



Benthische Diatomeen im Rhein 2018/2019

Internationale
Kommission zum
Schutz des Rheins

Commission
Internationale
pour la Protection
du Rhin

Internationale
Commissie ter
Bescherming
van de Rijn

Bericht Nr. 275



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](mailto:sekretariat@iksr.de)

www.iksr.org

Benthische Diatomeen im Rhein 2018/2019

- Federführer: David Heudre, Direction Régionale de l'Environnement, de l'Aménagement et du Logement (DREAL) Grand Est, Metz
- Bearbeitung: Mechthild Banning, Hessisches Landesamt für Naturschutz, Umwelt und Geologie (HLNUG), Wiesbaden;
Guillaume Demortier, Agence de l'Eau Rhin-Meuse;
Karin Deutsch, Bundesministerium für Nachhaltigkeit und Tourismus, Wien;
Thomas Ehlscheid, Landesamt für Umwelt Rheinland-Pfalz (LfU), Mainz;
Helmut Fischer, Bundesanstalt für Gewässerkunde (BfG), Koblenz;
Jochen Fischer (Vorsitzender EG BMON), Landesamt für Umwelt Rheinland-Pfalz (LfU), Mainz;
Jochen Lacombe, Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz (LANUV), Recklinghausen;
Jeroen Postema, Rijkswaterstaat- WVL, Utrecht;
Yael Schindler, Bundesamt für Umwelt (BAFU), Bern;
Franz Schöll, Bundesanstalt für Gewässerkunde (BfG), Koblenz;
Renate Semmler-Elpers, Landesanstalt für Umwelt Baden-Württemberg (LUBW), Karlsruhe;
- Koordination und Redaktion: Laura Poinot, Nikola Schulte-Kellinghaus,
Internationale Kommission zum Schutz des Rheins (IKSR)

Inhalt

Zusammenfassung	5
1. Einleitung	6
2. Methode	7
3. Taxonomie	8
3.1. Erhobene Arten	8
3.2. Artenzusammensetzung im Hochrhein	16
3.3. Artenzusammensetzung im Oberrhein	17
3.4. Artenzusammensetzung im Mittelrhein	19
3.5. Artenzusammensetzung im Niederrhein	20
3.6. Artenzusammensetzung im Deltarhein	22
4. Biologische Eigenschaften	23
4.1. Umweltmerkmale (Carayon <i>et al.</i> 2019)	25
4.2. Ökologische Gilden & Lebensarten (Rimet <i>et al.</i> 2012)	30
5. Fazit	34
6. Literatur	35
ANLAGEN	37
A. Liste der Messstellen mit Behörde	38
B. Liste der im Rhein erhobenen Taxa mit Rheinabschnitt des Vorkommens	39

Abbildungen

Abbildung 1: Anzahl der pro Rheinabschnitt gefundenen Taxa	13
Abbildung 2: Mittlere Artenzahl pro Probe und Rheinabschnitt	14
Abbildung 3: Durchschnittliche Abundanz von 5 aspektbildenden Arten in den Rheinabschnitten	15
Abbildung 4: Fotos von 4 aspektbildenden Arten in den verschiedenen Rheinabschnitten	15
Abbildung 5: Durchschnittliche Abundanz von <i>Achnanthydium minutissum</i> , <i>Achnanthydium pyrenaicum</i> und <i>Cocconeis placentula</i> pro Rheinabschnitt	16
Abbildung 6: Fotos von <i>Achnanthydium pyrenaicum</i> und <i>Achnanthydium minutissum</i>	17
Abbildung 7: Durchschnittliche Abundanz von <i>Navicula cryptotenella</i> , <i>Nitzschia frustulum</i> und <i>Achnanthydium delmontii</i> pro Rheinabschnitt	18
Abbildung 8: Fotos von <i>Navicula cryptotenella</i> und <i>Achnanthydium delmontii</i>	18
Abbildung 9: Durchschnittliche Abundanz von <i>Pseudostaurosira brevistriata</i> , <i>Nitzschia fonticola</i> und <i>Staurosira venter</i> pro Rheinabschnitt	19
Abbildung 10: Fotos von <i>Pseudostaurosira brevistriata</i> , <i>Nitzschia fonticola</i> und <i>Staurosira venter</i>	20
Abbildung 11: Durchschnittliche Abundanz von <i>Nitzschia inconspicua</i> , <i>Nitzschia paleacea</i> und <i>Eolimna minima</i> sensu lato pro Rheinabschnitt	21
Abbildung 12: Fotos von <i>Nitzschia inconspicua</i> , <i>Nitzschia paleacea</i> und <i>Eolimna minima</i> sensu lato	21
Abbildung 13: Durchschnittliche Abundanz von <i>Skeletonema subsalsum</i> , <i>Discostella pseudostelligera</i> und <i>Cyclostephanos invisitatus</i> pro Rheinabschnitt	22
Abbildung 14: Fotos von <i>Discostella pseudostelligera</i> und <i>Cyclostephanos invisitatus</i>	22
Abbildung 15: Kumulierte Abundanz der Arten, verteilt nach pH-Empfindlichkeit (Carayon et al. 2019)	25
Abbildung 16: Kumulierte Abundanz der Arten, verteilt nach Empfindlichkeit gegenüber der Mineralisierung (Carayon et al. 2019)	26
Abbildung 17: Kumulierte Abundanz der Arten, verteilt nach Sauerstoffempfindlichkeit (Carayon et al. 2019)	27
Abbildung 18: Kumulierte Abundanz der Arten, verteilt nach Nitrat-Empfindlichkeit (Carayon et al. 2019)	28
Abbildung 19: Kumulierte Abundanz der Arten, verteilt nach Phosphor-Empfindlichkeit (Carayon et al. 2019)	28
Abbildung 20: Kumulierte Abundanz der Arten, verteilt nach Empfindlichkeit gegenüber der Saprobie (Carayon et al.) 2019)	29
Abbildung 21: Kumulierte Abundanz der Arten, verteilt nach Empfindlichkeit gegenüber organischem Stickstoff (Carayon et al. 2019)	30
Abbildung 22: Relative Abundanz der Arten in Bezug auf ihre biologischen Eigenschaften: mobile, kolonisierende oder Pionierart (Rimet et al. 2012)	31
Abbildung 23: Kumulierte Abundanz der Arten nach biologischer Eigenschaft bezüglich der Haftung am Substrat (Rimet et al. 2012)	32
Abbildung 24: Kumulierte Abundanz der Arten je nach Zugehörigkeit zu verschiedenen ökologischen Gilden (Rimet et al. 2012)	33

Liste der Tabellen

Tabelle 1: Verteilung der 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	12
Tabelle 6: Durchschnittlicher Zählaufwand pro Rheinabschnitt.....	14
Tabelle 7: Zahlencodes der Messstellen am Rhein	23

Zusammenfassung

Dieses Dokument beinhaltet eine harmonisierte Synthese der im Rahmen des Rheinmessprogramms Biologie 2018/2019, Teilkomponente Phytobenthos, im Rhein gesammelten Daten zu benthischen Diatomeen.

An den 41 analysierten Standorten wurden zwischen August 2015 und Oktober 2018 340 Taxa erhoben, was selbst für einen großen Fluss wie den Rhein eine erhebliche Artenvielfalt darstellt. Festzustellen ist jedoch, dass viele Arten nur an wenigen Messstellen vorkommen (234 Arten werden nur an 1 bis 5 Messstellen nachgewiesen), während nur 25 Arten an mehr als 50 % der untersuchten Standorte vorkommen und somit tatsächlich die Lebensgemeinschaften vor Ort dominieren.

Die Untersuchung der Struktur vorhandener Gemeinschaften (Artenvorkommen und Dominanzverhältnis) erlaubt es 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 verändert sich die Situation sukzessive. Die für meso-eutrophe Lebensräume charakteristischen Arten machen ab dem Oberrhein einen Großteil aus. Eutrophe bis hypereutrophe Arten kommen in der zweiten Hälfte des Rheinverlaufs in erheblichen Mengen vor. Die Abfolge im Flussverlauf zeigt eine gemäßigte und allmähliche Zunahme der Menge organischer Stoffe und der Mineralisierung.

Die im Delta des Rheins vorkommenden Arten weisen in ihren hydromorphologischen Eigenschaften auf einen besonderen Lebensraum hin: planktische Arten erscheinen in großen Mengen.

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.

1. Einleitung

Diatomeen sind mikroskopische, einzellige heterokonte Algen in einer Größe zwischen einigen Mikrometern (μm) und mehr als 500 μm . 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 *et al.* 1994, Rott *et al.* 1997, 1999). 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 EU-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 zwischen August 2015 und Oktober 2018 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 nicht in den vorliegenden Bericht aufgenommen, da vereinbart worden war, nur die Diatomeen im Rahmen des Rheinmessprogramms Biologie 2018/2019 zu erheben und zu bewerten. Es ist zu beachten, dass es auch eine deutsche Methode („Phylib“) gibt, welche auch die anderen Algen des Phytobenthos (Teilorganismengruppe Phytobenthos ohne Diatomeen) einbezieht.

2. Methode

Die verfügbaren und in diesem Bericht dargestellten Daten stammen aus der Analyse von Probenahmen benthischer Diatomeen an 41 Messstellen verteilt auf 5 Rheinabschnitte (s. Tabelle 1 unten). Die einzige Messstelle am Alpenrhein, Fußach, wird in diesem Bericht aus Gründen der ökologischen Kohärenz mit den Messstellen am Hochrhein zusammengefasst. Diese Messstelle ist in der Tat anthropogen geprägt (am kanalisiertem Neuen Rhein), beeinflusst vom Bodensee und sie befindet sich weit abwärts in diesem Abschnitt (Fluss-km 88 der 92 km dieses Abschnitts). Sie ist daher wahrscheinlich nicht repräsentativ für die Bedingungen des gesamten stromaufwärts gelegenen Abschnitts des Alpenrheins.

Tabelle 1: Verteilung der Anzahl der Messstellen pro Rheinabschnitt

Hochrhein	Oberrhein	Mittelrhein	Niederrhein	Deltarhein
5	23	4	3	6

Die Liste der Messstellen und die zuständigen Behörden sind in Anhang A aufgeführt. Diese Messstellen reichen vom Alpenrhein in Österreich bis einschließlich zum Deltarhein in den Niederlanden. Die Probenahmen sind im Zeitraum August 2015 bis Oktober 2018 erfolgt, wobei jedoch 66 % der Probenahmen im Zeitraum Mai bis Oktober 2018 erfolgt sind. Das stellt angesichts der geringen Zeit für die Integration von Umweltveränderungen der Diatomeen einen erheblichen Zeitabschnitt dar und somit müssen die Schlussfolgerungen des vorliegenden Berichts angesichts dieser erheblichen Streuung der Probenahmedaten relativiert werden.

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 Lange-Bertalot *et al.* (2017). 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. Zwar scheinen die von einigen Delegationen eingereichten Bestimmungen auf neuerer Literatur wie Hofmann *et al.* (2011) oder Lange-Bertalot *et al.* (2017) zu basieren, jedoch werden für die Hälfte der eingereichten Listen ältere Benennungen verwendet, die vermutlich auf Krammer & Lange-Bertalot (1986, 1988, 1991a & 1991b) basieren. Überwiegend haben die Änderungen der Benennung keine gravierende Bedeutung, da sie lediglich die Übertragung der Art in eine andere Gattung betreffen. Für gewisse taxonomische Gruppen erweist sich dies jedoch als besonders problematisch, da die Diagnose zahlreicher Arten sich in den letzten Jahrzehnten erheblich weiterentwickelt hat und seither in einigen Fällen neue gültige Arten ausgewiesen wurden.¹

¹Als veränderte Benennung sind nicht erschöpfend zu nennen: *Amphora lybica* wurde ersetzt durch *Amphora copulata* sensu lato (s. Hofmann *et al.* 2011 oder Lange-Bertalot *et al.* 2017); *Caloneis bacillum*, im Meer lebende Art, wurde ersetzt durch *Caloneis lancettula* (s. Hofmann *et al.* 2011 oder Lange-Bertalot *et al.* 2017); *Discostella woltereckii* wurde neu eingeteilt in *Discostella pseudostelligera* emend Genkal (s. Genkal 2015); *Planothidium rostratum*, wurde ersetzt durch *Planothidium rostratoholarcticum* (s. Båk & Lange-Bertalot 2014, Lange-Bertalot *et al.* 2017 oder Wetzell *et al.* 2019); *Surirella brebissonii* var. *brebissonii*, seltenes, großes Taxon, wurde ersetzt durch die wesentlich gewöhnlichere *Surirella lacrimula* (s. English & Potapova 2012)... *Cocconeis placentula* ist im vorliegenden Bericht *sensu lato*, denn es war nicht möglich, zwischen den *Cocconeis placentula* sensu Jahn *et al.* 2009 zu unterscheiden, die von gewissen Delegationen bestimmt wurden und dem Konzept *Cocconeis placentula*, einer nicht bestimmten Varietät, die von anderen geliefert wurde (die gewöhnlichsten Varietäten dieser Art sind jetzt als unabhängige Arten anerkannt). Unsicherheit besteht ebenfalls in Bezug auf *Achnanthes ploenensis* (in diesem Bericht *Kolbesia ploenensis* genannt), die ebenfalls in gewissen Proben im Sinne „unbestimmte Varietät“ genutzt zu werden scheint, da sie abwechselnd im Verlauf des Rheins je nach Delegation mit ihrer vorherigen Varietät *gessneri* (im vorliegenden Bericht *Kolbesia gessneri* genannt) gefunden wurde.

Die Daten wurden mit der Software Omnidia 6, Microsoft Excel 2007 und der Software R 3.5 verarbeitet.

3. Taxonomie

3.1. Erhobene Arten

An allen untersuchten Standorten wurden insgesamt 340 zu 82 Gattungen gehörende 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: 234 Taxa werden nur in 1 bis 5 Proben nachgewiesen, wobei 125 Taxa nur in einer einzigen Probe nachgewiesen werden (s. Tabelle 2 unten).

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

Anzahl Taxa	Anzahl Proben
234*	1-5
51	6-10
18	11-15
12	16-20
10	21-25
9	26-30
3	31-35
3	36-40

* davon 125 in einer 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)

Taxon	O
<i>Nitzschia dissipata</i> (Kützing) Grunow	98 %
<i>Amphora pediculus</i> (Kützing) Grunow	95 %
<i>Navicula cryptotenella</i> Lange-Bertalot	93 %
<i>Cocconeis placentula</i> Ehrenberg sensu lato	78 %
<i>Navicula antonii</i> Lange-Bertalot	76 %
<i>Nitzschia fonticola</i> Grunow in Cleve und Möller	76 %
<i>Achnantheidium minutissimum</i> (Kützing) Czarnecki sensu lato	73 %
<i>Cocconeis pediculus</i> Ehrenberg	73 %
<i>Amphora copulata</i> (Kützing) Schoeman & Archibald sensu lato	71 %
<i>Navicula tripunctata</i> (O.F. Müller) Bory	71 %
<i>Rhoicosphenia abbreviata</i> (C. Agardh) Lange-Bertalot	71 %
<i>Nitzschia palea</i> (Kützing) W. Smith	68 %
<i>Diatoma vulgare</i> Bory	66 %
<i>Nitzschia sociabilis</i> Hustedt	66 %
<i>Navicula capitatoradiata</i> Germain	63 %
<i>Melosira varians</i> Agardh	61 %
<i>Nitzschia paleacea</i> (Grunow) Grunow in van Heurck	61 %
<i>Planothidium rostratoholarcticum</i> Lange-Bertalot & Båk	61 %
<i>Navicula gregaria</i> Donkin	59 %
<i>Navicula recens</i> (Lange-Bertalot) Lange-Bertalot	59 %
<i>Pseudostaurosira brevistriata</i> (Grunow in Van Heurck) Williams & Round	59 %
<i>Navicula lanceolata</i> (Agardh) Ehrenberg	56 %
<i>Navicula reichardtiana</i> Lange-Bertalot	56 %
<i>Navicula rostellata</i> Kützing	56 %
<i>Reimeria sinuata</i> (Gregory) Kociolek & Stoermer	56 %

In Bezug auf vorstehende Ausführungen zeigt nachstehende Tabelle 4, dass die Taxa mit den höchsten Stetigkeiten (also hohem Vorkommen) nicht zugleich diejenigen mit den größten Populationen sein müssen. Hier werden die Arten in ihrer relativen 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 = Relative kumulierte Abundanz über alle Proben)

