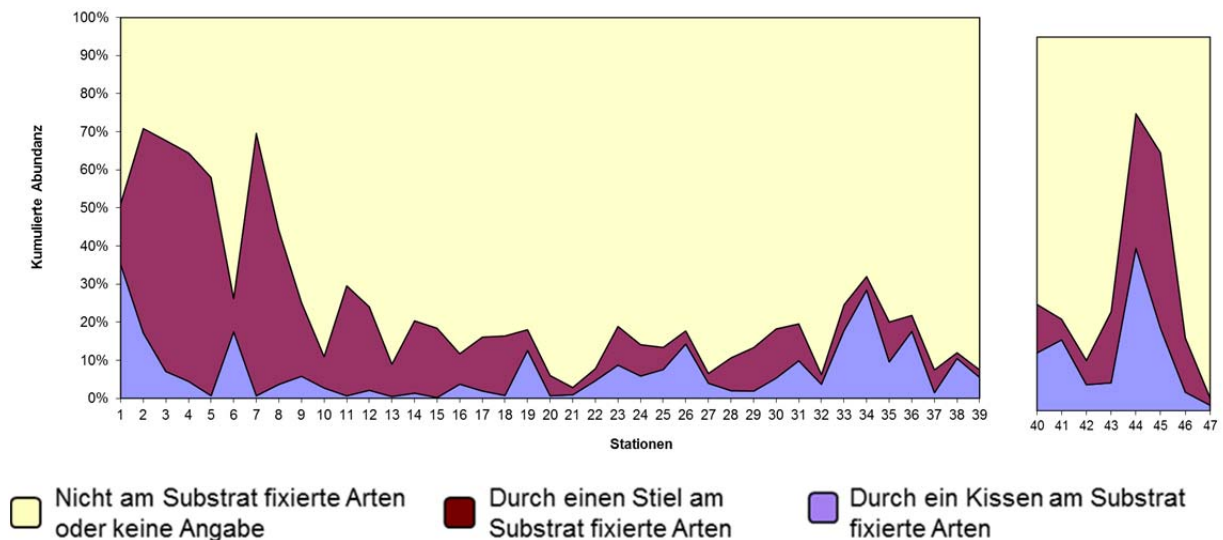


Abbildung 20: Kumulierte Abundanz der Arten nach biologischer Eigenschaft bezüglich der Haftung am Substrat (Rimet 2012)

Schließlich beinhaltet diese Veröffentlichung eine Verteilung der Arten auf vier große, durch die Lebensart bestimmte ökologische Gilden:

- ✓ In der „Low profile“-Gilde findet man Arten niedriger, kriechender oder aufrechter Statur. In einer derartigen Gruppe findet man hauptsächlich Taxa, die physischen Störungen (Turbulenzen) widerstehen und im allgemeinen keine Nährstoffanreicherung tolerieren. Als Beispiel kann *Achnantheidium minutissimum* genannt werden.
- ✓ Zu der „High profile“-Gilde gehören die großen Arten oder diejenigen, die zur Bildung von Kolonien neigen. Diese Gruppe widersteht Turbulenzen nicht und bevorzugt Stillgewässer. Sie wird durch die Nährstoffanreicherung des Lebensraums begünstigt.
- ✓ Die Gilde der „Mobilen“ besteht aus Taxa, die in der Lage sind, sich schnell zu bewegen (z. B. die Gattungen *Navicula* und *Nitzschia*). Diese Gruppe besteht aus Vertretern, die an Lebensräume mit turbulentem Wasser und hoher Nährstoffkonzentration angepasst sind.
- ✓ Wie der Name besagt, fallen unter die Gilde der „planktonartigen“ Taxa jene mit freischwebender Lebensweise.

In dieser Klassifizierung sind gewisse Arten problematisch. Zu nennen ist beispielsweise *Amphora pediculus*, die unter „Low profile“ eingestuft wurde, weil sie niedriger Statur ist, aber eine Pionierart in eutrophen Lebensräumen darstellt, die der Beweidung widersteht. Die Gattung *Eunotia* stellt eine Gruppe dar, die genauer untersucht werden sollte, denn sie ist als „High profile“ klassifiziert. Tatsächlich gehören zu dieser Gattung viele große, Bänder bildende Arten, aber sie benötigt eher neutrale bis saure oligotrophe und oligosaprobe Gewässer. Daneben gibt es aber auch kleine Arten, beispielsweise *Eunotia exigua* mit niedriger Statur.

Auch wenn diese Klassifizierung gewisse Fehler aufweist, bietet sie einen interessanten Überblick über die Abfolge struktureller Diatomeenpopulationen im Längsverlauf eines

Fließgewässers. Diese Abfolge ist nachstehender Abbildung 21 zu entnehmen. Wiederum stellt die Messstelle Fußbach mit einer eher für Stillgewässer typischen Zusammensetzung eine Anomalie am Alpenrhein dar. Im Oberlauf des Rheins ist eine „Low profile“-Dominanz mit einem Höchstwert von 82 % der Artenzusammensetzung an der Messstelle Wyhlen (Nr. 5) zu beobachten, was diesen sehr energiereichen Abschnitt mit sehr schnell fließendem und turbulentem Wasser gut beschreibt. Aus den bereits erwähnten Gründen bildet der Restrhein bei Kembs auch hier eine Ausnahme.

Ab der Messstelle Neunburg (Nr. 7) bis zur Messstelle Karlsruhe (Nr. 17) nimmt diese Gilde ab und wird nach und nach von der der „Mobilen“ abgelöst, die an der Messstelle Gamsheim (13) mit 75 % ihren Höchstwert erreicht. Der Rhein bleibt ein sehr energiereicher Lebensraum, beginnt aber merklich mit Nährstoffen angereichert zu werden (siehe Abbildung 17 zur Trophie nach Van Dam, 1994).

Unterhalb dieses Abschnittes bis zur Messstelle Hammerstein (Nr. 32), die das Ende des Mittelrheins kennzeichnet, wird ein Wiederanstieg der Abundanz der „Low profile“ beobachtet. Dieser Anstieg ist durch das vorrangige Vorkommen von *Amphora pediculus* in diesem Abschnitt bedingt (siehe Abbildung 3). Da der Lebensraum eutrophiert und vermutlich weniger turbulent ist, wird diese der Beweidung des Biofilms widerstehende Pionierart dort zu einer wesentlichen Komponente der Lebensgemeinschaft.

Ab dem Niederrhein nimmt die Abundanz der „High profile“ sukzessive zu und erreicht an den Messstellen „Twentekanaal“ (Nr. 40) und „Vecht Delta Groot Salland“ (Nr. 41) ein Maximum von 66 %: der Lebensraum ist eher lentisch geprägt und vermutlich nimmt auch die Nährstoffbelastung zu.

Insbesondere im Abschnitt des Deltarheins ist auch eine bemerkenswerte Abundanz der Planktonartigen festzustellen, wenn auch einige Artefakte, wie an den Messstellen Obersäckingen (Nr. 4) oder Gamsheim (Nr. 13), zu vermerken sind. Diese Besonderheiten stehen vermutlich in Verbindung mit Probenahmen in weniger schnell fließendem Wasser, wo die Sedimentation begünstigt wird oder sind durch eine stromaufwärts liegende Staustufe bedingt.

Somit lässt sich eine eindeutige und logische Abfolge von Gilden vom Ober- zum Unterlauf des Rheins mit abnehmender Fließgeschwindigkeit und gleichzeitiger Zunahme des Nährstoffangebots feststellen.