Taxa	ARC
<i>Amphora pediculus</i> (Kützing) Grunow	435 %
<i>Nitzschia dissipata</i> (Kützing) Grunow	290 %
<i>Cocconeis placentula</i> Ehrenberg sensu lato	234 %
<i>Navicula cryptotenella</i> Lange-Bertalot	215 %
ACHNANTHIDIUM Kützing	164 %
<i>Skeletonema subsalsum</i> (Cleve-Euler) Bethge	128 %
<i>Achnantheidium minutissimum</i> (Kützing) Czarnecki sensu lato	123 %
<i>Navicula recens</i> (Lange-Bertalot) Lange-Bertalot	114 %
<i>Nitzschia fonticola</i> Grunow in Cleve und Möller	89 %
<i>Melosira varians</i> Agardh	85 %
<i>Discostella pseudostelligera</i> (Hustedt) Houk & Klee emend. Genkal	82 %
<i>Nitzschia palea</i> (Kützing) W. Smith	75 %
<i>Nitzschia paleacea</i> (Grunow) Grunow in van Heurck	75 %
<i>Navicula capitatoradiata</i> Germain	66 %
<i>Pseudostaurosira brevistriata</i> (Grunow in Van Heurck) Williams & Round	65 %
<i>Achnantheidium delmontii</i> Peres, Le Cohu und Barthes	63 %
<i>Nitzschia sociabilis</i> Hustedt	58 %
<i>Navicula antonii</i> Lange-Bertalot	57 %
<i>Diatoma vulgare</i> Bory	56 %
<i>Cocconeis pediculus</i> Ehrenberg	52 %
<i>Nitzschia frustulum</i> (Kützing) Grunow sensu lato	50 %
<i>Staurosira venter</i> (Ehrenberg) Cleve & Möller	49 %
<i>Cyclotella meneghiniana</i> Kützing	47 %
<i>Cocconeis pediculus</i> Ehrenberg	46 %
<i>Cyclostephanos invisitatus</i> (Hohn & Hellerman) Theriot, Stoermer & Håkansson	45 %
<i>Navicula tripunctata</i> (O.F. Müller) Bory	43 %
<i>Eolimna minima</i> (Grunow) Lange-Bertalot in Moser & al. sensu lato	43 %
<i>Amphora copulata</i> (Kützing) Schoeman & Archibald sensu lato	43 %
<i>Navicula rostellata</i> Kützing	43 %
<i>Nitzschia inconspicua</i> Grunow	40 %
<i>Achnantheidium pyrenaicum</i> (Hustedt) Kobayasi	39 %
<i>Rhoicosphenia abbreviata</i> (C. Agardh) Lange-Bertalot	33 %
NITZSCHIA A.H. Hassall	33 %
<i>Planothidium rostratoholarcticum</i> Lange-Bertalot & Båk	29 %
<i>Navicula gregaria</i> Donkin	28 %
<i>Tabularia fasciculata</i> (Agardh) Williams und Round	28 %
<i>Staurosirella pinnata</i> (Ehrenberg) Williams & Round	27 %
<i>Navicula germainii</i> Wallace	27 %
<i>Navicula lanceolata</i> (Agardh) Ehrenberg	22 %
<i>Achnantheidium atomoides</i> Monnier, Lange-Bertalot & Ector	22 %
<i>Nitzschia filiformis</i> var. <i>conferta</i> (Richter) Lange-Bertalot	22 %
<i>Luticola goeppertiana</i> (Bleisch in Rabenhorst) D.G.Mann in Round, Crawford & Mann	21 %
LUTICOLA D.G. Mann	20 %
<i>Reimeria sinuata</i> (Gregory) Kociolek & Stoermer	20 %
<i>Karayevia clevei</i> (Grunow in Cl. & Grun.) Bukhtiyarova var. <i>clevei</i>	20 %
<i>Navicula caterva</i> Hohn & Hellerman	19 %
<i>Cocconeis lineata</i> Ehrenberg	18 %
<i>Achnantheidium eutrophilum</i> (Lange-Bertalot) Lange-Bertalot	15 %

Als Arten mit größter Verbreitung im Rhein sind somit *Nitzschia dissipata*, *Amphora pediculus* und *Navicula cryptotenella* zu nennen, die an nahezu allen Stellen verzeichnet wurden. *Cocconeis placentula* sensu lato, *Navicula antonii*, *Nitzschia fonticola*, *Achnantheidium minutissimum* sensu lato, *Navicula tripunctata* et *Cocconeis pediculus* sind in den Proben ebenfalls gewöhnlich.

Die nachfolgenden Arten besitzen die höchsten Besiedlungsdichten: *Nitzschia dissipata* (28 % in Mannheim), *Amphora pediculus* (46 % in Schwanau), *Navicula cryptotenella* (20 % in Gamsheim), *Cocconeis placentula* sensu lato (25 % in Karlsruhe), *Nitzschia fonticola* (16 % in Bacharach), *Achnantheidium minutissimum* sensu lato (48 % in Fußach).

Wie bereits im Programm Rhein 2012/2013 kommt die sehr verschmutzungsunempfindliche Art *Nitzschia palea*, in 68 % der Proben vor. Diese Feststellung muss relativiert werden: dieses Taxon ist mit 2,7 % relativer Abundanz im Durchschnitt nur in sehr geringer Abundanz in den Proben vertreten (sie gelangt in geringen Mengen über organische Einträge in die Umwelt). Es ist denkbar, dass die empfindlicher auf Verunreinigungen reagierende Varietät *debilis* bei den Proben nicht immer unterschieden wurde.

Angesichts nachstehender Tabelle 5 können gewisse, sehr häufig vorkommende Arten wie *Diatoma vulgaris* und *Navicula antonii* beispielsweise auch relativiert werden: zwar kommen diese Arten in 66 bzw. 76 % der Proben vor, jedoch liegt ihre durchschnittliche Abundanz lediglich unter oder bei 2 %. 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)

Taxon	AMP	N
<i>Skeletonema subsalsum</i> (Cleve-Euler) Bethge	26 %	5
LUTICOLA D.G. Mann	20 %	1
<i>Amphora pediculus</i> (Kützing) Grunow	11 %	38
ACHNANTHIDIUM F.T. Kützing	9 %	19
<i>Discostella pseudostelligera</i> (Hustedt) Houk & Klee emend. Genkal	8 %	10
<i>Cocconeis placentula</i> Ehrenberg sensu lato	7 %	31
<i>Achnantheidium atomoides</i> Monnier, Lange-Bertalot & Ector	7 %	2
<i>Nitzschia dissipata</i> (Kützing) Grunow	7 %	39
<i>Achnantheidium delmontii</i> Peres, Le Cohu und Barthes	7 %	9
<i>Gomphonema saprophyllum</i> (Lange-Bertalot & Reichardt) Abarca Jahn Zimmermann & Enke	7 %	1
<i>Cyclostephanos invisitatus</i> (Hohn & Hellerman) Theriot Stoermer & Håkansson	6 %	7
<i>Navicula cryptotenella</i> Lange-Bertalot	6 %	37
<i>Navicula recens</i> (Lange-Bertalot) Lange-Bertalot	5 %	24
<i>Cocconeis pediculus</i> Ehrenberg	5 %	11
<i>Cyclotella meneghiniana</i> Kützing	5 %	10
<i>Achnantheidium druartii</i> Rimet & Couté in Rimet & al.	5 %	1
<i>Nitzschia frustulum</i> (Kützing) Grunow sensu lato	5 %	11
<i>Fragilaria mesolepta</i> Rabenhorst	4 %	1
<i>Achnantheidium minutissimum</i> (Kützing) Czarnecki sensu lato	4 %	29
<i>Melosira varians</i> Agardh	3 %	25
<i>Encyonopsis minuta</i> Krammer & Reichardt	3 %	3
<i>Nitzschia paleacea</i> (Grunow) Grunow in Van Heurck	3 %	25
<i>Nitzschia liebethruthii</i> Rabenhorst var. <i>liebethruthii</i>	3 %	4
<i>Nitzschia fonticola</i> Grunow in Cleve & Möller	3 %	30
<i>Pseudostaurosira brevistriata</i> (Grun.in Van Heurck) Williams & Round	3 %	24
<i>Thalassiosira pseudonana</i> Hasle et Heimdal	3 %	4
NITZSCHIA A.H. Hassall	3 %	11
<i>Staurosira venter</i> (Ehrenberg) Cleve & Möller	3 %	18
<i>Nitzschia palea</i> (Kützing) W. Smith	3 %	28
<i>Nitzschia inconspicua</i> Grunow	3 %	15
<i>Denticula tenuis</i> Kützing	3 %	2
<i>Navicula capitatoradiata</i> Germain	3 %	26

Nachstehende Abbildung 1 stellt die spezifische Artenvielfalt in den jeweiligen Rheinabschnitten dar und zeigt für den Hoch-, Mittel- und Niederrhein relativ ähnliche Taxazahlen. Lediglich der Deltarhein und der Oberrhein unterscheiden sich deutlich von den anderen Rheinabschnitten.

Diese Besonderheit muss jedoch unter Berücksichtigung der Vielzahl der beprobten Messstellen am Oberrhein relativiert werden (s. Abbildung Tabelle 1), da hierdurch die Wahrscheinlichkeit steigt, ein bestimmtes Mikrohabitat zu beproben, das mit der natürlichen Variabilität der Umgebung in Verbindung steht und so auf neue Arten zu treffen. Auch stellt der Deltarhein ein komplexes Ökosystem mit verschiedenen Rheinarmen dar, die sehr unterschiedliche Mikrohabitatbedingungen aufweisen und die Vielfalt erhöhen können, beispielsweise die Tatsache, dass je nach Messstelle Proben an unterschiedlichen Trägern entnommen worden sein können.

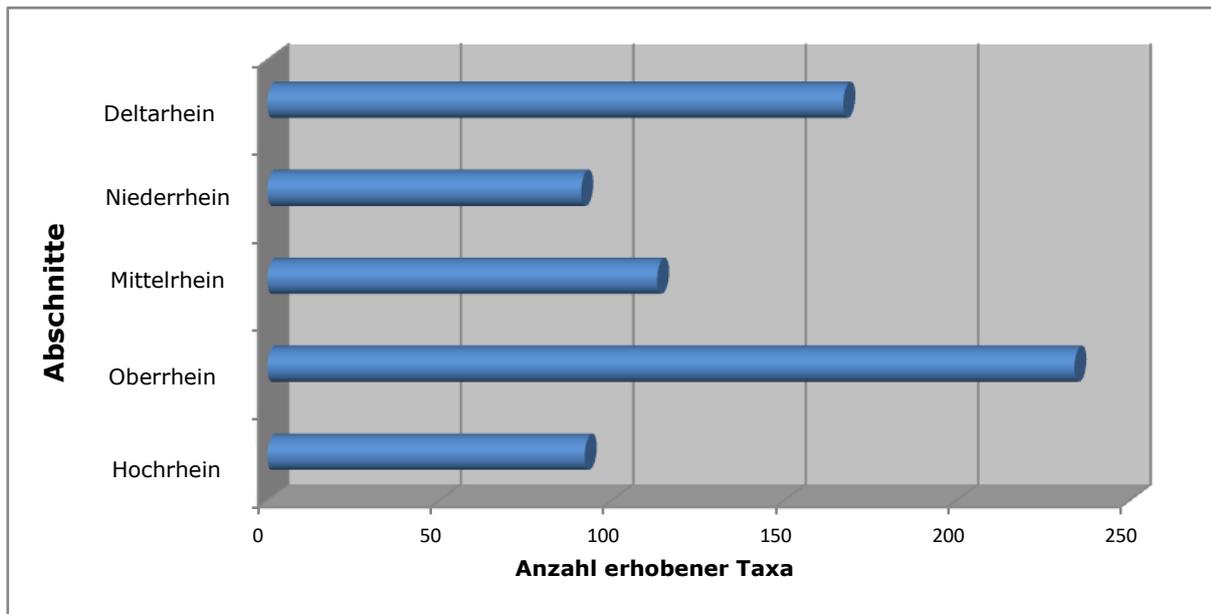


Abbildung 1: Anzahl der pro Rheinabschnitt erhobenen Taxa

Betrachtet man die durchschnittliche Artenzahl pro Probe, zeigt das Arteninventar in den verschiedenen Rheinabschnitten sehr ähnliche Werte an (Abbildung 2). Nur im Hochrhein sind es durchschnittlich 10 bis 25 Taxa weniger pro Probe als in den anderen Abschnitten. Das kann durch die Umweltbedingungen und einen einheitlicheren Abfluss erklärt werden. Auch wenn der Zählaufwand im Niederrhein und Deltarhein wesentlich höher war (s. Tabelle 6 unten), unterscheiden diese sich in der Vielfalt nicht erheblich von den anderen Abschnitten. Auch wenn die größte Anzahl Taxa im Oberrhein erhoben wurde (s. Abbildung 1 oben), liegt der Oberrhein in Bezug auf die pro Probe ermittelte durchschnittliche Anzahl Taxa (s. Abbildung 2 oben) im Durchschnitt. Das zeigt, dass es sich nicht um einen homogenen Abschnitt handelt, sondern, dass dieser insgesamt eine große Vielfalt zeigt, denn die zahlreichen Proben, die diesen ausmachen, zeigen stark abweichende taxonomische Zusammensetzungen. Schließlich ist anzumerken, dass die Werte der durchschnittlichen Zählungen am Hochrhein nicht sehr repräsentativ sind, denn an allen Messstellen dieses Abschnittes wurden mit Ausnahme von der Messstelle Fußach (die einzige Messstelle am Alpenrhein, die für die Zwecke dieses Berichts zusammen mit dem Hochrhein gruppiert wurde), wo 578 Diatomeen aufgrund einer anderen Analyseverfahren ermittelt wurden, 400 Individuen gezählt. Dazu lässt sich ergänzen, dass die Erfassung von 400 Schalen-Objekten pro Probe der Anforderung nach der deutschen Verfahrensanleitung der LAWA entspricht.

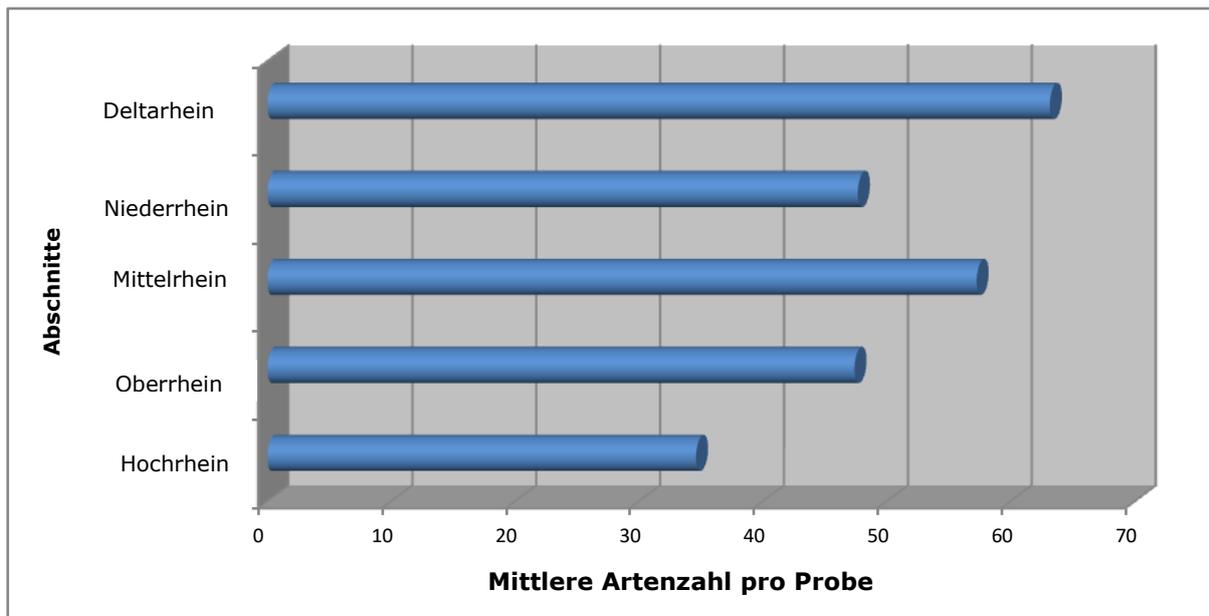


Abbildung 2: Mittlere Artenzahl pro Probe und Rheinabschnitt

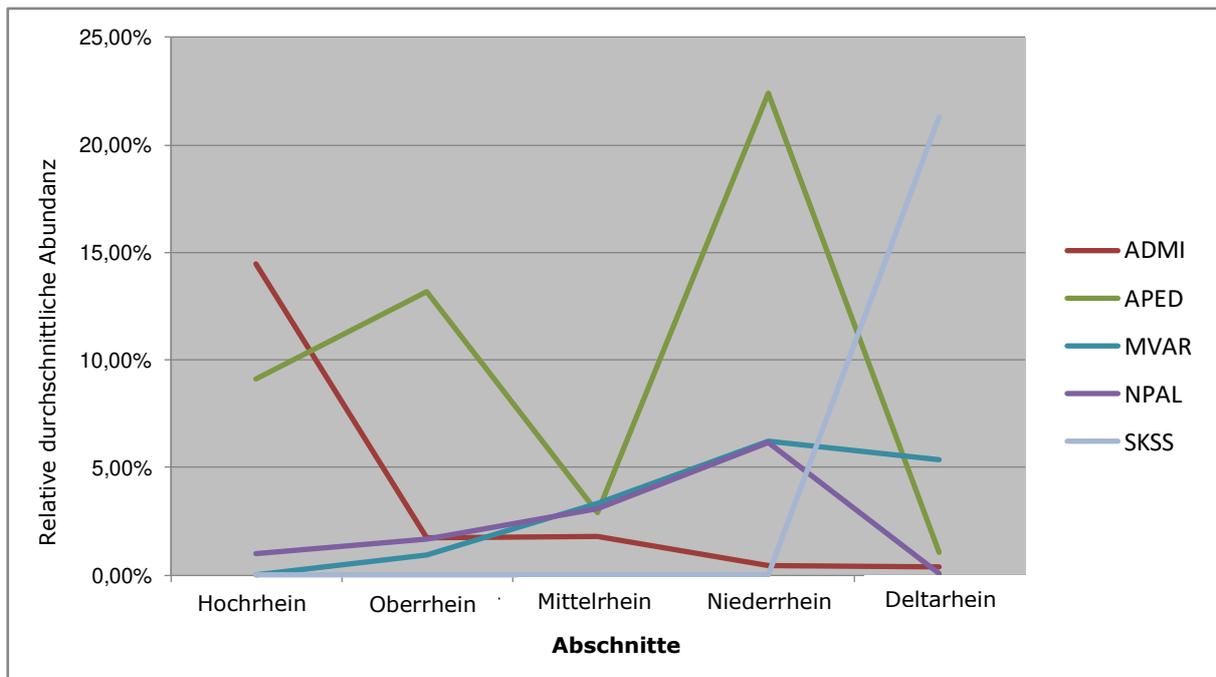
Tabelle 6: Durchschnittlicher Zählaufwand pro Rheinabschnitt

Bereich	Hochrhein	Oberrhein	Mittelrhein	Niederrhein	Deltarhein
Durchschnittliche Individuen	436	406	426	511	500

Fünf der erhobenen Arten erscheinen als recht dominant und repräsentativ für die verschiedenen Rheinabschnitte: *Achnanthydium minutissimum* (Kützing) Czarnecki sensu lato, *Amphora pediculus* (Kützing) Grunow, *Melosira varians* Agardh, *Nitzschia palea* (Kützing) W. Smith und *Skeletonema subsalsum* (Cleve-Euler) Bethge.

Abbildung 3 zeigt ihre durchschnittliche Abundanz in den verschiedenen Rheinabschnitten (s. Fotos in Abbildung 4):

- ✓ *Achnanthydium minutissimum* sensu lato ist für den Hochrhein typisch und kommt in den anderen Abschnitten nur sporadisch vor.
- ✓ *Amphora pediculus* wurde zwar in allen Abschnitten erhoben, kommt im Niederrhein jedoch in größerer Abundanz vor. Die geringe Abundanz im Mittelrhein ist im Vergleich zur vorhergehenden Bestandsaufnahme aus 2014 eine Besonderheit.
- ✓ *Melosira varians* und *Nitzschia palea* nehmen in der durchschnittlichen Abundanz in stromabwärtiger Richtung zu. *Melosira varians* ist eine benthische Tychoplanktonart typisch für eutrophe Stillgewässer. Somit ist es logisch, dass sie in den Proben des Unterlaufs einen erheblichen Anteil darstellt. Die allmähliche Zunahme der durchschnittlichen Abundanz des sehr verschmutzungsunempfindlichen Taxons *N. palea* ist mit dem organischen Zufluss und somit der allmählichen Zunahme organischer und trophischer Belastung im Rhein in Verbindung zu bringen. Sein Verschwinden aus dem Rheindelta ist vermutlich eher auf die stark lenitischen Bedingungen zurückzuführen, die für das Taxon eher ungünstig sind, als auf eine Verbesserung der Wasserqualität.
- ✓ *Skeletonema subsalsum* ist typisch für das Rheindelta. Die besonderen, sehr lenitischen Bedingungen dieses Abschnitts begünstigen starke Sedimentation und erklären das sehr abundante Vorkommen dieser Planktonart im Benthos.



ADMI: *Achnanthydium minutissimum* (Kützing) Czarnecki sensu lato; APED: *Amphora pediculus* (Kützing) Grunow; MVAR: *Melosira varians* Agardh; NPAL: *Nitzschia palea* (Kützing) W.Smith; SKSS: *Skeletonema subsalsum* (Cleve-Euler) Bethge.

Abbildung 3: Durchschnittliche Abundanz von 5 aspektbildenden Arten in den Rheinabschnitten

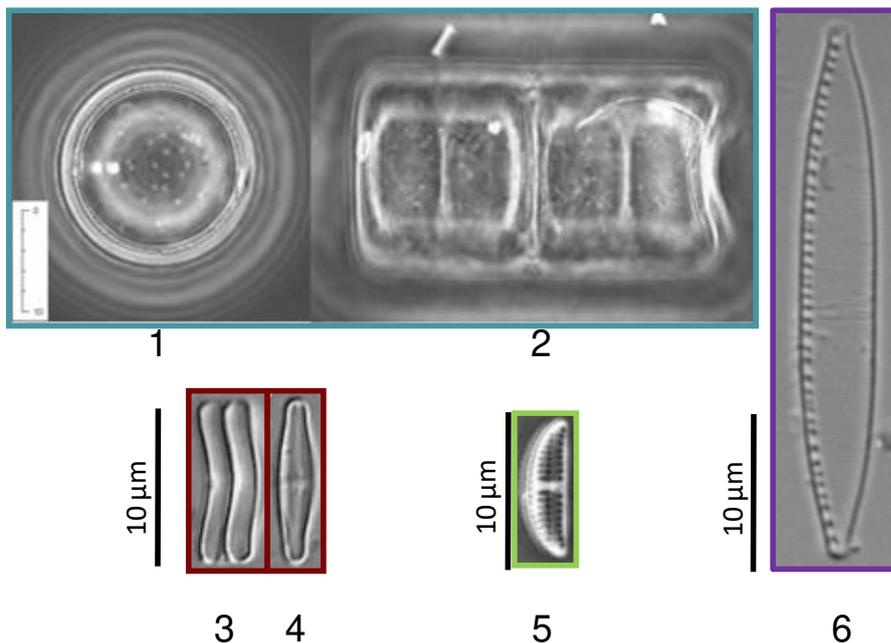


Abbildung 4: Fotos von 4 aspektbildenden Arten in den verschiedenen Rheinabschnitten (1-2: *Melosira varians* Draufsicht (1) und Seitenansicht (2); 3-4: *Achnanthydium minutissimum* sensu lato in Seitenansicht (3) und Draufsicht (4); 5: *Amphora pediculus*; 6: *Nitzschia palea*; Fotos D. Heudre)

Eine eingehendere Analyse von spezifischer Zusammensetzung und Abundanz ist möglich, wenn man sich auf die verschiedenen Rheinabschnitte konzentriert.

3.2. Artenzusammensetzung im Hochrhein

Mit durchschnittlich 35 Taxa pro Probe und insgesamt 92 erhobenen Arten weist der Hochrhein im Verhältnis zu den anderen Rheinabschnitten eine wesentlich geringere Vielfalt auf (s. Abbildung 5 und Fotos in Abbildung 6). Die 3 häufigsten Arten sind *Achnanthydium minutissum sensu lato* und *Cocconeis placentula sensu lato* sowie eine Art der Gattung *Achnanthydium*, die teilweise nicht identifiziert oder kodiert werden konnte. Wahrscheinlich handelt es sich um *Achnanthydium delmontii*. *Achnanthydium minutissimum* ist eine eher verschmutzungsempfindliche, rheophile Arten, die für zahlreiche alpine Flüsse mit guter Wasserqualität typisch ist. *Achnanthydium delmontii* kommt dagegen eher in nährstoffreicheren Gewässern vor. Wie in Paragraf 2 erwähnt, sind Schlussfolgerungen für *C. placentula* schwierig. Die vermutlich sehr breit angelegte Konzeption des Taxons bei der Identifizierung (*C. placentula*, unbestimmte Varietät) und die Tatsache, dass zahlreiche Varietäten unabhängige, gut erkannte Arten geworden sind, machen diese vermutlich zu einer Artengruppe, die sehr unterschiedliche Lebensräume aufweisen kann. Auch wenn ihre Ökologie aufgrund der Identifizierungsprobleme in den letzten Jahrzehnten schwierig festzulegen sein kann, scheint *C. placentula sensu stricto* eine Art zu sein, die eutrophe, langsam fließende, durchschnittlich bis stark mineralisierte Gewässer bevorzugt (s. z. B. Jahn 2009 oder Lange-Bertalot *et al.* 2017), was nicht den Bedingungen des Hochrheins entsprechen würde.

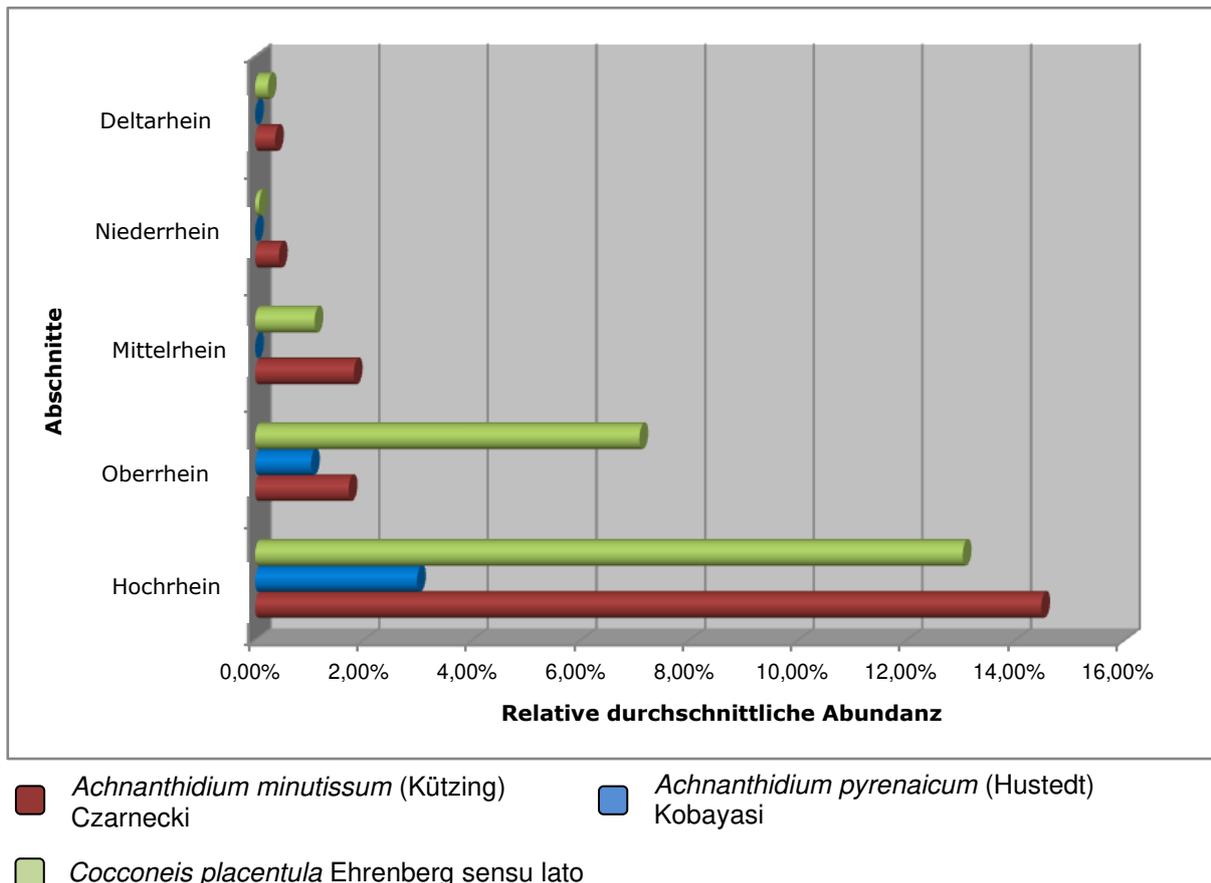


Abbildung 5: Durchschnittliche Abundanz von *Achnanthydium minutissum*, *Achnanthydium pyrenaicum* und *Cocconeis placentula* pro Rheinabschnitt

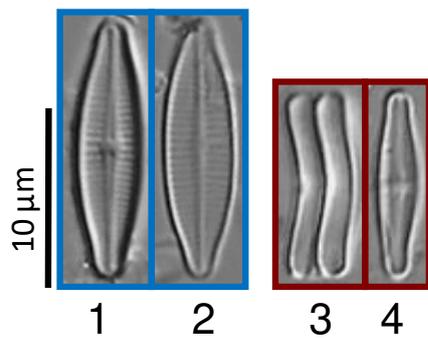


Abbildung 6: Fotos von *Achnanthydium pyrenaicum* und *Achnanthydium minutissimum*
(1-2: *Achnanthydium pyrenaicum*; 3-4: *Achnanthydium minutissimum* sensu lato; Fotos D. Heudre)

Zu den weiteren, für diesen Rheinabschnitt charakteristischen Arten gehören *Amphora pediculus*, *Nitzschia dissipata* und *Navicula cryptotenella*. Eine Art der Gattung *Achnanthydium* kommt in ähnlicher Abundanz vor, wie *A. minutissimum* (durchschnittlich >14 %), konnte jedoch nicht identifiziert oder kodiert werden. Es könnte sich um *Achnanthydium delmontii* Peres, Le Cohu und Barthes handeln, die allgemein im Hochrhein gut vertreten ist (s. IKS-R-Bericht Nr. 226 aus 2014). Nach Überprüfung stellt sich heraus, dass das Taxon *Achnanthydium delmontii* in Baden-Württemberg tatsächlich erfasst und ist in der genannten Größenordnung in den baden-württembergischen Proben am Hochrhein enthalten. Aus datentechnischen Gründen war das Taxon als Gattung *Achnanthydium* kodiert worden, auf diese Artzugehörigkeit wurde im Bemerkungsfeld verwiesen. Diese Informationen waren jedoch zum Zeitpunkt der Datenverarbeitung nicht bekannt.

Achnanthydium atomoides Monnier, Lange-Bertalot & Ector kommt an der österreichischen Messstelle *Fußbach* in großer Abundanz (21 %) vor, was überrascht. Es handelt sich dabei um eine Art, die großer trophischer und organischer Belastung gegenüber tolerant ist und Gewässer mit hoher Leitfähigkeit bevorzugt (Monnier *et al.* 2004).

3.3. Artenzusammensetzung im Oberrhein

Mit durchschnittlich 47 Taxa pro Probe weist der Oberrhein eine durchschnittliche Artenvielfalt auf. Mit insgesamt 234 erhobenen Arten ist er außerdem der Rheinabschnitt, in dem mit Abstand die meisten Taxa erhoben wurden. Dies ist wahrscheinlich zum Teil auf die Tatsache zurückzuführen, dass dies der am dichtesten beprobte Abschnitt ist (23 Messstellen) und wahrscheinlich auf einen stärkeren Handhabungseffekt aufgrund der Vielfalt der Beteiligten (Daten von 4 Delegationen zu diesem Abschnitt).

Auch wenn *Amphora pediculus* und *Nitzschia 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 für *A. pediculus*). Diese wird eher durch *Navicula cryptotenella* und *Nitzschia frustulum* sensu lato vertreten. Jedoch zeugt die geringe durchschnittliche Abundanz dieser Arten (s. Abbildung 7 unten und Fotos in Abbildung 8) und somit der geringe Unterschied zu den anderen Rheinabschnitten nicht von einer sehr belastbaren Repräsentativität. Außerdem wurde *Nitzschia frustulum* an gewissen Messstellen in nicht unerheblichen Mengen nachgewiesen (z. B. 23 % an der Messstelle Eltville). Diese Art muss vermutlich im weiteren Sinne betrachtet werden und mit ihren ehemaligen Varietäten *subsalina* und *inconspicula* in Verbindung gebracht werden, die nun als unabhängige Art zusammengefasst sind: *Nitzschia inconspicua* (s. insbesondere Trobajo *et al.* 2013). *N. frustulum* sensu stricto ist eine Art, die in Gewässern mit sehr hoher Leitfähigkeit, in Brackwasser oder Küstengewässern vorkommt (s. Trobajo *et al.* 2013 oder Lange-Bertalot *et al.* 2017). Im Oberrhein-Abschnitt wird die neophytische Art *Achnanthydium delmontii* (s. Peres *et al.* 2012) von 3 Delegationen (Frankreich, Rheinland-Pfalz und

Baden-Württemberg) in erheblichen Mengen nachgewiesen. Aus datentechnischen Gründen wird das Taxon von Baden-Württemberg noch als Gattung *Achnanthydium* kodiert, in den entsprechenden Datensätzen wird im Bemerkungsfeld eindeutig auf die Zugehörigkeit zu *Achnanthydium delmontii* verwiesen. Aufgrund der hohen Artenzahl und der großen Anzahl an Proben aus dem Oberrhein können keine wirklich charakteristischen Arten aufgezeigt werden.