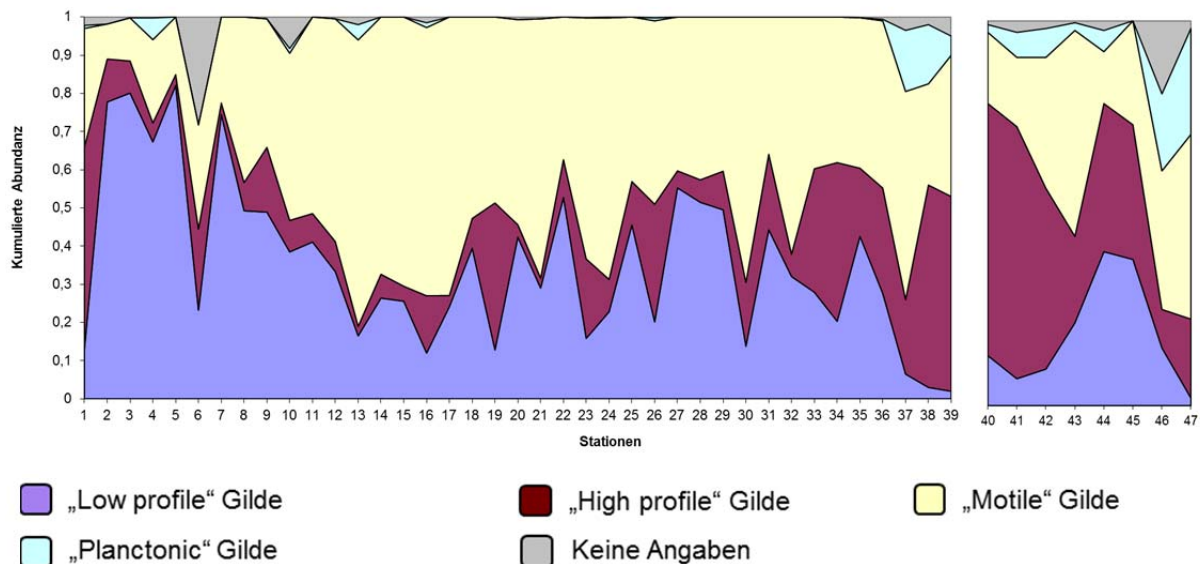


Abbildung 21: Kumulierte Abundanz der Arten je nach Zugehörigkeit zu verschiedenen ökologischen Gilden (Rimet 2012)

5. Bewertung

Die Zustands- bzw. Potenzialbewertung des Rheins und seiner größeren Nebenflüsse hinsichtlich der biologischen Qualitätskomponente Makrophyten/Phytobenthos ist in Tabelle 8 dargestellt.

Die meisten Rheinanliegerstaaten ziehen für die Bewertung lediglich die benthischen Diatomeen heran. In Baden-Württemberg (DE-BW) und Nordrhein-Westfalen (DE-NW) fließt das übrige Phytobenthos mit in die Bewertung ein.

2012 wird der **Bodensee** in allen Teilen als „gut“ bewertet, ebenso der gesamte **Hochrhein** und der **südliche Oberrhein** bis zur Staustufe Gamsheim.²

Im weiteren Verlauf (**nördlicher Oberrhein, Mittelrhein**) wird der Rhein bis zur deutsch-niederländischen Grenze durchweg als mäßig bewertet, mit einem „guten“ Wasserkörper im **Niederrhein** (Ruhrmündung bis Lippemündung).

Im **Deltarhein** haben zahlreiche Wasserkörper hinsichtlich der Qualitätskomponente Makrophyten/Phytobenthos das gute ökologische Potenzial erreicht: Boven Rijn / Waal, Nieuwe Waterweg, IJssel, die östlichen Randmeren, Ketelmeer, Vossemeer, Zwartemeer und alle großen Kanäle. Nederrijn / Lek, Dordtse Biesbosch, Oude Maas, das IJsselmeer, das Markermeer und die südlichen Randmeren wurden als mäßig bewertet, die Hollandsche IJssel als unbefriedigend.

Da die benthischen Diatomeen erstmals im Rheinmessprogramm 2006/2007 untersucht und bewertet wurden, sind Aussagen über den Langzeittrend in dieser Gruppe nicht möglich. Unstrittig ist jedoch, dass die Reduzierung der Nährstoffbelastung im Rhein - ähnlich wie beim Phytoplankton - zu einer natürlicheren Lebensgemeinschaft geführt hat.

² Bewertungsergebnis für den Bodensee gemäß Datenlieferung für die Anlage 1 im Entwurf des 2. BWP Rhein. Durch die Einbeziehung der Makrophyten kommt Baden-Württemberg für alle Oberrheinwasserkörper zu einem mäßigen Ergebnis. Die bilaterale Abstimmung hat jedoch ergeben, dass die gute Bewertung Frankreichs für die Wasserkörper OR 1 bis OR 3 übernommen werden kann.

Tabelle 8: Bewertung der biologischen Qualitätskomponente Makrophyten/Phytobenthos im Rhein nach WRRL für den Bewirtschaftungsplan 2009 und den BWP-Entwurf 2014

Bewertung der biologischen Qualitätskomponente Makrophyten / Phytobenthos im Rhein nach WRRL für BWP 2009 und BWP Entwurf 2014	J.	Bewertung der Qualitätskomponente nicht erforderlich	sehr gut	1	Ökolog. Potenzial
		Keine Erhebung bzw. Bewertung der Komponente / Datenlage unzureichend	gut	2	2
		Makrophyten / Phytobenthos: In DE-BW bezieht sich dieses Ergebnis auf die komplette Biokomponente. In Frankreich wurden nur Diatomeen bewertet.	mäßig	3	3
			unbefriedigend	4	4
			schlecht	5	5
Stand: Mai 2015					
Wasserkörper	Fluss-km	IKSR-Überblicksüberwachungs-Messstelle im Wasserkörper	Nation / Land	BWP 2009	BWP Entwurf 2014
ALPENRHEIN Reichenau – Bodensee					
AR 3 Alpenrhein, OWK AT 10109000		Fussach	AT/ Vorarlberg/CH (SG)	2	2
BODENSEE					
BOD-OS Bodensee-Obersee	keine Kilometrierung	Fischbach-Uttwil	DE-BW	2	2
BOD-USZ Bod.-Untersee-Zellersee		Zellersee	CH / St. Gallen	2	2
HOCHRHEIN Bodensee – Basel					
Hochrhein 1 - Bodensee bis Aaremündung	24-102,7	Stein, Ellikon	CH / DE-BW	1	2
Hochrhein 2 - Aaremündung bis Basel	102,7-170	Sisseln, Pratteln/Wyhlen	CH / DE-BW	1	2
OBERRHEIN Basel – Bingen					
Oberrhein 1 - OR 1 - Rhein 1 - Alter Rhein, Basel bis Breisach	170-225	Weil am Rhein	DE-BW	1	3
			FR	2	2
			<i>Ergebnis der Abstimmung</i>		
Oberrhein 2 - OR 2 - Rhein 2 - Rheinschlinge, Breisach bis Strasbourg	225-292	oberhalb Rhinau	DE-BW	2	3
			FR	2	2
			<i>Ergebnis der Abstimmung</i>		
Oberrhein 3 - OR 3 - Rhein 3 - Staugeregelte Rheinstrecke, Straßburg bis Iffezheim	292-352	oberhalb Gamsheim	DE-BW	2	3
			FR	3	2
			<i>Ergebnis der Abstimmung</i>		
Oberrhein 4 - OR 4 - Rhein 4 - Staustufe Iffezheim bis oberhalb Lautermündung	352-428	Karlsruhe	DE-BW	2	3
			FR		3
			<i>Ergebnis der Abstimmung</i>		
Oberrhein 5 - OR 5 - Lauter- bis Neckarmündung	352-428		DE-BW	2	3
			DE-RP		3
Oberrhein 6 - OR 6 - Neckar- bis Mainmündung	428 - 497	Worms	DE-BW	3	3
			DE-HE		3
			DE-RP	3	3
Oberrhein 7 - OR 7 - Main- bis Nahemündung	497 - 529	Mainz/Wiesbaden	DE-HE		3
			DE-RP	3	3
MITTELRHEIN Bingen – Bonn					
Mittelrhein (MR)	529-639	Koblenz	DE-HE		3
			DE-RP	3	3
NIEDERRHEIN Bonn – Kleve-Bimmen / Lobith					
Niederrhein 1 - NR 1 - Bad Honnef bis Leverkusen	639-701	Köln-Godorf	DE-NW	3	3
Niederrhein 2 - NR 2 - Leverkusen bis Duisburg	701-764	Düsseldorf-Hafen	DE-NW	2	4
Niederrhein 3 - NR 3 - Duisburg bis Wesel	764-811	Duisburg-Walsum / Orsoy	DE-NW	3	3
Niederrhein 4 - NR 4 - Wesel bis Kleve	811-865	Niedermaerter / Rees	DE-NW	2	3
DELTARHEIN Lobith -Hoek van Holland					
Boven Rijn, Waal	880-930	Lobith	NL	2	2
Nederrijn/Lek	954-980		NL	2	3
Dordtse Biesbosch	972-982		NL	2	3
Oude Maas	977-998		NL	2	2
Nieuwe Waterweg	998-1013	Maassluis	NL	2	2
IJsselmeer	n.a.	Vrouwezand	NL	2	2
Wattenmeer Festlandküste	n.a.	Boomkensdiep	NL	5	3
Wattenmeer	n.a.	Dantziggat, Doovebalg west	NL	4	4
Holländische Küste (Küstengewässer)	n.a.	Noordwijk	NL		
In den Wasserkörpern Wattenmeer und Wattenmeer Festlandküste wird kein Phytobenthos bewertet, sondern Seegras und Strandschwingel (beide auf Qualität und Quantität).					
Die Messlatten für Makrophyten (und Fische) in den Niederlanden wurden 2012 verbessert, wodurch EKR-Werte zum Teil stark abweichen. Um die alten mit den verbesserten Messlatten vergleichen zu können, wurden die Daten aus 2012 anhand beider Messlatten geprüft. Das Gute Ökologische Potenzial wurde dann angepasst, so dass die Bewertungen aus 2009 und 2012 trotz allem gut miteinander verglichen werden können.					

6. Fazit

Die Untersuchung der Struktur vorhandener Diatomeen-Gemeinschaften erlaubt, die Entwicklung der Bedingungen im Längsverlauf des Rheins zu beschreiben.

Für den Hochrhein ist die Artenzusammensetzung typisch für wenig durch Nährstoffe, organische oxidierbare Stoffe oder Mineralisierung beeinflusste Fließwasser-Ökosysteme. Stromabwärts entwickelt sich die Situation sukzessive. Charakteristische Arten eutrophierter Lebensräume machen ab dem Oberrhein einen erheblichen Anteil aus und überwiegen gegen Ende dieses Abschnitts. Die Abfolge im Flussverlauf zeigt eine gemäßigte und allmähliche Zunahme der Menge organischer Stoffe und der Mineralisierung.

Die im Rheindelta vorkommenden Arten weisen in ihren hydromorphologischen Eigenschaften nur geringfügig auf einen besonderen Lebensraum hin: planktonartige und halophile Arten erscheinen in bemerkenswerten Mengen, wie auch Arten, die für sauerstoffärmere Stillgewässer, in denen organische Stoffe ganz natürlich akkumulieren, typisch sind.

Somit lässt sich mit abnehmender Fließgeschwindigkeit und gleichzeitiger Zunahme des Nährstoffangebots eine eindeutige und logische Abfolge von Gilden vom Ober- zum Unterlauf des Rheins feststellen.

7. Literatur

AFNOR T90-354 (Dezember 2007). Qualité de l'eau - Détermination de l'Indice Biologique Diatomées (IBD). Paris, 79 Seiten.

Coste *in* CEMAGREF (1982). Etude des méthodes biologiques quantitatives d'appréciation de la qualité des Eaux. Rapport Q.E. Lyon, A.F.B. Rhône-Méditerranée-Corse, 218 Seiten.

Coste, M., Boutry, S., Tison Rosebery, J., Delmas, F. (2009). "Improvements of the Biological Index (BDI): description and efficiency of the new version (BDI-2006)." Ecological indicators, vol. 9, no. 4, S. 621-650

Hofmann, G. (1994): Aufwuchs-Diatomeen in Seen und ihre Eignung als Indikatoren der Trophie.- Bibliotheca Diatomologica 30: 1.-241.

Hofmann G., Werum M., Lange-Bertalot H. (2011). Diatomeen im Süßwasser - Benthos von Mitteleuropa. Lange - Bertalot, Horst (ed.). 3522 Fig. auf 133 Tafeln. 908 S.

Krammer K., Lange-Bertalot H. (1986). Bacillariophyceae 1. Teil: Naviculaceae. In H. Ettl, J. Gerloff, H. Heynig, D. Moltenhauer (Eds). Süßwasserflora von Mitteleuropa. Stuttgart, Gustav Fischer Verlag, 1986, 876 S.

Krammer K., Lange-Bertalot H. (1988). Bacillariophyceae 2. Teil: Bacillariaceae, Epithemiaceae, Surirellaceae. In H. Ettl, J. Gerloff, H. Heynig, D. Moltenhauer (Eds). Süßwasserflora von Mitteleuropa. Stuttgart, Gustav Fischer Verlag, 1988, 610 S.

Krammer K., Lange-Bertalot H. (1991a). Bacillariophyceae 3. Teil: Centrales, Fragilariaceae, Eunotiaceae. In: H. Ettl, J. Gerloff, H. Heynig, D. Moltenhauer (Eds) Süßwasserflora von Mitteleuropa. Stuttgart, Gustav Fischer Verlag, 1991a, 576 S.

Krammer K., Lange-Bertalot H. (1991b). Bacillariophyceae 4. Teil: Achnantheaceae. Kritische Ergänzungen zu Navicula (Lineolatae) und Gomphonema. Gesamtliteraturverzeichnis Teil 4. Süßwasserflora von Mitteleuropa. Stuttgart, Gustav Fischer Verlag, 1991b, 468 S.

Leitfaden zur Erhebung der biologischen Qualitätselemente Teil A3 - Phytobenthos, Lebensministerium Wien, 2010

MEEDEM (2010). Arrêté du 25 janvier 2010 relatif aux méthodes et critères d'évaluation de l'état écologique, de l'état chimique et du potentiel écologique des eaux de surface pris en application des articles R. 212-10, R. 212-11 et R. 212-18 du code de l'environnement. NOR: *DEVO1001032A*. 55 S

MEDDE (2012). Guide technique : Évaluation de l'état des eaux de surface continentales (cours d'eau, canaux, plans d'eau). Edité par le Ministère de l'Écologie, du Développement durable et de l'Énergie. 84 S.

Pérès F., Barthès A., Ponton E., Coste M., Ten-Hage L. & Le-Cohu R. (2012). *Achnantheidium delmontii* sp. nov., a new species from French rivers - *Fottea*, Olomouc, 12(2): 189-198

Rimet F. and Bouchez A. (2012). Life-forms, cell-sizes and ecological guilds of diatoms in European rivers. *Knowledge and Management of Aquatic Ecosystems*. 406: 1.-14.

EUROPÄISCHE UNION (2000): Richtlinie 2000/60/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 23. Oktober 2000 zur Schaffung eines Ordnungsrahmens für Maßnahmen

der Gemeinschaft im Bereich der Wasserpolitik Amtsblatt der Europäischen Union L 32771/1, 22.12.2002.

Van Dam, H., Mertens, A., Sinkeldam, J., (1994). A coded checklist and ecological indicator values of freshwater diatoms from The Netherlands. *Neth. J. Aquat. Ecol.* 28, 117/-133.