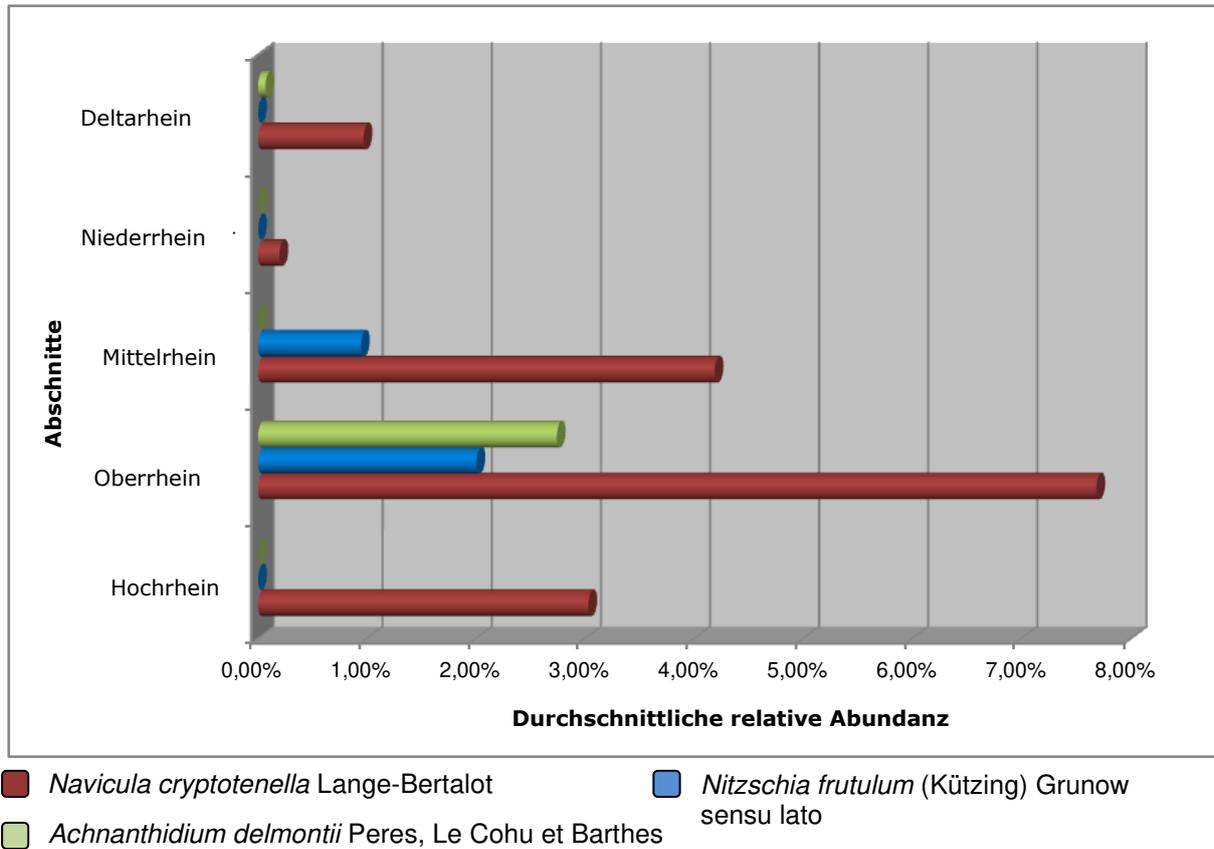


Abbildung 7: Durchschnittliche Abundanz von *Navicula cryptotenella*, *Nitzschia frustulum* und *Achnanthydium delmontii* pro Rheinabschnitt

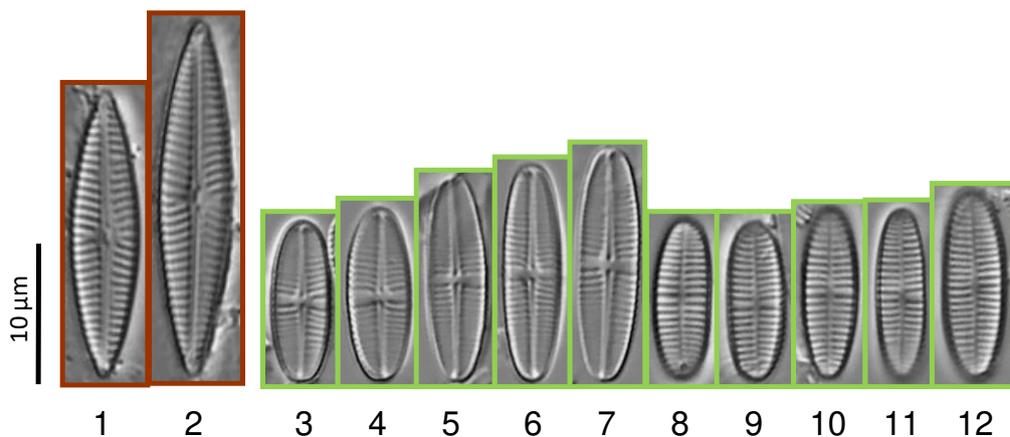


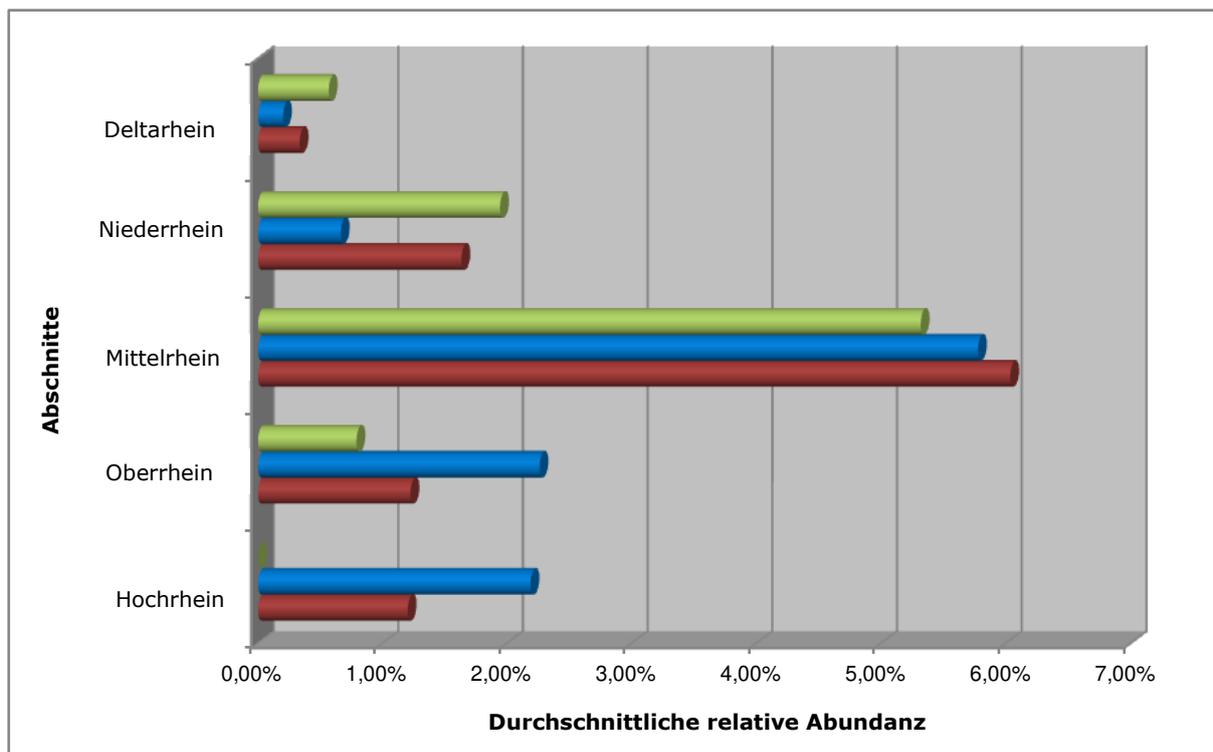
Abbildung 8: Fotos von *Navicula cryptotenella* und *Achnanthydium delmontii* (1-2: *Navicula cryptotenella*; 3-12: *Achnanthydium delmontii*; Fotos D. Heudre)

3.4. Artenzusammensetzung im Mittelrhein

Im Mittelrhein liegt die durchschnittliche Artenzahl pro Probe bei 57 Taxa. Mit insgesamt 113 Arten, die in nur 4 Proben erhoben wurden, handelt es sich um einen sehr heterogenen Abschnitt. Die dominanten Arten der 4 Proben sind mit einer Ausnahme immer unterschiedlich.

Somit ist es schwierig, repräsentative Taxa für diesen Rheinabschnitt zu ermitteln. Nur *Pseudostaurosira brevistriata* (Grunow in Van Heurck) Williams & Round, *Nitzschia fonticola* Grunow in Cleve & Möller und *Staurosira venter* (Ehrenberg) Cleve & Möller scheinen sich durch ihre höhere durchschnittliche relative Abundanz hervorzuheben (s. Abbildung 9 und Fotos in Abbildung 10). Das muss jedoch relativiert werden, denn *P. brevistriata* kommt in einer einzigen Probe sehr abundant vor (21 % an der Messstelle Bacharach der Delegation von Rheinland-Pfalz). Für *Navicula rostellata* Kützing gilt in geringerem Maße Ähnliches (11 % in Hammerstein).

Ganz allgemein kann davon ausgegangen werden, dass die Artenzusammensetzung des Mittelrheins nicht sehr charakteristisch ist und einen Übergang zwischen der des Ober- und des Niederrheins darzustellen scheint. Das kann mit dem Vorkommen von *Navicula recens* (Lange-Bertalot) Lange-Bertalot in Verbindung gebracht werden, einer Art, die stark mineralisiertes Wasser bevorzugt (s. Lange-Bertalot *et al.* 2017) und in Proben am weitesten stromabwärts im Oberrhein auftritt und bis zum Niederrhein bei einer durchschnittlichen Abundanz von 5 % bleibt.



- *Pseudostaurosira brevistriata* (Grunow in Van Heurck) Williams & Round
- *Nitzschia frustulum* (Kützing) Grunow
- *Staurosira venter* (Ehrenberg) Cleve & Möller

Abbildung 9: Durchschnittliche Abundanz von *Pseudostaurosira brevistriata*, *Nitzschia fonticola* und *Staurosira venter* pro Rheinabschnitt

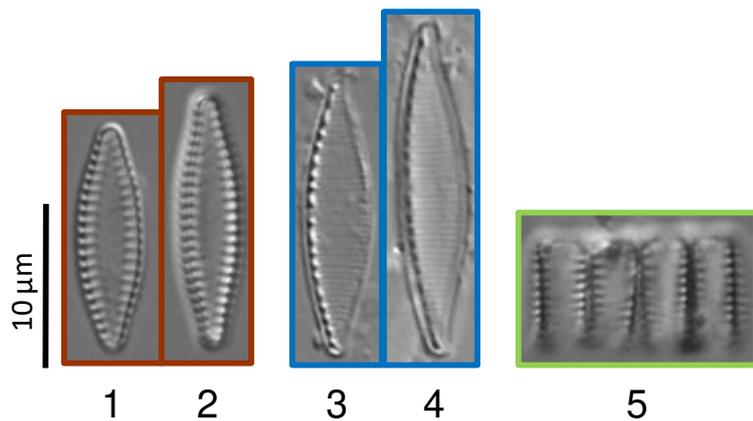


Abbildung 10: Fotos von *Pseudostaurosira brevistriata*, *Nitzschia fonticola* und *Staurosira venter*

(1-2: *Pseudostaurosira brevistriata*; 3-4: *Nitzschia fonticola*; 5: *Staurosira venter*; Fotos D. Heudre)

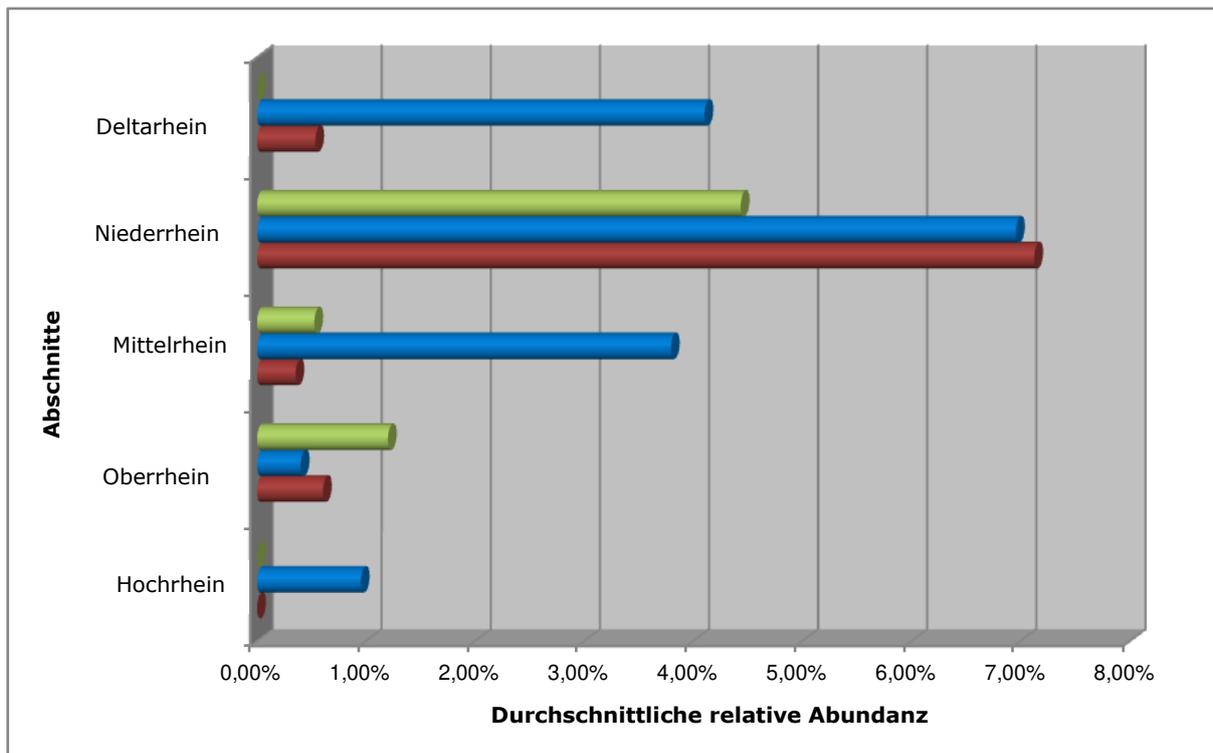
3.5. Artenzusammensetzung im Niederrhein

Mit durchschnittlich 48 Taxa pro Probe weist der Niederrhein eine durchschnittliche Artenvielfalt auf. Mit insgesamt 91 erhobenen Arten ist dies, zusammen mit dem Hochrhein, der Abschnitt mit den wenigsten Taxa. Jedoch weist der Niederrhein nur 3 Messstellen auf, gegenüber 5 am Hochrhein, wobei der Zählaufwand höher ist (s. Tabelle 6). Diese geringe Anzahl von Messstellen ist auf die besonderen hydrologischen Bedingungen im Jahr 2018 zurückzuführen, als aufgrund von Trockenheit viele Proben nicht entnommen werden konnten.

Nach wie vor werden erhebliche Mengen *Amphora pediculus* und, in geringerem Maße *Melosira varians* nachgewiesen (s. Abbildung 3).

Die charakteristischsten Begleitarten dieses Abschnittes sind *Nitzschia inconspicua*, *Nitzschia paleacea* und *Eolimna minima* sensu lato (s. Abbildung 11 und Fotos in Abbildung 12).

Es wird darauf hingewiesen, dass die Bezeichnungen *Navicula minima* und *Eolimna minima* nicht mehr gelten (s. Wetzel *et al.* 2015 und Lange-Bertalot *et al.* 2017). Es war nicht möglich, die aktuellen Bezeichnungen zu verwenden, denn diese früheren Bezeichnungen entsprechen heute mehreren unabhängigen Arten (z.B. *Sellaphora nigri* (De Notaris) C.E. Wetzel & Ector). Der Niederrhein ist der einzige Abschnitt mit signifikanter Abundanz von *Nitzschia abbreviata* (Hustedt in Schmidt *et al.*). Anstelle von *N. abbreviata* kann es sich, je nach verwendeter Literatur, um *Nitzschia soratensis* Morales & Vis oder *Nitzschia (frustulum var.) inconspicua* Grunow handeln (vgl. Trobajo *et al.* 2013 und Lange-Bertalot *et al.* 2017).