Van Dam, H. (2007). Een herziene KRW-maatlat voor het fyto bentos in stromende wateren (A revised WFD-metric for river phyto bentos in The Netherlands). In opdracht van (commissioned by): Rijkswaterstaat RIZA. Herman van Dam, Adviseur Water en Natuur. Amsterdam 47 S.

Rott, E.; H, G.; Pall, K.; Pfister, P. & Pipp, E. (1997): Indikationslisten für Aufwuchsalgen. Teil 1: Saprobien Indikation.- Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft Wien: 1.-73.

Rott, E.; Binder, N.; Van Dam, H.; Ortler, K.; Pall, K.; Pfister, P. & Pipp, E. (1999): Indikationslisten für Aufwuchsalgen. Teil 2: Trophieindikation und autökologische Anmerkungen.- Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft Wien: 1.-248.

Trobajo R., Rovira L., Ector L., Wetzel C. E., Kelly M. & Mann D.G. (2013): Morphology and identity of some ecologically important small *Nitzschia* species, *Diatom Research*, 28:1, 37-59

Zelinka M., Marvan P., (1961). Zur Präzisierung der biologischen Klassifikation der Rheinheit fließender Gewässer. *Archiv. Hydrobiol.*, 57, 389-407.

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Anzahl der pro Rheinabschnitt gefundenen Taxa.....	12
Abbildung 2: Mittlere Artenzahl pro Probe und Rheinabschnitt.....	12
Abbildung 3: Durchschnittliche Abundanz von 4 aspektbildenden Arten in den Rheinabschnitten	13
Abbildung 4: Fotos von 4 aspektbildenden Arten in den verschiedenen Rheinabschnitten	14
Abbildung 5: Durchschnittliche Abundanz von <i>Achnanthydium pyrenaicum</i>	15
Abbildung 6: Fotos von <i>Achnanthydium pyrenaicum</i> und <i>Achnanthydium minutissum</i>	15
Abbildung 7: Durchschnittliche Abundanz von <i>Eolimna minima</i> , <i>Nitzschia inconspicua</i> , <i>Nitzschia fonticola</i> und <i>Navicula cryptotenella</i> pro Rheinabschnitt	16
Abbildung 8: Fotos von <i>Eolimna minima</i> , <i>Nitzschia inconspicua</i> ,	17
Abbildung 9: Bildtafeln von <i>Achnanthydium pyrenaicum</i> , <i>A. subatomus</i> und <i>A. delmontii</i> 18	
Abbildung 10: Durchschnittliche Abundanz von <i>Navicula antonii</i> , <i>Navicula rostellata</i> und <i>Amphora pediculus</i> pro Rheinabschnitt	19
Abbildung 11: Fotos von <i>Navicula antonii</i> , <i>Navicula rostellata</i> und <i>Amphora pediculus</i> ..	19
Abbildung 12: Durchschnittliche Abundanz von <i>Navicula recens</i> , <i>Diatoma vulgare</i> und <i>Melosira varians</i> pro Rheinabschnitt	20
Abbildung 13: Fotos von <i>Navicula recens</i> , <i>Diatoma vulgare</i> und <i>Melosira varians</i>	21
Abbildung 14: Kumulierte Abundanz der Arten, verteilt nach pH-Empfindlichkeit (Van Dam 1994).....	25
Abbildung 15: Kumulierte Abundanz der Arten, verteilt nach Salzempfindlichkeit (Van Dam 1994).....	25
Abbildung 16: Kumulierte Abundanz der Arten, verteilt nach Sauerstoffempfindlichkeit	26
Abbildung 17: Kumulierte Abundanz der Arten, verteilt nach Empfindlichkeit gegenüber Nährstoffen (Van Dam 1994)	27
Abbildung 18: Kumulierte Abundanz der Arten, verteilt nach Empfindlichkeit gegenüber organischer Belastung (Van Dam 1994).....	28
Abbildung 19: Relative Abundanz der Arten in Bezug auf ihren Lebensraumtyp: mobile, kolonisierende oder Pionierart (Rimet 2012).....	29
Abbildung 20: Kumulierte Abundanz der Arten nach biologischer Eigenschaft bezüglich der Haftung am Substrat (Rimet 2012).....	30
Abbildung 21: Kumulierte Abundanz der Arten je nach Zugehörigkeit zu verschiedenen ökologischen Gilden (Rimet 2012)	31

Liste der Tabellen

Tabelle 1: Anzahl der Messstellen pro Rheinabschnitt	7
Tabelle 2: Verteilung der Anzahl der Taxa auf die Anzahl Proben, in denen sie nachgewiesen wurden.....	8
Tabelle 3: Stetigkeit der am häufigsten im Rhein vorkommende Taxa	9
Tabelle 4: Am häufigsten im Rhein vorkommende Taxa	10
Tabelle 5: Nach durchschnittlicher Abundanz sortierte Taxaliste im Vergleich mit ihren Stetigkeiten.....	11
Tabelle 6: Durchschnittlicher Zählaufwand pro Rheinabschnitt	12
Tabelle 7: Zahlencodes der Messstellen am Rhein	22
Tabelle 8: Bewertung der Qualitätskomponente Makrophyten/Phytobenthos im Rhein	33

ANLAGEN

A. Liste der Messstellen mit Zuständigkeiten

Messstellencode (bezogen auf die vorliegende Studie)	Rheinabschnitt	Fluss	Messstelle	Zuständigkeit	Rhein- Kilometer
1	Alpenrhein	Neuer Rhein	Fußach	Österreich	<i>n.a.</i>
2	Hochrhein	Rhein	Stein	Schweizerische Eidgenossenschaft	25
3	Hochrhein	Rhein	Ellikon	Baden-Württemberg, Schweizerische Eidgenossenschaft	64
4	Hochrhein	Rhein	Sisseln	Baden-Württemberg, Schweizerische Eidgenossenschaft	120-126
5	Hochrhein	Rhein	Pratteln/Wyhlen	Baden-Württemberg, Schweizerische Eidgenossenschaft	158
6	Oberrhein	Restrhein	Kembs	Frankreich	<i>n.a.</i>
7	Oberrhein	Rhein	Neuenburg	Baden-Württemberg	199
8	Oberrhein	Rhein	Breisach	Baden-Württemberg	220
9	Oberrhein	Rhein	Wyhl	Baden-Württemberg	245
10	Oberrhein	Rhein	Rhinau	Frankreich	261
11	Oberrhein	Rhein	Schwana	Baden-Württemberg	272
12	Oberrhein	Rhein	Kehl	Baden-Württemberg	291
13	Oberrhein	Rhein	Gambsheim	Frankreich	309
14	Oberrhein	Rhein	Grauelsbaum	Baden-Württemberg	317
15	Oberrhein	Rhein	Steinmauern	Baden-Württemberg	345
16	Oberrhein	Rhein	Lauterbourg- Karlsruhe	Frankreich	350
17	Oberrhein	Rhein	Karlsruhe	Baden-Württemberg	361
18	Oberrhein	Rhein	Speyer	Rheinland-Pfalz	399
19	Oberrhein	Rhein	Mannheim	Baden-Württemberg	435
20	Oberrhein	Rhein	Nordheim	Hessen	451
21	Oberrhein	Rhein	Biblis	Hessen	456
22	Oberrhein	Rhein	Fähre Eich	Rheinland-Pfalz	461
23	Oberrhein	Rhein	Stockstadt	Hessen	468
24	Oberrhein	Rhein	Leeheim	Hessen	478
25	Oberrhein	Rhein	Ginsheim	Hessen	491
26	Oberrhein	Rhein	Wiesbaden	Hessen	499
27	Oberrhein	Rhein	Eltville	Hessen	509
28	Oberrhein	Rhein	Heidenfahrt	Rheinland-Pfalz	516
29	Mittelrhein	Rhein	Bacharach	Rheinland-Pfalz	542
30	Mittelrhein	Rhein	Lorchhausen	Hessen	543
31	Mittelrhein	Rhein	Andernach	Rheinland-Pfalz	615
32	Mittelrhein	Rhein	Hammerstein	Rheinland-Pfalz	618
33	Niederrhein	Rhein	Niederkassel	Nordrhein-Westfalen	665
34	Niederrhein	Rhein	Nierst	Nordrhein-Westfalen	758
35	Niederrhein	Rhein	Walsum	Nordrhein-Westfalen	794
36	Niederrhein	Rhein	Emmerich	Nordrhein-Westfalen	855