- *Nitzschia inconspicua* Grunow
- *Nitzschia paleacea* (Grunow) Grunow in Van Heurck
- *Eolimna minima* (Grunow) Lange-Bertalot in Moser et al. sensu lato

Abbildung 11: Durchschnittliche Abundanz von *Nitzschia inconspicua*, *Nitzschia paleacea* und *Eolimna minima* sensu lato pro Rheinabschnitt

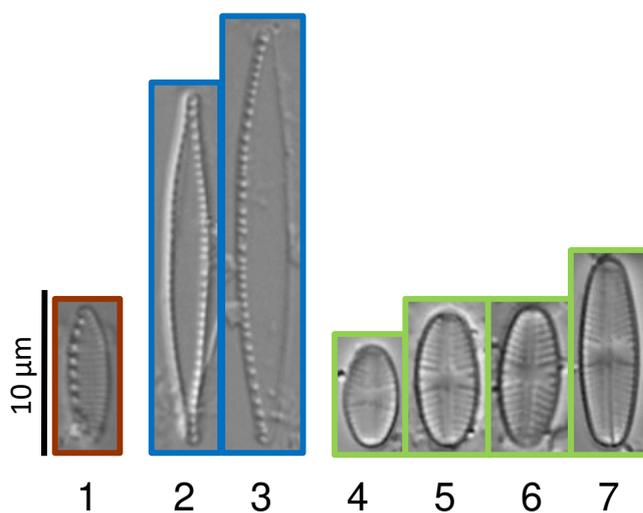
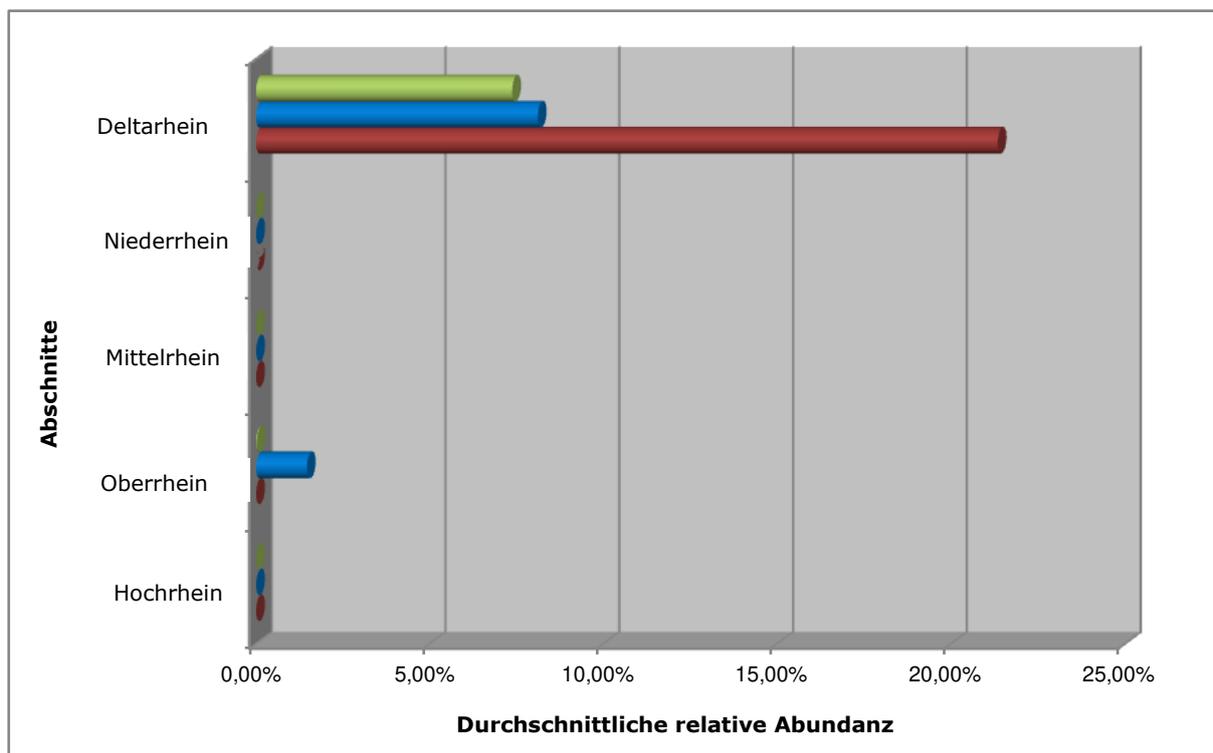


Abbildung 12: Fotos von *Nitzschia inconspicua*, *Nitzschia paleacea* und *Eolimna minima* sensu lato

(1: *Nitzschia inconspicua*; 2-3: *Nitzschia paleacea*; 4-7: *Eolimna minima* sensu lato; Fotos D. Heudre)

3.6. Artzusammensetzung im Deltarhein

Mit durchschnittlich 63 Taxa pro Probe und insgesamt 167 erhobenen Arten ist der Deltarhein relativ atypisch (s. Abbildung 13 und Fotos in Abbildung 14). Er weist die vielfältigsten Proben und auch die zweitgrößte taxonomische Vielfalt des Rheins auf. Es handelt sich um einen atypischen Lebensraum, in erster Linie mit einer spezifischen Flora, die sich erheblich vom restlichen Rhein unterscheidet. In den Proben kommen Plankton-Taxa in erheblicher Abundanz vor, während dies weiter stromaufwärts nur sporadisch zutrifft. Das lässt sich durch die stark lenitischen Bedingungen dieses Abschnittes erklären, die Planktonentwicklung und Sedimentation begünstigen. Charakteristische Arten dieses Abschnittes sind *Skeletonema subsalsum* (Cleve-Euler) Bethge, *Discostella pseudostelligera* (Hustedt) Houk & Klee emend. Genkal und *Cyclostephanos invisitatus* (Hohn & Hellerman) Theriot, Stoermer & Håkansson. Als Begleitarten sind *Nitzschia dissipata*, *Nitzschia paleacea* und eine unbestimmte *Luticola* Art zu nennen.



- *Skeletonema subsalsum* (Cleve-Euler) Bethge
- *Discostella pseudostelligera* (Hustedt) Houk & Klee emend. Genkal
- *Cyclostephanos invisitatus* (Hohn & Hellerman) Theriot, Stoermer & Håkansson

Abbildung 13: Durchschnittliche Abundanz von *Skeletonema subsalsum*, *Discostella pseudostelligera* und *Cyclostephanos invisitatus* pro Rheinabschnitt

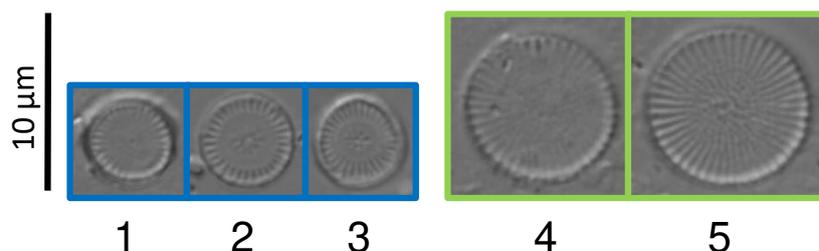


Abbildung 14: Fotos von *Discostella pseudostelligera* und *Cyclostephanos invisitatus* (1-3: *Discostella pseudostelligera* ; 4-5: *Cyclostephanos invisitatus* ; Fotos D. Heudre)

4. Biologische Eigenschaften

Über die Beschreibung der Artenzusammensetzung hinaus wurden die biologischen Eigenschaften der Arten untersucht, um die Populationsentwicklung im Längsverlauf des Rheins und die 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

Bereich	ID	Messstelle	Flusskilometer	Wichtigste Nebenflüsse
Alpenrhein	01	Fußbach	<i>nicht zutreffend</i>	
Hochrhein	02	Stein (Hemishofen)	25	{ Aare (Fluss-km 102,5)
	03	Ellikon (Lottstetten-Nack)	63	
	04	Sisseln (Obersäckingen)	126	
	05	Pratteln / Wyhlen	159	
Oberrhein	06	Kembs	194	{ Neckar (Fluss-km 428)
	07	Neuenburg	199	
	08	Breisach	217	
	09	Wyhl	248	
	10	Rhinau	261	
	11	Schwanau	272	
	12	Kehl	291	
	13	Gambsheim	310	
	14	Grauelsbaum	317	
	15	Steinmauern	345	
	16	Lauterbourg/Karlsruhe	350	
	17	Karlsruhe	360	
	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	Heidenfarth-Nonnenaue	512	{ Nahe (Fluss-km 529,5)
	29	Bacharach (RP)	542	
	30	Bacharach (HE)	543	
	31	Andernach/Namedy	615	
	32	Hammerstein	618	
Niederrhein	33	Niederkassel-Mondorf	665	{ Ruhr (Fluss-km 780) Lippe (Fluss-km 814,5)
	34	Meerbusch-Nierst	758	
	35	Rees	841	

Bereich	ID	Messstelle	Flusskilometer	Wichtigste Nebenflüsse
Deltarhein	36	Lobith Ponton	863	
	37	Hagestein Bovenstuw	945	
	38	Gouderak Noord	nicht zutreffend	
	39	Dordtsche Biesbosch	975	
	40	Kuipersveer	985	
	41	Kampen	995	

Gegenstandslos: keine Kilometerangabe da nicht am Hauptstrom des Rheins.

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 einschließlich zum Niederrhein darzustellen. Ab der Messstelle Nr. 36 trifft diese Art der Darstellung auf ihre Grenzen: im Abschnitt des Deltarheins sind die Messstellen auf mehrere Arme des Flusslaufes verteilt, die hier zufällig klassifiziert werden und somit keine Abfolge vom Oberlauf zum Unterlauf darstellen.

Verschiedene Verfasser haben Synthesen der Autoökologie der Diatomeen anhand biologischer Eigenschaften erstellt. Mittels dieser Eigenschaften sollen Präferenzen der Arten quantifiziert werden wie 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 *et al.* 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 ständig weiterentwickelt, gab es viele heute anerkannte Taxa zu dem Zeitpunkt dieser Arbeiten nicht, so dass es für sie noch keine kodifizierten biologischen Eigenschaften gibt. Die neueren Arbeiten (2019) von Carayon *et al.* lösen dieses Problem, liefern autoökologische Daten für zahlreiche Taxa und nehmen die Entwicklungen der Taxonomie und neuer oder invasiver Arten auf französischem Hoheitsgebiet aus den letzten Jahren auf. Der Anteil der Kategorie „Keine Angaben“ ist somit wesentlich geringer als in älteren Bezugswerken.

Festgestellte Grenzen der Nutzung biologischer Eigenschaften:

* Aus den im vorhergehenden Abschnitt genannten Gründen stellt die Kategorie „Keine Angaben“ an den Messstellen 1 bis 35 hier in erster Linie nur Taxa dar, die nicht auf Artebene erfasst, sondern nur unter der Gattung aufgeführt wurden (*Achnantheidium sp* oder *Nitzschia sp*). Die Verfasser geben diese Ebene aus ökologischer Sicht nur selten an.

* Die meisten Grafiken weisen für die Messstellen 36 bis 41 ebenfalls einen Spitzenwert in der Kategorie „Keine Angaben“ auf. Das ist zum Teil auf das Vorkommen von in der Flora Frankreichs wenig geläufigen Arten zurückzuführen, über deren ökologische Einstufung den Verfassern nicht ausreichend Informationen vorliegen (gilt insbesondere für die stark abundant vorkommende Art *Skeletonema potamos*).

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

4.1. Umweltmerkmale (Carayon *et al.* 2019)

Diese neuere Veröffentlichung aus 2019 schlägt ein autoökologisches Bezugssystem für die in taxonomischer Hinsicht aktualisierten Diatomeenarten nach dem Modell des Bezugssystems von VanDam (1994) vor. Es umfasst 809 Taxa der Flora Frankreichs, deren Ökologie anhand von 7 Merkmalen beschrieben wird. Für die jedes Merkmal ausmachenden Parameter werden optimale Toleranzwerte (z. B. Leitfähigkeit für das Merkmal „Mineralisierung“) und die Verteilung der Taxa auf Klassen angegeben.

Abbildung 15 zeigt, dass die vorhandene Artenzusammensetzung durch alkaliphile und alkalibionte Arten dominiert wird. Ab der Messstelle Nr. 2, Hemishofen, dominieren die alkalibionten leicht, anschließend kehrt der Trend sich nach und nach zum Unterlauf des Rheins hin um. Die neutrophilen Taxa kommen in sehr geringer Abundanz nur sporadisch vor und sind auf Ebene dieser Grafik nicht darstellbar. Es wurde kein acidophiles Taxon erhoben, was dem geologischen Substrat des Rheineinzugsgebietes entspricht.

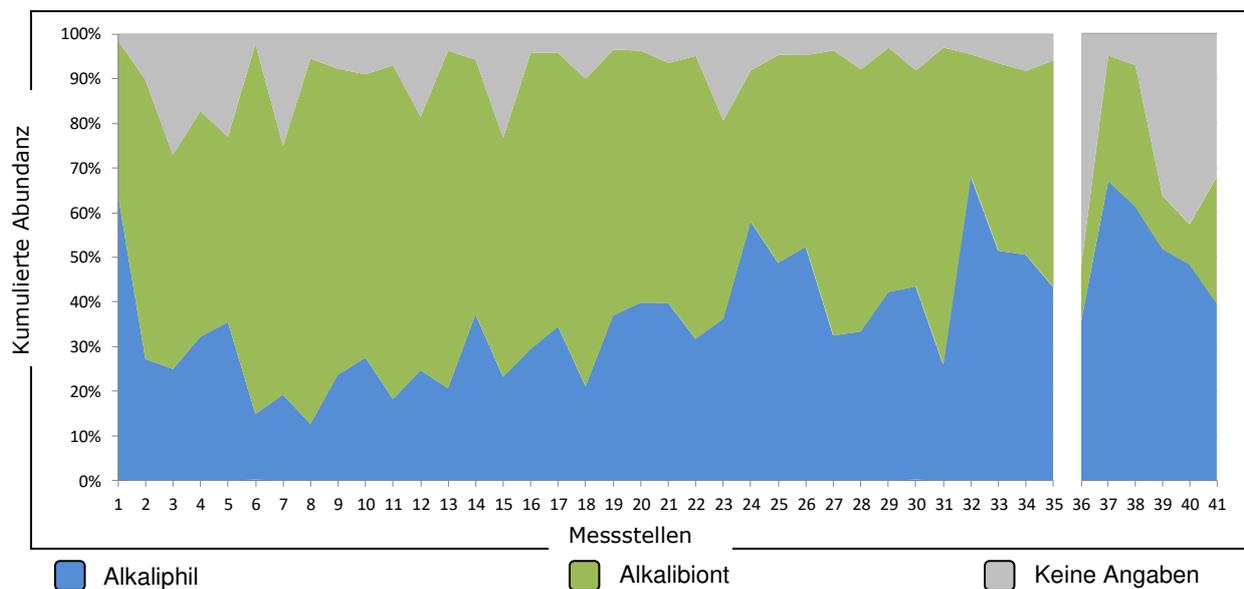


Abbildung 15: Kumulierte Abundanz der Arten, verteilt nach pH-Empfindlichkeit (Carayon *et al.* 2019) (Messstellen je Rheinabschnitt: 1-5 (Hochrhein); 6-28 (Oberrhein); 29-32 (Mittelrhein); 33-35 (Niederrhein); 36-41 (Deltarhein))

Aus Abbildung 16 geht hervor, dass die Artenzusammensetzung im Rhein insgesamt weitgehend aus Taxa besteht, die durchschnittliche Mineralisierung bevorzugen. Ab der Messstelle Lauterbourg-Karlsruhe (Nr. 16, auf der Hälfte des Oberrheins) treten vermehrt Arten auf, die stärkere Mineralisierung bevorzugen. Dieses Vorkommen weist bis zum Ende des Oberrheins/Messstation Eltville (Nr. 27) einen steigenden und anschließend einen abnehmenden Trend auf. Aufgrund des hohen Anteils von „Keine Angaben“ in Verbindung mit Vorkommen von *Skeletonema subsalsum* ist es schwierig, Schlussfolgerungen zum Deltarhein zu ziehen. In der Literatur heißt es über diese Planktonart, dass sie starke Mineralisierung oder Brackwasser bevorzugt (Kiss *et al.* 2012). Berücksichtigt man das, entspricht das Profil ganz der nach und nach in Richtung Unterlauf eines großen Stroms zunehmenden Mineralisierung.