Messstellen-code*	Rhein-abschnitt	Fluss	Messstelle	Zuständigkeit	Rhein-Kilometer
37	Deltarhein	Rhein	Waal	Niederlande	863
38	Deltarhein	Lek	Nederrijn	Niederlande	946
39	Deltarhein	Oude Maas	Hagestein	Niederlande	986
40	Deltarhein	Twentekanaal	Twentekanaalen	Niederlande	<i>n.a.</i>
41	Deltarhein	Zwarte Water	Vechtdelta Groot Salland	Niederlande	<i>n.a.</i>
42	Deltarhein	IJssel	IJssel	Niederlande	995
43	Deltarhein	Eemmeer	Randmeren-Zuid	Niederlande	<i>n.a.</i>
44	Deltarhein	IJsselmeer	IJsselmeer	Niederlande	<i>n.a.</i>
45	Deltarhein	Markermeer	Markermeer	Niederlande	<i>n.a.</i>
46	Deltarhein	Noordzeekanaal	Noordzeekanaal	Niederlande	<i>n.a.</i>
47	Deltarhein	Hollandsche IJssel	Hollandsche IJssel	Niederlande	<i>n.a.</i>

* bezogen auf die vorliegende Studie

n.a. nicht anwendbar: keine Kilometerangabe, da nicht am Hauptstrom des Rheins.

Hauptstrom des Rheins zwischen Lobith und Rotterdam
Gewässersystem der IJssel (IJssel mit Nebenfluss Vecht, IJsselmeer und umliegende Seen = Randmeren)
Der Nordseekanal verbindet das Markermeer (Teil des IJsselmeers) mit der Nordseeküste
Die Hollandsche IJssel gehört nicht zum IJssel-Gewässersystem, ist jedoch eine Verbindung zwischen Rhein (Hauptstrom Lek) und Nieuwe Maas

B. Liste der in den Rheinabschnitten vorkommenden Arten

Taxa	Hochrhein	Oberrhein	Mittelrhein	Niederrhein	Deltarhein
<i>Achnanthydium affine</i> (Grun) Czarnecki		X			
<i>Achnanthydium</i> F.T. Kützing		X			X
<i>Amphora copulata</i> (Kütz) Schoeman & Archibald	X	X	X	X	X
<i>Achnanthydium catenatum</i> (Bily & Marvan) Lange-Bertalot	X				
<i>Achnanthydium eutrophilum</i> (Lange-Bertalot) Lange-Bertalot		X			X
<i>Aulacoseira distans</i> (Ehr.) Simonsen var. <i>limnetica</i> (O.Muller) Simonsen	X				
<i>Achnanthydium minutissimum</i> (Kützing) Czarnecki	X	X	X	X	
<i>Achnanthydium delmontii</i> Peres, Le Cohu und Barthes		X			
<i>Achnanthydium pyrenaicum</i> (Hustedt) Kobayasi	X	X		X	
<i>Achnanthydium rivulare</i> Potapova & Ponader		X			
<i>Achnanthydium saprophilum</i> (Kobayasi et Mayama) Round & Bukhtiyarova		X			
<i>Achnanthydium straubianum</i> (Lange-Bertalot) Lange-Bertalot	X	X			
<i>Achnanthydium subatomus</i> (Hustedt) Lange-Bertalot		X			
<i>Asterionella formosa</i> Hassall					X
<i>Amphora inariensis</i> Krammer					X
<i>Achnanthes lanceolata</i> (Breb.) Grunow ssp. <i>dubia</i> (Grunow) Lange-Bertalot	X	X			X
<i>Amphora indistincta</i> Levkov		X			
<i>Achnanthydium minutissimum</i> (Kütz.) Czarn. f. <i>inconspicuum</i> (Østrup) Compere & Riaux					X
<i>Achnanthes minuscula</i> Hustedt	X				

Taxa	Hochrhein	Oberrhein	Mittelrhein	Niederrhein	Deltarhein
<i>Amphora</i> C.G. Ehrenberg ex F.T. Kützing					X
<i>Amphora neglectiformis</i> Levkov & Edlund					X
<i>Amphora ovalis</i> (Kützing) Kützing var. <i>ovalis</i>	X	X	X	X	
<i>Amphora pediculus</i> (Kützing) Grunow	X	X	X	X	X
<i>Aulacoseira granulata</i> (Ehr.) Simonsen					X
<i>Berkeleya</i> R.K. Greville					X
<i>Bacillaria paxillifera</i> (O.F. Müller) T.Marsson		X	X	X	X
<i>Cymbella excisa</i> Kützing var. <i>excisa</i>	X	X			X
<i>Cyclotella atomus</i> var. <i>gracilis</i> Genkal & Kiss					X
<i>Cyclotella atomus</i> Hustedt					X
<i>Cymatosira belgica</i> Grunow in Van Heurck					X
<i>Cyclotella cyclopuncta</i> Hakansson & Carter		X			
<i>Cymbella compacta</i> Ostrup	X	X	X	X	X
<i>Cyclotella cryptica</i> Reimann, Lewin & Guillard					X
<i>Cyclostephanos dubius</i> (Fricke) Round					X
<i>Cymatopleura elliptica</i> (Brebisson)W.Smith var. <i>elliptica</i>		X		X	
<i>Cymbella helvetica</i> Kützing	X	X			
<i>Cyclostephanos invisitatus</i> (Hohn & Hellerman)Theriot Stoermer & Hakansson					X
<i>Cymbella lanceolata</i> (Agardh ?) Agardh var. <i>lanceolata</i>			X	X	X
<i>Cymbella lange-bertalotii</i> Krammer		X			
<i>Caloneis lancettula</i> (Schulz) Lange-Bertalot & Witkowski	X	X	X	X	X
<i>Cyclotella meneghiniana</i> Kützing					X
<i>Craticula molestiformis</i> (Hustedt) Lange-Bertalot		X			X
<i>Cymbella neoleptoceros</i> Krammer var. <i>neoleptoceros</i>		X			
<i>Cocconeis neothumensis</i> Krammer	X	X		X	
<i>Cyclotella ocellata</i> Pantocsek					X
<i>Cocconeis groupe placentula</i> C.G. Ehrenberg	X	X	X		X
<i>Cocconeis pseudolineata</i> (Geitler) Lange-Bertalot	X	X		X	

Taxa	Hochrhein	Oberrhein	Mittelrhein	Niederrhein	Deltarhein
<i>Cymbella parva</i> (W.Sm.) Kirchner in Cohn	X	X			
<i>Craspedostauros</i> E.J. Cox					X
<i>Cocconeis pediculus</i> Ehrenberg	X	X	X	X	X
<i>Cocconeis placentula</i> Ehrenberg var. <i>placentula</i>	X	X			
<i>Cocconeis placentula</i> Ehrenberg var. <i>euglypta</i> (Ehr.) Grunow	X	X	X	X	
<i>Cocconeis placentula</i> Ehrenberg var. <i>lineata</i> (Ehr.) Van Heurck	X	X	X	X	
<i>Cyclotella polymorpha</i> Meyer & Håkansson		X			
<i>Cyclotella rossii</i> Håkansson		X			
<i>Cymatopleura solea</i> (Brebisson) W.Smith var. <i>apiculata</i> (W.Smith) Ralfs in Pritchard		X			
<i>Caloneis schumanniana</i> (Grunow in Van Heurck) Cleve				X	
<i>Caloneis silicula</i> (Ehr.) Cleve			X		
<i>Cymatopleura solea</i> (Brebisson in Breb. & Godey) W.Smith var. <i>solea</i>		X		X	
<i>Ctenophora pulchella</i> (Ralfs ex Kütz.) Williams et Round					X
<i>Cymbella tumida</i> (Brebisson) Van Heurck		X	X	X	
<i>Cymbella</i> C. Agardh		X			
<i>Diatoma ehrenbergii</i> Kützing	X	X			
<i>Delphineis minutissima</i> (Hustedt) Simonsen					X
<i>Diadesmis gallica</i> var. <i>perpusilla</i> (Grunow) Lange-Bertalot		X	X		
<i>Diatoma</i> J.B.M. Bory de St. Vincent		X			
<i>Diatoma tenuis</i> Agardh					X
<i>Diatoma mesodon</i> (Ehrenberg) Kützing		X			
<i>Diatoma moniliformis</i> (moniliforme) Kützing	X	X			X
<i>Diploneis oculata</i> (Brebisson in Desmazières) Cleve		X	X		
<i>Discostella pseudostelligera</i> (Hustedt) Houk et Klee					X

Taxa	Hochrhein	Oberrhein	Mittelrhein	Niederrhein	Deltarhein
<i>Denticula tenuis</i> Kützing	X	X			
<i>Diatoma vulgare</i> Bory	X	X	X	X	X
<i>Discostella woltereckii</i> (Hustedt) Houk & Klee					X
<i>Encyonema caespitosum</i> Kützing var. <i>caespitosum</i>	X	X	X		
<i>Eunotia formica</i> Ehrenberg					X
<i>Encyonopsis microcephala</i> (Grunow) Krammer	X	X			X
<i>Encyonema</i> F.T. Kützing		X			
<i>Encyonema minutum</i> (Hilse in Rabh.) D.G. Mann in Round Crawford & Mann	X	X			
<i>Encyonema ventricosum</i> (Kützing) Grunow in Schmidt & al.	X	X			X
<i>Eolimna minima</i> (Grunow) Lange-Bertalot	X	X	X	X	X
<i>Encyonema prostratum</i> (Berkeley) Kützing		X	X	X	X
<i>Eolimna subminuscula</i> (Manguin) Moser Lange-Bertalot & Metzeltin		X	X	X	
<i>Encyonema silesiacum</i> (Bleisch in Rabh.) D.G. Mann	X	X		X	
<i>Fallacia</i> A.J. Stickle & D.G. Mann				X	
<i>Fragilaria brevistriata</i> Grunow in Van Heurck	X	X		X	
<i>Fragilaria capucina</i> Desmazieres var. <i>capucina</i>	X				
<i>Fragilaria construens</i> f. <i>binodis</i> (Ehr.) Hustedt	X	X		X	
<i>Fragilaria construens</i> (Ehr.) Grunow f. <i>construens</i>	X	X	X	X	
<i>Fallacia cryptolyra</i> (Brockman) Stickle & Mann in Round & al.		X			
<i>Fragilaria construens</i> (Ehr.) Grunow f. <i>venter</i> (Ehr.) Hustedt	X	X			
<i>Fragilaria famelica</i> (Kützing) Lange-Bertalot var. <i>famelica</i>					X
<i>Fragilariforma bicapitata</i> (A.Mayer) Williams & Round					X
<i>Fragilaria gracilis</i> Østrup	X				X
<i>Fragilaria leptostauron</i> (Ehr.) Hustedt var. <i>dubia</i> (Grunow) Hustedt				X	

Taxa	Hochrhein	Oberrhein	Mittelrhein	Niederrhein	Deltarhein
<i>Fallacia lenzi</i> (Hustedt) Lange-Bertalot	X	X	X	X	
<i>Fragilaria mesolepta</i> Rabenhorst	X				
<i>Fragilaria nitzschoides</i> Grunow in Van Heurck					X
<i>Fragilaria parasitica</i> (W.Sm.) Grunow in Van Heurck		X		X	
<i>Fragilaria perminuta</i> (Grunow) Lange-Bertalot	X			X	X
<i>Fragilaria pinnata</i> Ehrenberg var. <i>pinnata</i>	X	X		X	
<i>Fragilaria pararumpens</i> Lange-Bertalot, Hofmann & Werum in Hofmann & al.	X				
<i>Fallacia pygmaea</i> (Kützing) Stickle & Mann ssp. <i>pygmaea</i> in Lange-Bertalot & al				X	
<i>Fragilaria</i> H.C. Lyngbye	X	X			X
<i>Fragilaria rumpens</i> (Kütz.) G.W.F.Carlson		X		X	
<i>Fistulifera saprophila</i> (Lange-Bertalot & Bonik) Lange-Bertalot					X
<i>Fallacia subhamulata</i> (Grunow in V. Heurck) D.G. Mann	X	X	X	X	X
<i>Fragilaria tenera</i> (W.Smith) Lange-Bertalot		X			X
<i>Fragilaria ulna</i> (Nitzsch.) Lange-Bertalot var. <i>acus</i> (Kütz.) Lange-Bertalot	X	X		X	X
<i>Fragilaria ulna</i> (Nitzsch.) Lange-Bertalot var. <i>ulna</i>	X	X		X	
<i>Fragilaria vaucheriae</i> (Kützing) Petersen	X	X			X
<i>Frustulia vulgaris</i> (Thwaites) De Toni					X
<i>Gomphonema acuminatum</i> Ehrenberg var. <i>acuminatum</i>		X		X	
<i>Gomphonema affine</i> Kützing					X
<i>Gomphonema angustivalva</i> E. Reichardt		X			
<i>Gomphonema augur</i> Ehrenberg		X			X
<i>Gomphonema cuneolus</i> E. Reichardt		X			
<i>Geissleria cummerowi</i> (L.Kalbe) Lange-Bertalot	X			X	
<i>Geissleria decussis</i> (Ostrup) Lange-Bertalot & Metzeltin		X	X	X	X

Taxa	Hochrhein	Oberrhein	Mittelrhein	Niederrhein	Deltarhein
<i>Gomphonema exilissimum</i> (Grun.) Lange-Bertalot & Reichardt		X			
<i>Gomphonema gracile</i> Ehrenberg		X			
<i>Gomphonema minutum</i> (Ag.) Agardh f. <i>minutum</i>	X	X	X	X	X
<i>Gomphonema minusculum</i> Krasske					X
<i>Gomphoneis</i> P.T. Cleve		X			
<i>Gomphonema olivaceoides</i> Hustedt		X			
<i>Gomphonema olivaceum</i> (Hornemann) Brébisson var. <i>olivaceum</i>	X	X	X	X	X
<i>Gomphonema</i> C.G. Ehrenberg	X	X	X		
<i>Gomphonemopsis obscurum</i> (Krasske) Lange-Bertalot					X
<i>Gomphonema parvulum</i> (Kützing) Kützing var. <i>parvulum</i> f. <i>parvulum</i>	X	X	X	X	X
<i>Gomphosphenia lingulatiformis</i> (Lange-Bertalot & Reichardt) Lange-Bertalot		X			
<i>Gomphonema pumilum</i> var. <i>rigidum</i> Reichardt & Lange-Bertalot		X			X
<i>Gomphonema pumilum</i> (Grunow) Reichardt & Lange-Bertalot	X	X			X
<i>Gyrosigma sciotense</i> (Sullivan et Wormley) Cleve	X	X	X	X	X
<i>Gomphonema subclavatum</i> Grunow					X
<i>Gomphonema tergestinum</i> Fricke		X	X		X
<i>Gomphonema truncatum</i> Ehr.		X			X
<i>Gyrosigma acuminatum</i> (Kützing) Rabenhorst		X	X		
<i>Gyrosigma attenuatum</i> (Kützing) Rabenhorst		X	X	X	
<i>Halamphora</i> (Cleve) Levkov					X
<i>Hippodonta capitata</i> (Ehr.) Lange-Bert. Metzeltin & Witkowski		X	X	X	
<i>Hippodonta costulata</i> (Grunow) Lange-Bertalot Metzeltin & Witkowski	X	X	X		X
<i>Hippodonta hungarica</i> (Grunow) Lange-Bertalot Metzeltin & Witkowski					X