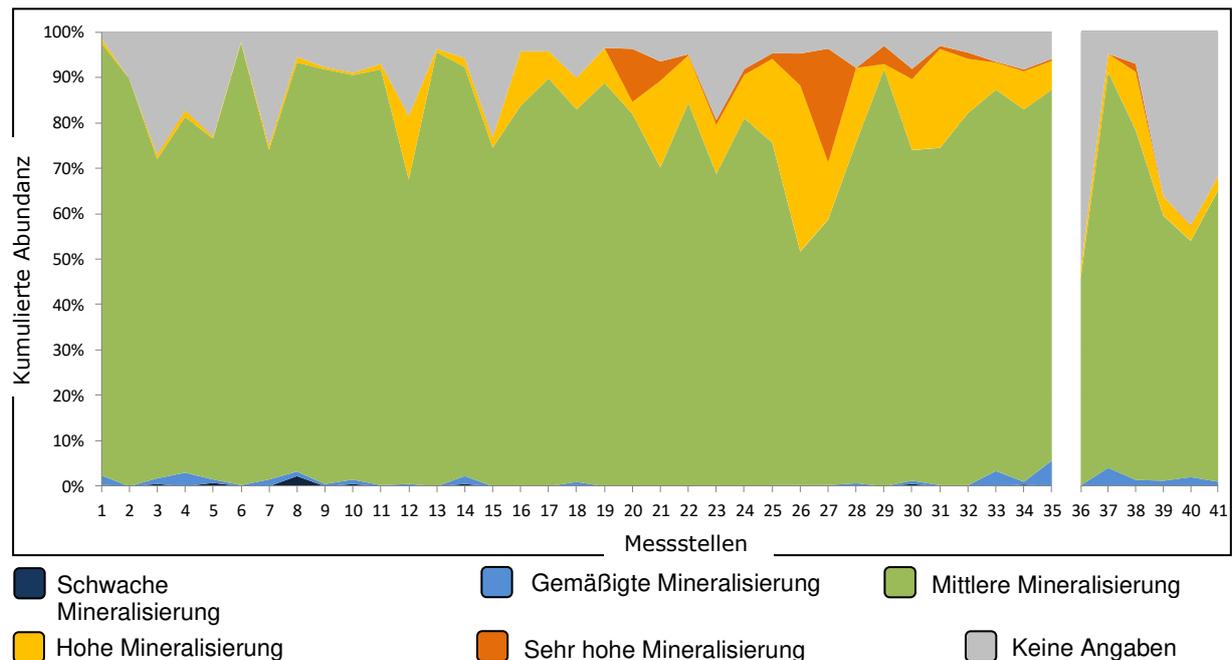


Abbildung 16: Kumulierte Abundanz der Arten, verteilt nach Empfindlichkeit gegenüber der Mineralisierung (Carayon *et al.* 2019) (Messstellen je Rheinabschnitt: 1-5 (Hochrhein); 6-28 (Oberrhein); 29-32 (Mittelrhein); 33-35 (Niederrhein); 36-41 (Deltarhein))

Abbildung 17 zeigt die Klassenverteilung nach Sauerstoffempfindlichkeit. An den ersten Messstellen zeigt sich ein großer Anteil Arten, die sehr sauerstoffreiche Lebensräume bevorzugen, was dem lotischen Charakter des Alpen- und des Hochrheins entspricht. Der Anteil dieser Taxa nimmt stromabwärts rasch ab und hält sich bei etwa 10 %. Der Großteil des Rheins wird ab dem Oberrhein durch einen dominierenden Anteil Taxa charakterisiert, die hohe bis gemäßigte Sauerstoffgehalte bevorzugen. In der zweiten Hälfte des Rheinverlaufs treten in geringer Anzahl Taxa auf, die an wenig sauerstoffreiche Lebensräume angepasst sind. An den Messstellen Heidenfarth-Nonnenaue und Hammerstein sind es maximal etwa 10 % (Nr. 28 bzw. 32).

In Anbetracht eines Flusses dieser Größe kann man aus dieser Feststellung auf eine gute Sauerstoffversorgung schließen.

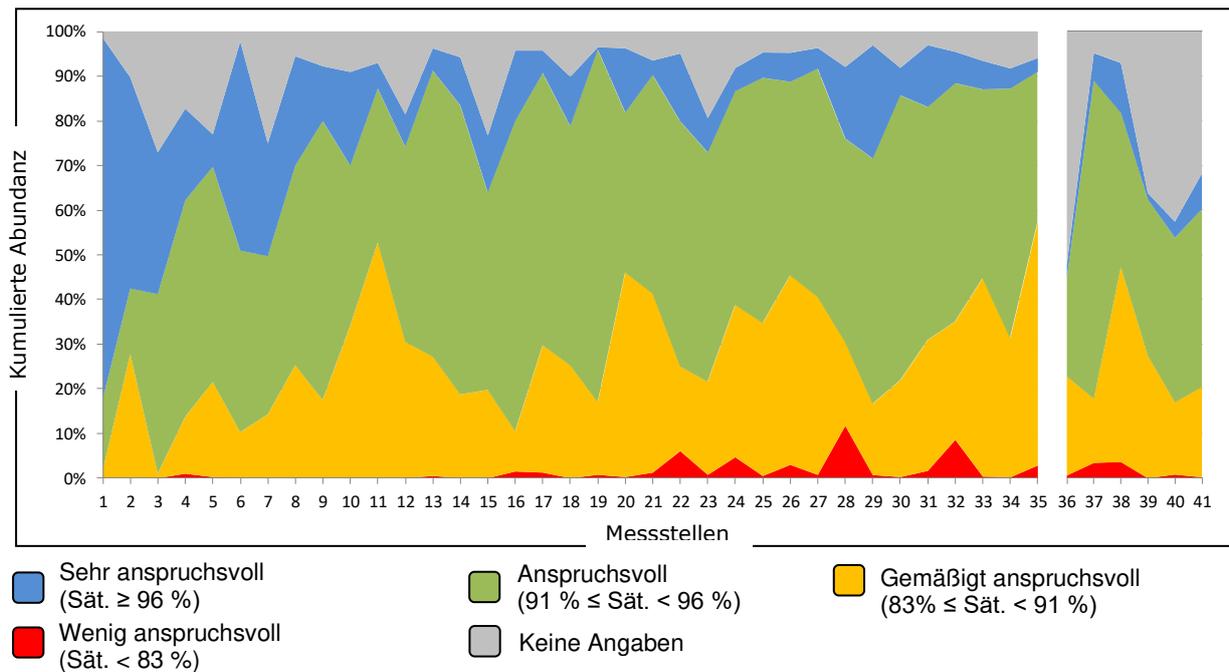


Abbildung 17: Kumulierte Abundanz der Arten, verteilt nach Sauerstoffempfindlichkeit (Carayon et al. 2019) (Messstellen je Rheinabschnitt: 1-5 (Hochrhein); 6-28 (Oberrhein); 29-32 (Mittelrhein); 33-35 (Niederrhein); 36-41 (Deltarhein))
Sät.: Sauerstoffsättigung

Bezüglich der Trophie (vergleichbar mit der Nährstoffbelastung des Lebensraums, s. Abb. 18 und 19, die die Empfindlichkeit der Artenzusammensetzungen gegenüber Nitraten und Phosphor darstellen) zeigt der Rhein ein recht klassisches Bild großer Fließgewässer: schnelle Nitratanreicherung und Phosphor als einschränkendes Element.

In Abbildung 18 ist es interessant festzustellen, dass die Artenzusammensetzungen schnell eunitrophil werden, sich anschließend aber nach und nach hin zu einer mesonitrophilen Dominanz entwickeln. Der Spitzenwert der Kategorie „oligonitrophil“ an der Messstelle Kembs (Nr. 6) ist im Zusammenhang mit dem Vorkommen von 38 % *Achnantheidium delmontii* zu sehen. Die Feststellung dieser Abbildung muss also relativiert werden, denn auch wenn diese Art zu den am Hochrhein und im Oberlauf des Oberrheins ermittelten *Achnantheidium sp.* gehört (Kategorie „Keine Angaben“ der Grafik), nimmt die Kategorie „oligonitrophil“ an gewissen Messstellen merkbar zu.

Die Phosphoranreicherung scheint wesentlich gestaffelter zu erfolgen (s. Abb. 19). So wird der Hochrhein in erster Linie von Artenzusammensetzungen dominiert, die für oligo- bis oligomesotrophe Lebensräume typisch sind. Der Lebensraum wird erst an der Messstelle Schwanau (Nr. 11) mesotroph. Der Spitzenwert der Kategorie „mesotroph“ der Messstation Pratteln/Wyhlen (Nr. 5) ist ein Artefakt und ist in Verbindung mit erheblicher Abundanz von *Cocconeis placentula* sensu lato zu sehen, die dieses Modell zusammen mit der Ökologie von *Cocconeis placentula* sensu stricto betrachtet. Die charakteristischen Arten eutropher bis hyper-eutropher Lebensräume treten erst in der zweiten Hälfte des Hauptstroms Rhein um die Messstelle Nordheim (Nr. 20) auf. Schließlich beobachtet man zwei Trophie-Spitzen, die dem Zusammenfluss mit dem Main unterhalb der Messstelle Ginsheim (Nr. 25) und den verschiedenen Zusammenflüssen unterhalb der Messstellen Bacharach (Nr. 29 & 30) entsprechen. Hier sei angemerkt, dass die beiden Messstellen in Bacharach (Nr. 29 & 30) nur 1 km auseinander liegen, linksseitig (Nr. 29) und rechtsseitig (Nr. 30) am Rhein. Vermutlich sind diese Messstellen noch durch die Kläranlage 1 km oberhalb beeinflusst, was die unterschiedliche Artzusammensetzung erklären könnte.

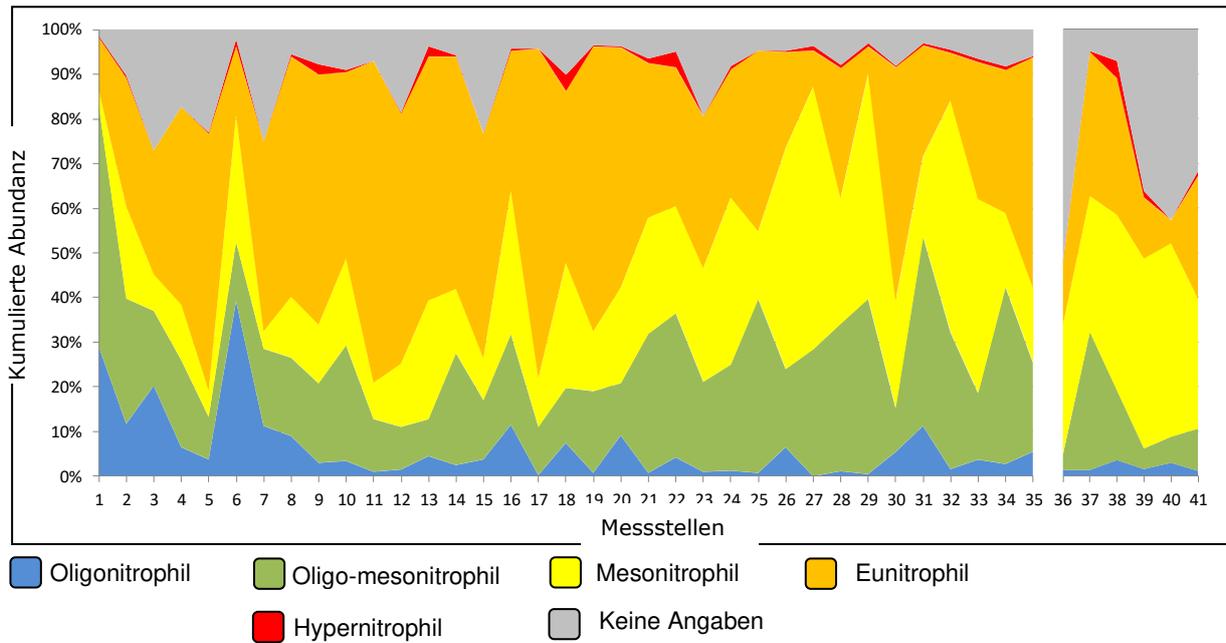


Abbildung 18: Kumulierte Abundanz der Arten, verteilt nach Nitrat-Empfindlichkeit (Carayon et al. 2019) (Messstellen je Rheinabschnitt: 1-5 (Hochrhein); 6-28 (Oberrhein); 29-32 (Mittelrhein); 33-35 (Niederrhein); 36-41 (Deltarhein))

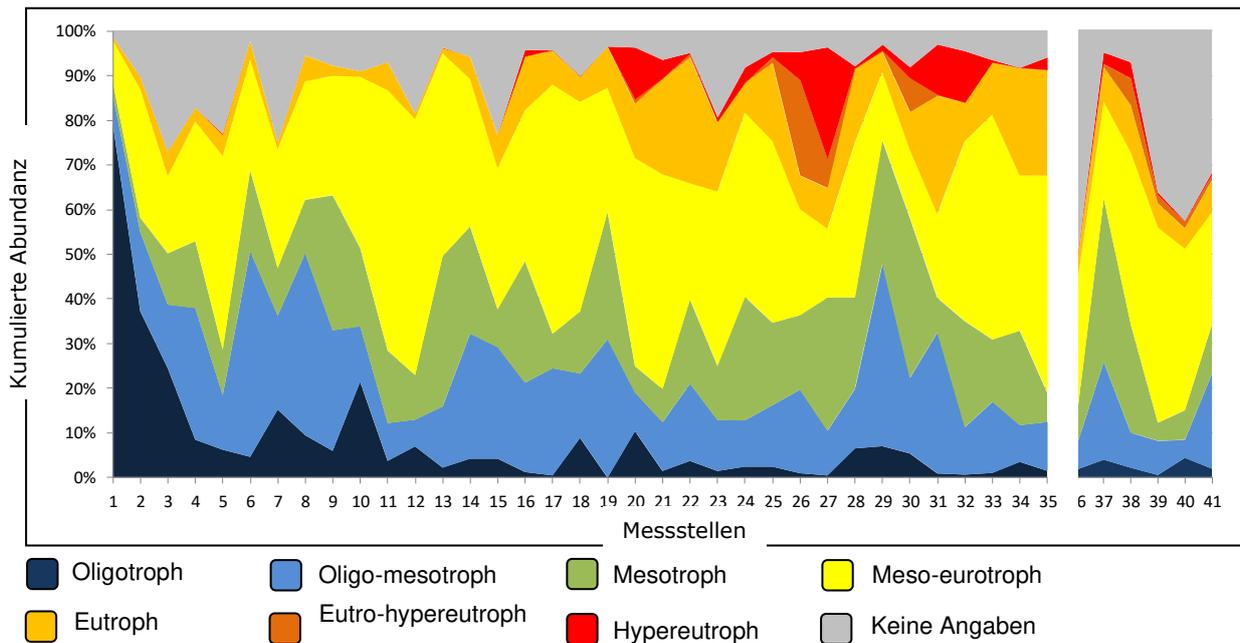


Abbildung 19: Kumulierte Abundanz der Arten, verteilt nach Phosphor-Empfindlichkeit (Carayon et al. 2019) (Messstellen je Rheinabschnitt: 1-5 (Hochrhein); 6-28 (Oberrhein); 29-32 (Mittelrhein); 33-35 (Niederrhein); 36-41 (Deltarhein))

In Bezug auf die Saprobien (entspricht der organischen Stoffbelastung der Umwelt) zeigt Abbildung 20, 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 Mannheim, Nr. 25) spürbar wird und im Niederrhein deutlich zu verzeichnen ist.

Dieses Profil ist im Rheindelta wenig belastbar, da die Abundanz der Klasse „Keine Angaben“ bei knapp 50 % liegen kann. Da diese Kategorie mit der erheblichen Abundanz von *Skeletonema subsalsum* verbunden ist, einer Art, die stärker für die Mineralisierung

als für eine eventuelle Belastung mit organischen Stoffen ist, gibt es keinen Grund, die gute Qualität dieses Abschnitts im Hinblick auf die Saprobie in Frage zu stellen. Abbildung 21 stellt die Empfindlichkeit der Arten gegenüber organischen Stickstoff-Formen (NO_2^- und NH_4^+) dar und ergänzt die Saprobie. Mit dem bemerkenswert abundanten Auftreten von Arten, die an erhebliche Konzentrationen dieser Stickstoffformen angepasst sind, ist das Profil ab der Messstelle Leeheim (Nr. 24) bis zum Ende des Oberrheins recht ähnlich. Schließlich beobachtet man zwei Spitzen von α -mesopolysaprobischen Arten, die dem Zusammenfluss mit dem Main stromabwärts der Messstation Ginsheim (Nr. 25) und den verschiedenen Zusammenflüssen stromabwärts der Messstellen von Bacharach entsprechen (Nr. 29 & 30).