Taxa	Hochrhein	Oberrhein	Mittelrhein	Niederrhein	Deltarhein
<i>Hippodonta linearis</i> (Østrup) Lange-Bertalot Metzeltin & Witkowski				X	
<i>Halamphora montana</i> (Krasske) Levkov		X			
<i>Hippodonta neglecta</i> Lange-Bertalot Metzeltin & Witkowski		X			X
<i>Halamphora veneta</i> (Kützing) Levkov				X	
<i>Karayevia ploenensis</i> (Hustedt) Bukhtiyarova var. <i>gessneri</i> (Hust.) Bukhtiyarova					X
<i>Karayevia clevei</i> (Grunow) Bukhtiyarova var. <i>clevei</i>		X	X	X	
<i>Kolbesia kolbei</i> (Hust.) Round & Bukhtiyarova				X	
<i>Kolbesia ploenensis</i> (Hust.) Kingston	X	X	X	X	
<i>Luticola goeppertiana</i> (Bleisch in Rabenhorst) D.G. Mann in Round Crawford & Mann	X	X			
<i>Lemnicola hungarica</i> (Grunow) Round & Basson		X	X	X	
<i>Luticola mutica</i> (Kützing) D.G. Mann in Round Crawford & Mann		X			X
<i>Luticola ventriconfusa</i> Lange-Bertalot					X
<i>Luticola ventricosa</i> (Kützing) D.G. Mann in Round Crawford & Mann	X				
<i>Mayamaea atomus</i> var. <i>permitis</i> (Hustedt) Lange- Bertalot	X	X	X		
<i>Martyana atomus</i> (Hustedt) Snoeijs					X
<i>Meridion circulare</i> (Greville) C.A. Agardh var. <i>circulare</i>	X				
<i>Melosira lineata</i> (Dillwyn) Agardh					X
<i>Melosira moniliformis</i> (O.F. Muller) Agardh					X
<i>Melosira nummuloides</i> (Dillwyn) C.A. Agardh					X
<i>Melosira varians</i> Agardh	X	X	X	X	X
<i>Nitzschia acula</i> Hantzsch ex Cleve & Grunow	X				
<i>Nitzschia agnita</i> Hustedt		X			X
<i>Nitzschia alicae</i> Hlubikova & Ector	X				
<i>Nitzschia amphibia</i> Grunow f. <i>amphibia</i>		X	X		

Taxa	Hochrhein	Oberrhein	Mittlerhein	Niederrhein	Deltarhein
<i>Navicula antonii</i> Lange-Bertalot	X	X	X	X	X
<i>Navicula</i> J.B.M. Bory de St. Vincent		X			
<i>Nitzschia brevissima</i> Grunow in Van Heurck					X
<i>Navicula cari</i> Ehrenberg	X	X			
<i>Navicula cincta</i> (Ehr.) Ralfs in Pritchard		X			
<i>Nitzschia clausii</i> Hantzsch		X			
<i>Nitzschia communis</i> Rabenhorst					X
<i>Nitzschia constricta</i> (Kützing) Ralfs in Pritchard		X	X	X	X
<i>Nitzschia capitellata</i> Hustedt in A.Schmidt & al.		X	X		
<i>Navicula capitatoradiata</i> Germain	X	X	X	X	
<i>Navicula cryptocephala</i> Kützing		X	X		X
<i>Navicula cryptotenella</i> Lange-Bertalot	X	X	X	X	X
<i>Navicula cryptotenelloides</i> Lange-Bertalot	X	X	X		X
<i>Navicula cataracta-rheni</i> Lange-Bertalot		X			
<i>Navicula caterva</i> Hohn & Hellerman	X	X			
<i>Nitzschia dissipata</i> (Kützing) Grunow ssp. <i>dissipata</i>	X	X	X	X	X
<i>Nitzschia dissipata</i> (Kütz.) Grunow var. <i>media</i> (Hantzsch) Grunow in Van Heurck	X	X			X
<i>Nitzschia dissipata</i> ssp. <i>oligotrappenta</i> Lange-Bertalot					X
<i>Nitzschia draveillensis</i> Coste & Ricard					X
<i>Navicula erifuga</i> Lange-Bertalot in Krammer & Lange-Bertalot		X		X	
<i>Nitzschia filiformis</i> (W.M.Smith) Van Heurck var. <i>filiformis</i>		X	X	X	X
<i>Nitzschia fonticola</i> Grunow in Cleve und Möller	X	X	X	X	X
<i>Navicula germainii</i> Wallace		X	X	X	
<i>Nitzschia gessneri</i> Hustedt		X			
<i>Navicula gregaria</i> Donkin	X	X	X	X	X
<i>Nitzschia heufleriana</i> Grunow	X	X		X	X
<i>Nitzschia angustata</i> (W.Smith) Grunow		X			
<i>Nitzschia archibaldii</i> Lange-Bertalot	X	X	X		
<i>Nitzschia bulnheimiana</i> (Rabenhorst) H.L.Smith		X			

Taxa	Hochrhein	Oberrhein	Mittelrhein	Niederrhein	Deltarhein
<i>Nitzschia frequens</i> Hustedt		X			
<i>Nitzschia frustulum</i> (Kützing)Grunow var. <i>frustulum</i>		X	X	X	X
<i>Nitzschia hungarica</i> Grunow				X	X
<i>Nitzschia lacuum</i> Lange-Bertalot	X	X			
<i>Nitzschia inconspicua</i> Grunow		X	X	X	X
<i>Nitzschia intermedia</i> Hantzsch ex Cleve & Grunow		X			
<i>Nitzschia oligotrphenta</i> (Lange-Bertalot) Lange-Bertalot in Hofmann & al.	X				
<i>Nitzschia pusilla</i> (Kützing) Grunow emend Lange-Bertalot		X			X
<i>Nitzschia solita</i> Hustedt		X			
<i>Nitzschia subtilis</i> Grunow in Cleve et Grunow		X			X
<i>Nitzschia</i> A.H. Hassall	X	X			X
<i>Navicula jakovljevicii</i> Hustedt	X				
<i>Navicula kotschyi</i> Grunow					X
<i>Navicula lanceolata</i> (Agardh) Ehrenberg	X	X	X	X	X
<i>Nitzschia levidensis</i> (W.Smith) Grunow in Van Heurck		X		X	
<i>Nitzschia linearis</i> (Agardh) W.M.Smith var. <i>linearis</i>	X	X	X		
<i>Nitzschia levidensis</i> (W.Smith) Grunow <i>salinarum</i> -Sippen in Krammer & Lange-Bertal					X
<i>Nitzschia microcephala</i> Grunow in Cleve & Moller		X	X		
<i>Navicula moskalii</i> Witkowski & Lange-Bertalot		X			
<i>Navicula novaesiberica</i> Lange-Bertalot		X		X	
<i>Navicula oppugnata</i> Hustedt		X		X	
<i>Nitzschia palea</i> (Kützing) W.Smith var. <i>debilis</i> (Kützing) Grunow in Cl. & Grun		X		X	
<i>Nitzschia paleacea</i> (Grunow) Grunow in van Heurck	X	X	X	X	X
<i>Nitzschia palea</i> (Kützing) W.Smith var. <i>palea</i>	X	X	X	X	X
<i>Navicula phylleptosoma</i> Lange-Bertalot					X
<i>Navicula perminuta</i> Grunow in Van Heurck					X