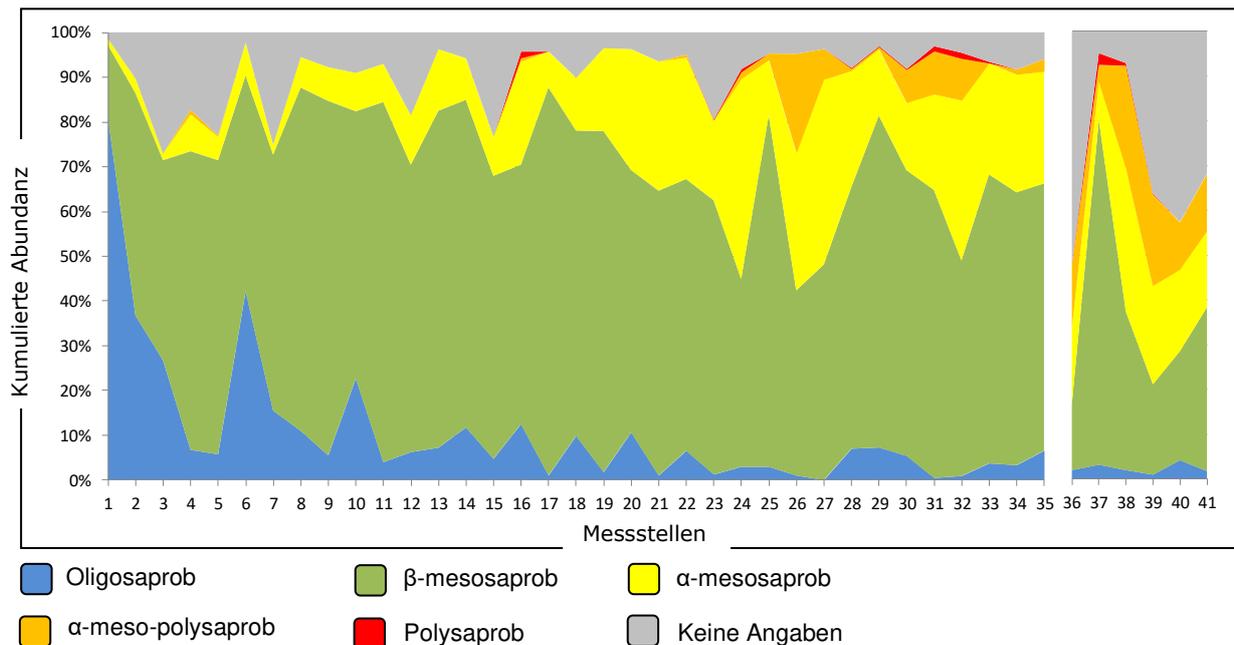


Abbildung 20: Kumulierte Abundanz der Arten, verteilt nach Empfindlichkeit gegenüber der Saprobie (Carayon *et al.* 2019) (Messstellen je Rheinabschnitt: 1-5 (Hochrhein); 6-28 (Oberrhein); 29-32 (Mittelrhein); 33-35 (Niederrhein); 36-41 (Deltarhein))

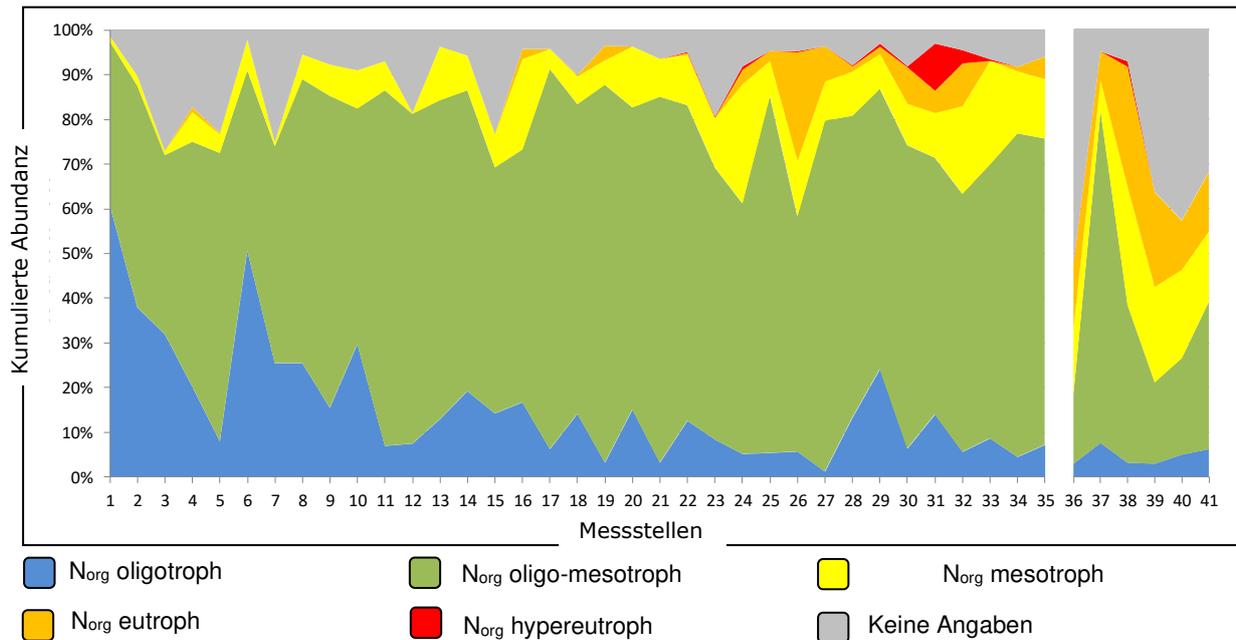


Abbildung 21: Kumulierte Abundanz der Arten, verteilt nach Empfindlichkeit gegenüber organischem Stickstoff (Carayon *et al.* 2019) (Messstellen je Rheinabschnitt: 1-5 (Hochrhein); 6-28 (Oberrhein); 29-32 (Mittelrhein); 33-35 (Niederrhein); 36-41 (Deltarhein))

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 war, eine breit angelegte Liste häufig in europäischen Fließgewässern beobachteter 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 22 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 lenitischen Bereichen, die im Deltarhein verbreitet sind. Die einzige Ausnahme bildet die von Rheinland-Pfalz verwaltete Messstelle Bacharach (Nr. 29), wo die Zunahme koloniebildender Arten im Zusammenhang mit der erheblichen Abundanz zwei araphider koloniebildender Taxa zu sehen ist: *Pseudostaurosira brevistriata* und *Staurosira venter*. Die Pionierarten gehören zu den ersten, die künstlich eingebrachte Substrate besiedeln. Das ist eine Anpassungsfähigkeit, biofilmfreie Substrate durch hohe Reproduktion schnell zu besiedeln. Daher sind diese Arten auch kennzeichnend für Lebensräume, in denen der Biofilm in erheblichem Umfang abgebaut wird. Sie kommen vom Hochrhein bis zum mittleren Teil des Oberrheins in Höhe der Messstelle Stockstadt (Nr. 23) in großer Abundanz vor, anschließend fällt die Abundanz anhaltend unter 10 %. Im Niederrhein steigt die Abundanz merklich. Die wichtigsten Pionierarten sind *Achnanthydium minutissimum* im Hochrhein, eine Pionierart lotischer Lebensräume, in welchen die Träger dem Geschiebetransport oder von der Strömung abgespültem Biofilm ausgesetzt werden

können und allgemeiner, in den anderen Abschnitten, *Amphora pediculus*, eine Pionierart in Lebensräumen, in denen der Biofilm stark abgegrast werden kann (beispielsweise durch Wasserschnecken oder Fische). Im Deltarhein scheinen sie so gut wie nicht vorzukommen, was vermutlich auf den hohen Anteil von Arten planktonischen Ursprungs im Benthos zurückzuführen ist (s. Abb. 23).

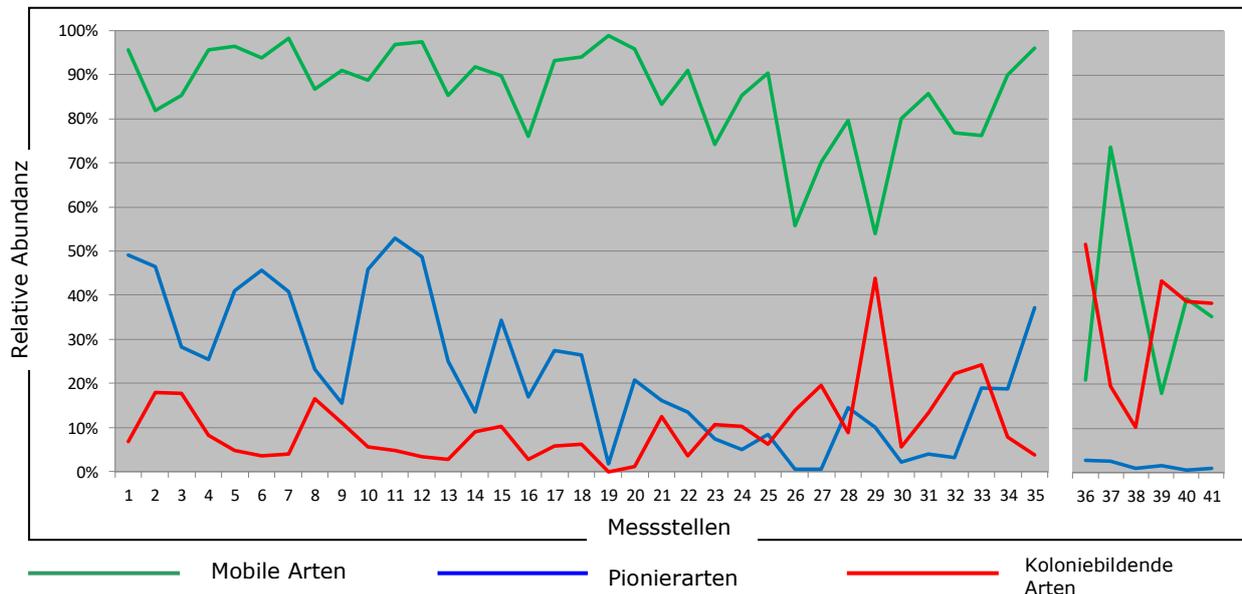


Abbildung 22: Relative Abundanz der Arten in Bezug auf ihre biologischen Eigenschaften: mobile, kolonisierende oder Pionierart (Rimet et al. 2012) (Messstellen je Rheinabschnitt: 1-5 (Hochrhein); 6-28 (Oberrhein); 29-32 (Mittlerhein); 33-35 (Niederrhein); 36-41 (Deltarhein))

Abbildung 23 stellt die kumulierte Abundanz der Taxa je nach Haftung oder Nicht-Haftung am Substrat und Art der Haftung dar. Für den Bereich des Hochrheins und den beginnenden Oberrhein wird ein Spitzenwert von Stielformen festgestellt, der in Verbindung mit dem erheblichen Vorkommen der an Fließwasser-Ökosysteme angepassten Gattung *Achnantheidium* zu sehen ist.

Diese Abbildung zeigt für die 2. und 3. Messstelle eine erhebliche Abundanz von Arten auf, die durch Kissen fixiert sind, wie auch ein zunehmendes Vorkommen dieser Arten im Unterlauf des Hauptstroms Rhein. Diese beiden Erscheinungsbilder sind auf das Vorkommen der an den lenitischen Bereich angepassten *Fragilariaceae*-Arten (d. h. *Tabularia*, *Staurosira*, *Pseudostaurosira*...) zurückzuführen. Im Oberlauf ist das durch den Einfluss des Bodensees zu erklären, im Unterlauf durch die schrittweise abnehmende Fließgeschwindigkeit des Rheins und den Einfluss von Bauwerken.

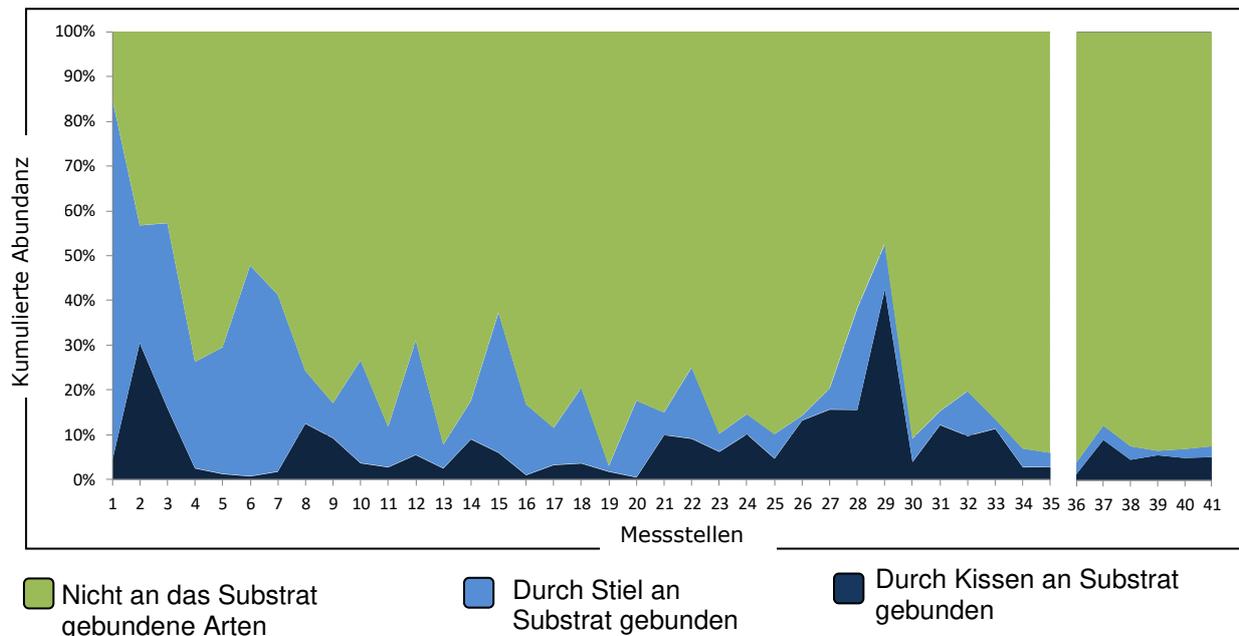


Abbildung 23: Kumulierte Abundanz der Arten nach biologischer Eigenschaft bezüglich der Haftung am Substrat (Rimet et al. 2012) (Messstellen je Rheinabschnitt: 1-5 (Hochrhein); 6-28 (Oberrhein); 29-32 (Mittelrhein); 33-35 (Niederrhein); 36-41 (Deltarhein))

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 „planktischen“ Taxa jene mit freischwebender Lebensweise, die sich nach Sedimentation im Benthos befinden.

In dieser Klassifizierung sind gewisse etwas komplexe 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 *Eunotia* stellen eine Gruppe dar, die genauer untersucht werden sollte, denn sie sind 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 24 zu entnehmen. Im Oberlauf des Rheins ist eine „Low profile“-Dominanz mit einem Höchstwert von 87 % der Artenzusammensetzung an der Messstelle Fußbach (Nr. 1) zu beobachten, was diesen

sehr energiereichen Abschnitt mit sehr schnell fließendem und turbulentem Wasser gut beschreibt.

Abgesehen von dem Spitzenwert 83 % um die Messstelle Kehl (Nr. 12) ist insgesamt bis zur Messstelle Wiesbaden (Nr. 26) ein Rückgang dieser Gilde zu beobachten, die nach und nach durch die der „Mobilen“ ersetzt wird, die an der Messstelle Mannheim (Nr. 19) mit 87 % einen Spitzenwert erreicht. Der Rhein bleibt ein sehr energiereicher Lebensraum, beginnt aber merklich mit Nährstoffen angereichert zu werden (siehe Abbildung 18 zur Trophie nach Carayon *et al.*, 2019). Außerdem muss die Verlangsamung der Fließgeschwindigkeit die Sedimentation der Schwebstoffe in Ufernähe ermöglichen, wo die Probenahmen normalerweise erfolgen und die zu der Gilde der „Mobilen“ gehörenden Arten sind gut angepasst, um dieser Sedimentation zu widerstehen.

Unterhalb der Messstelle Wyhl (Nr. 9) und bis zur Messstelle Rees (Nr. 35) werden Anstiege in der Abundanz der „Low profile“ beobachtet, die durch das vorrangige Vorkommen von *Amphora pediculus* hervorgerufen werden (s. Abb.3). Da der Lebensraum eutrophiert und vermutlich weniger turbulent ist, wird *A. pediculus*, eine der Beweidung des Biofilms widerstehende Pionierart dort, wo Proben der Träger entnommen werden, zu einer wesentlichen Komponente der Lebensgemeinschaft. In geringerem Maße tragen die *Achnanthydium*-Arten (*A. delmontii* oder unbestimmt) auch zu der zunehmenden Abundanz dieser Gilde insbesondere im Oberrhein bei.

Die Abundanz der „High profile“ nimmt unterhalb der Messstelle Nordheim (Nr. 20) gemäßigt zu und erreicht mit 45 % ein Maximum an der obersten Messstelle von Bacherach (Nr. 29): der Lebensraum wird lenitischer und die Nährstoffbelastung nimmt zu.