Taxa	Hochrhein	Oberrhein	Mittelrhein	Niederrhein	Deltarhein
<i>Navicula radiosa</i> Kützing					X
<i>Navicula reichardtiana</i> Lange-Bertalot var. <i>reichardtiana</i>	X	X	X	X	X
<i>Navicula recens</i> (Lange-Bertalot) Lange-Bertalot		X	X	X	
<i>Nitzschia recta</i> Hantzsch in Rabenhorst	X	X	X	X	X
<i>Navicula rhynchotella</i> Lange-Bertalot		X			
<i>Navicula rostellata</i> Kützing	X	X	X	X	
<i>Nitzschia sublinearis</i> Hustedt	X	X			X
<i>Nitzschia sigma</i> (Kützing) W.M.Smith	X				
<i>Nitzschia sigmoidea</i> (Nitzsch)W. Smith		X		X	
<i>Navicula slesvicensis</i> Grunow					X
<i>Nitzschia siliqua</i> Archibald					X
<i>Nitzschia sociabilis</i> Hustedt	X	X		X	X
<i>Nitzschia solgensis</i> Cleve-Euler		X			
<i>Nitzschia subacicularis</i> Hustedt in A.Schmidt et al.		X			X
<i>Navicula tripunctata</i> (O.F.Müller) Bory	X	X	X	X	X
<i>Navicula trivialis</i> Lange-Bertalot var. <i>trivialis</i>		X		X	
<i>Navicula upsaliensis</i> (Grunow) Peragallo		X			
<i>Navicula utermoehlII</i> Hustedt	X	X		X	
<i>Navicula vandamii</i> Schoeman & Archibald var. <i>vandamii</i>		X			
<i>Navicula veneta</i> Kützing		X		X	
<i>Nitzschia vermicularis</i> (Kützing) Hantzsch in Rabenhorst					X
<i>Navicula viridula</i> (Kützing) Ehrenberg		X	X		
<i>Navicula witkowskii</i> Lange-Bertalot Iserentant & Metzeltin					X
<i>Nitzschia wuellerstorffii</i> Lange-Bertalot		X			
<i>Navicula associata</i> Lange-Bertalot	X	X			
<i>Nitzschia costei</i> Tudesque, Rimet & Ector		X			
<i>Nitzschia abbreviata</i> Hustedt in Schmidt & al.		X			
<i>Nitzschia adamata</i> Hustedt					X
<i>Nitzschia angustatula</i> Lange-Bertalot					X

Taxa	Hochrhein	Oberrhein	Mittelrhein	Niederrhein	Deltarhein
<i>Nitzschia supralitorea</i> Lange-Bertalot		X			X
<i>Opephora krumbeinii</i> Witkowski. Witak & Stachura					X
<i>Placoneis clementis</i> (Grun.) Cox			X		
<i>Planothidium frequentissimum</i> var. <i>magnum</i> (Straub) Lange-Bertalot					X
<i>Planothidium granum</i> (Hohn & Hellerman) Lange-Bertalot		X			
<i>Psammothidium lauenburgianum</i> (Hustedt) Bukhtiyarova et Round		X			
<i>Planothidium engelbrechtii</i> (Choln.) Round & Bukhtiyarova		X			
<i>Planothidium frequentissimum</i> (Lange-Bertalot) Lange-Bertalot	X	X	X	X	
<i>Platessa holsatica</i> (Hustedt) Lange-Bertalot		X			
<i>Planothidium minutissimum</i> (Krasske) Morales		X		X	
<i>Psammothidium oblongellum</i> (Oestrup) Van de Vijver		X			X
<i>Parlibellus protracta</i> (Grunow) Witkowski Lange-Bertalot & Metzeltin		X			
<i>Placoneis pseudanglica</i> (Lange-Bertalot) Cox		X		X	
<i>Pinnularia parvulissima</i> Krammer					X
<i>Planothidium rostratum</i> (Oestrup) Lange-Bertalot	X	X	X	X	
<i>Psammothidium subatomoides</i> (Hustedt) Bukhtiyarova et Round	X	X			
<i>Platessa bavarica</i> Lange Bertalot et Hofmann	X				
<i>Platessa conspicua</i> (A.Mayer) Lange-Bertalot	X				
<i>Planothidium delicatulum</i> (Kütz.) Round & Bukhtiyarova		X	X	X	X
<i>Planothidium lanceolatum</i> (Brebisson ex Kützing) Lange-Bertalot	X	X	X	X	X
<i>Pseudostaurosira trainorii</i> Morales					X
<i>Rhoicosphenia abbreviata</i> (C.Agardh) Lange-Bertalot	X	X	X	X	X
<i>Reimeria sinuata</i> (Gregory) Kociolek & Stoermer	X	X	X	X	X

Taxa	Hochrhein	Oberrhein	Mittelrhein	Niederrhein	Deltarhein
<i>Reimeria uniseriata</i> Sala Guerrero & Ferrario	X				
<i>Stephanodiscus agassizensis</i> Hakansson & Kling					X
<i>Surirella angusta</i> Kützing		X	X	X	
<i>Surirella brebissonii</i> var. <i>kuetzingii</i> Krammer et Lange-Bertalot	X	X			X
<i>Surirella brebissonii</i> Krammer & Lange-Bertalot var. <i>brebissonii</i>		X	X	X	
<i>Sellaphora bacillum</i> (Ehrenberg) D.G.Mann				X	
<i>Sellaphora mutata</i> (Krasske) Lange-Bertalot	X				
<i>Stephanodiscus hantzschii</i> Grunow in Cleve & Grunow					X
<i>Surirella helvetica</i> Brun				X	
<i>Simonsenia delognei</i> Lange-Bertalot	X	X			
<i>Skeletonema</i> R.K. Greville					X
<i>Skeletonema potamos</i> (Weber) Hasle					X
<i>Stephanodiscus medius</i> Håkansson					X
<i>Sellaphora mutatooides</i> Lange-Bertalot & Metzeltin				X	
<i>Surirella ovalis</i> Brebisson				X	
<i>Stephanodiscus parvus</i> Stoermer et Hakansson					X
<i>Sellaphora pupula</i> (Kützing) Mereschkowksy	X	X		X	
<i>Sellaphora seminulum</i> (Grunow) D.G. Mann					X
<i>Surirella suecica</i> Grunow in Van Heurck					X
<i>Surirella terricola</i> Lange-Bertalot & Alles					X
<i>Stauroneis thermicola</i> (Petersen) Lund	X				
<i>Staurosirella</i> D.M. Williams & F.E. Round emend Morales					X
<i>Stephanodiscus tenuis</i> Hustedt					X
<i>Surirella minuta</i> Brebisson		X			
<i>Surirella</i> P. J.F. Turpin		X			
<i>Surirella robusta</i> Ehrenberg		X			
<i>Tabularia fasciculata</i> (Agardh) Williams und Round		X	X	X	X
<i>Tabellaria flocculosa</i> (Roth) Kützing				X	
<i>Thalassiosira guillardii</i> Hasle					X

Taxa	Hochrhein	Oberrhein	Mittelrhein	Niederrhein	Deltarhein
<i>Thalassiosira</i> P.T. Cleve					X
<i>Thalassiosira pseudonana</i> Hasle et Heimdal					X
<i>Ulnaria ulna</i> (Nitzsch.) Compère					X
Nicht identifizierte (bestimmte) Diatomee		X			