Insbesondere im Abschnitt des Deltarheins ist auch eine bemerkenswerte Abundanz der Planktonartigen festzustellen, wenn auch einige Artefakte, wie an den Messstellen Lauterbourg/Karlsruhe (Nr. 16) oder Wiesbaden (Nr. 26) zu vermerken sind. Diese Besonderheiten sind in Verbindung mit der Abundanz von *Discostella pseudostelligera* (Messstelle Nr. 16) und *Cyclotella meneghiniana* Kützing (Nr. 26) zu sehen. Diese Arten planktonischen Ursprungs werden häufig in großer Abundanz im Benthos beobachtet, denn sie scheinen in der Lage zu sein, sich nach der Sedimentation zu halten und im Benthos zu vermehren.

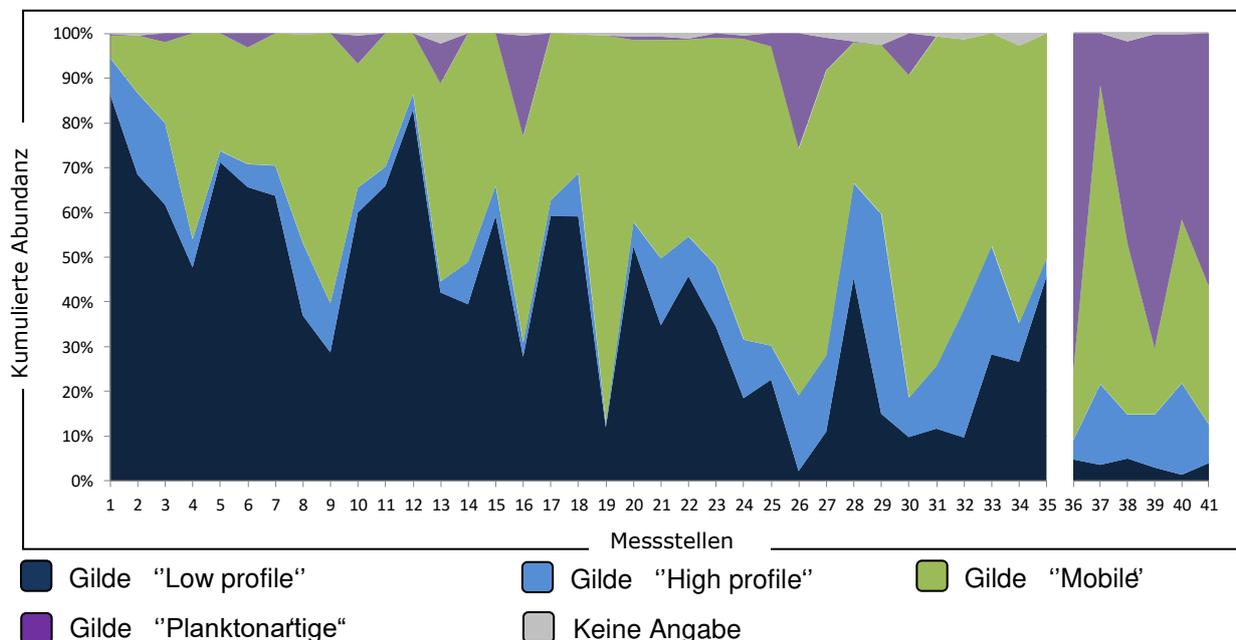


Abbildung 24: Kumulierte Abundanz der Arten je nach Zugehörigkeit zu verschiedenen ökologischen Gilden (Rimet *et al.* 2012) (Messstellen je Rheinabschnitt: 1-5 (Hochrhein); 6-28 (Oberrhein); 29-32 (Mittelrhein); 33-35 (Niederrhein); 36-41 (Deltarhein))

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.

5. Fazit

Die Untersuchung der Struktur der Diatomeen-Gemeinschaften hat es ermöglicht, die Entwicklung der ökologischen 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 verändert sich die Situation sukzessive. Die für meso-eutrophe Lebensräume charakteristischen Arten machen ab dem Oberrhein einen Großteil aus. Eutrophe bis hypereutrophe Arten kommen in der zweiten Hälfte des Rheinverlaufs in erheblichen Mengen vor. Die Abfolge im Flussverlauf zeigt eine gemäßigtere und allmähliche Zunahme der Menge organischer Stoffe und der Mineralisierung.

Die im Delta des Rheins vorkommenden Arten weisen in ihren hydromorphologischen Eigenschaften auf einen besonderen Lebensraum hin: planktische Arten erscheinen in großen Mengen.

Somit lässt sich eine schöne Abfolge von Diatomeen-Gemeinschaften bei abnehmender Fließgeschwindigkeit und gleichzeitiger Zunahme des Nährstoffangebots vom Ober- zum Unterlauf des Rheins feststellen. Der größte Teil des Rheinlaufs ist somit durch Taxa gekennzeichnet, die eine mittlere Mineralisierung bevorzugen, sowie durch eine Dominanz von Taxa, die für eine hohe und mäßige Sauerstoffzufuhr charakteristisch sind. Was die Nährstoffbelastung der Umwelt betrifft, so handelt es sich um einen sehr klassischen Fall großer Flüsse: Die Nitratanreicherung erfolgt rasch und Phosphor ist ein limitierendes Element mit einem allmählichen Anstieg von flussaufwärts bis flussabwärts. Darüber hinaus wird der Rhein über fast seinen gesamten Verlauf von β -mesosaprobischen Taxa dominiert, was auf eine eher schwach von organischer Substanz beeinflusste Umwelt hindeutet. Allerdings können zwei Spitzen von Arten beobachtet werden, die für eutroph-hypereutrophes und α -meso-polysaprobies Milieu charakteristisch sind, entsprechend dem Zusammenfluss des Mains stromabwärts der Messstelle Ginsheim und den verschiedenen Zusammenflüssen, die sich stromabwärts der Messstationen von Bacharach befinden. Schließlich werden die bestehenden Artenzusammensetzungen von alkaliphilen und alkalibiontischen Arten dominiert.

6. Literatur

- Bak M. & Lange-Bertalot, H. (2014). Four small-celled *Planothidium* species from Central Europe proposed as new to science. *Oceanological and Hydrobiological Studies* 43(4): 346-359.
- Carayon D., Tison-Rosebery J. & Delmas F. (2019). Defining a new autoecological trait matrix for French stream benthic diatoms. *Ecological Indicators* 103: 650-658.
- English J.D. & Potapova M.G. (2012). Ontogenetic and interspecific valve shape variation in the *Pinnatae* group of the genus *Surirella* and the description of *S. lacrimula* sp. nov. *Diatom research* 27(1): 9.-27.
- Genkal S. (2015). Morphological variability, taxonomy and ecology of *Discostella pseudostelligera* (Bacillariophyceae, Centrales) and similar species. *Nova Hedwigia* 101(3-4): 427.-449.
- 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.
- Jahn R., Kusber W.H. & Romero O.E. (2009). *Cocconeis pediculus* Ehrenberg and *C. placentula* Ehrenberg var. *placentula* (Bacillariophyta): Typification and taxonomy. *Fottea, Olomouc* 9(2): 275-288.
- Kiss K.T., Klee R., Ector L. & Acs E. (2012). Centric diatoms of large rivers and tributaries in Hungary: morphology and biogeographic distribution. *Acta Botanica Croatica* 71(2): 311.-363.
- Krammer K. & Lange-Bertalot H. (1986). Bacillariophyceae 1. Teil: Naviculaceae. In H. Ettl, J. Gerloff, H. Heynig, D. Mollehnauer (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. Mollehnauer (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. Mollehnauer (Eds) Süßwasserflora von Mitteleuropa. Stuttgart, Gustav Fischer Verlag, 1991a, 576 S.
- Krammer K. & Lange-Bertalot H. (1991b). Bacillariophyceae 4. Teil: Achnanthaceae. Kritische Ergänzungen zu *Navicula* (Lineolatae) und *Gomphonema*. Gesamtliteraturverzeichnis Teil 4. Süßwasserflora von Mitteleuropa. Stuttgart, Gustav Fischer Verlag, 1991b, 468 S.
- Lange-Bertalot H., Hofmann G., Werum M. & Cantonati M. (2017). Freshwater benthic diatoms of Central Europe: Over 800 common species used in ecological assessment. English edition with updated taxonomy and added species. Schmitt-Oberreifenberg: Koeltz Botanical Books. 942 S.
- Monnier O., Lange-Bertalot H., Rimet F., Hoffmann L. & Ector L. (2004). *Achnantheidium atomoides* sp. nov., a new diatom from the Grand-Duchy of Luxembourg. *Vie et milieu* 54(2-3): 127.-136.

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

Van Dam H., Mertens A. & Sinkeldam J. (1994). A coded checklist and ecological indicator values of freshwater diatoms from The Netherlands. *Netherlands Journal of Aquatic Ecology* 28: 117.-133.

Rott E., Hofmann 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.

Wetzel C. E., Ector L., Van de Vijver B., Compere P. & Mann D. G. (2015). Morphology, typification and critical analysis of some ecologically important small naviculoid species (Bacillariophyta). *Fottea, Olomouc* 15(2): 203.-234.

Wetzel C. E., Van de Vijver B., Blanco S. & Ector L. (2019). On some common and new cavum-bearing *Planorbulina* (Bacillariophyta) species from freshwater. *Fottea, Olomouc* 19(1): 50-89.

ANLAGEN

A. Liste der Messstellen mit Behörde

ID*	Bereich	Fluss	Messstelle	Behörde	Flusskilometer
01	Alpenrhein	Neuer Rhein	Fußbach	Österreich	<i>nicht zutreffend</i>
02	Hochrhein	Rhein	Stein (Hemishofen)	Lage: Schweizerische Eidgenossenschaft Untersuchung und Datenlieferung: Baden-Württemberg	25
03		Rhein	Ellikon (Lottstetten-Nack)	Baden-Württemberg	63
04		Rhein	Sisseln (Obersäckingen)	Baden-Württemberg	126
05		Rhein	Pratteln / Wyhlen	Baden-Württemberg	159
06	Oberrhein	Rest-Rhein	Kembs	Frankreich	194
07		Rest-Rhein	Neuenburg	Baden-Württemberg	199
08		Rhein	Breisach	Baden-Württemberg	217
09		Rhein	Wyhl	Baden-Württemberg	248
10		Rhein	Rhinau	Frankreich	261
11		Rhein	Schwanau	Baden-Württemberg	272
12		Rhein	Kehl	Baden-Württemberg	291
13		Rhein	Gambsheim	Frankreich	310
14		Rhein	Grauelsbaum	Baden-Württemberg	317
15		Rhein	Steinmauern	Baden-Württemberg	345
16		Rhein	Lauterbourg/Karlsruhe	Frankreich	350
17		Rhein	Karlsruhe	Baden-Württemberg	360
18		Rhein	Speyer	Rheinl.-Pf.	399
19		Rhein	Mannheim	Baden-Württemberg	435
20		Rhein	Nordheim	Hessen	451
21		Rhein	Biblis	Hessen	456
22		Rhein	Fähre Eich	Rheinl.-Pf.	461
23		Rhein	Stockstadt	Hessen	468
24		Rhein	Leeheim	Hessen	478
25		Rhein	Ginsheim	Hessen	491
26		Rhein	Wiesbaden	Hessen	499
27		Rhein	Eltville	Hessen	509
28		Rhein	Heidenfarth-Nonnenaue	Rheinl.-Pf.	512
29		Mittelrhein	Rhein	Bacharach (RP)	Rheinl.-Pf.
30	Rhein		Bacharach (HE)	Hessen	543
31	Rhein		Andernach/Namedy	Rheinl.-Pf.	615
32	Rhein		Hammerstein	Rheinl.-Pf.	618
33	Niederrhein	Rhein	Niederkassel-Mondorf	Nordrhein-Westfalen	665
34		Rhein	Meerbusch-Nierst	Nordrhein-Westfalen	758
35		Rhein	Rees	Nordrhein-Westfalen	841
36	Deltarhein	Waal	Lobith Ponton	Niederlande	863
37		Nederrjin-Lek	Hagestein Boven stuw	Niederlande	945
38		Hollandsche IJssel	Gouderak Noord	Niederlande	<i>nicht zutreffend</i>
39		Dordtsche Biesbosch	Dordtsche Biesbosch	Niederlande	975
40		Oude Maas	Kuipersveer	Niederlande	985
41		IJssel	Kampen	Niederlande	995

* im Rahmen der Studie

Gegenstandslos: keine Kilometerangabe da nicht am Hauptstrom des Rheins.

B. Liste der im Rhein erhobenen Taxa mit Rheinabschnitt des Vorkommens

Taxons	Hoch- rhein	Ober- rhein	Mittel- rhein	Nieder- rhein	Delta- rhein
<i>Achnanthes</i> sp.	X	X			
<i>Achnantheidium atomoides</i> Monnier, Lange-Bertalot & Ector	X			X	X
<i>Achnantheidium catenatum</i> (Bily & Marvan) Lange-Bertalot			X		
<i>Achnantheidium delmontii</i> Peres, Le Cohu & Barthes		X			X
<i>Achnantheidium druartii</i> Rimet & Couté in Rimet <i>et al.</i>		X			
<i>Achnantheidium eutrophilum</i> (Lange-Bertalot) Lange-Bertalot	X	X	X	X	X
<i>Achnantheidium exiguum</i> (Grunow) Czarnecki				X	
<i>Achnantheidium</i> sp.	X	X	X		X
<i>Achnantheidium jackii</i> Rabenhorst					X
<i>Achnantheidium minutissimum</i> (Kützing) Czarnecki sensu lato	X	X	X	X	X
<i>Achnantheidium minutissimum</i> (Kützing) Czarnecki f. <i>inconspicuum</i> (Østrup) Compère & Riaux-Gobin				X	
<i>Achnantheidium modestiforme</i> (Lange-Bertalot) Van de Vijver		X			
<i>Achnantheidium pfisteri</i> Lange-Bertalot				X	
<i>Achnantheidium pyrenaicum</i> (Hustedt) Kobayasi	X	X			
<i>Achnantheidium straubianum</i> (Lange-Bertalot) Lange-Bertalot		X			
<i>Achnantheidium subatomus</i> (Hustedt) Lange-Bertalot	X	X	X		
<i>Achnantheidium subhudsonis</i> (Hustedt) Kobayasi		X			
<i>Actinocyclus normanii</i> (Gregory ex Greville) Hustedt		X			X
<i>Actinoptychus senarius</i> (Ehrenberg) Ehrenberg					X
<i>Adlafia</i> sp.					X
<i>Adlafia minuscula</i> (Grunow) Lange-Bertalot		X			X
<i>Amphipleura pellucida</i> Kützing		X			
<i>Amphora</i> sp.		X		X	
<i>Amphora copulata</i> (Kützing) Schoeman & Archibald sensu lato	X	X	X	X	X
<i>Amphora hemicyclus</i> Stoermer & Yang		X			

Taxons	Hoch- rhein	Ober- rhein	Mittel- rhein	Nieder- rhein	Delta- rhein
<i>Amphora inariensis</i> Krammer	X	X		X	
<i>Amphora indistincta</i> Levkov		X	X		X
<i>Amphora macedoniensis</i> Nagumo		X			
<i>Amphora minutissima</i> W. Smith		X	X		
<i>Amphora ovalis</i> (Kützing) Kützing		X	X		X
<i>Amphora pediculus</i> (Kützing) Grunow	X	X	X	X	X
<i>Anomoeoneis sphaerophora</i> (Ehr.) Pfitzer					X
<i>Asterionella formosa</i> Hassall		X			X
<i>Aulacoseira ambigua</i> (Grunow) Simonsen					X
<i>Aulacoseira</i> sp.		X			
<i>Aulacoseira granulata</i> (Ehr.) Simonsen		X			
<i>Bacillaria paxillifera</i> (O.F. Müller) Hendeby		X		X	X
<i>Caloneis lancettula</i> (Schulz-Danzig) Lange-Bertalot & Witkowski	X	X	X		X
<i>Caloneis</i> sp.				X	
<i>Caloneis silicula</i> (Ehrenberg) Cleve			X		
<i>Cavinula cocconeiformis</i> (Gregory ex Greville) Mann & Stickle in Round, Crawford & Mann		X			
Diatomées centriques indifférenciées		X	X		
<i>Cocconeis</i> sp.		X			
<i>Cocconeis euglypta</i> Ehrenberg		X	X		X
<i>Cocconeis lineata</i> Ehrenberg		X	X	X	
<i>Cocconeis neothumensis</i> Krammer		X			X
<i>Cocconeis pediculus</i> Ehrenberg	X	X	X	X	X
<i>Cocconeis placentula</i> Ehrenberg sensu lato	X	X	X	X	X
<i>Cocconeis pseudolineata</i> (Geitler) Lange-Bertalot	X	X			
<i>Craticula subminuscula</i> (Manguin) C.E. Wetzel & Ector in C.E. Wetzel <i>et al.</i>		X			
<i>Ctenophora pulchella</i> (Ralfs ex Kützing) D.M. Williams & Round				X	

Taxons	Hoch- rhein	Ober- rhein	Mittel- rhein	Nieder- rhein	Delta- rhein
<i>Cyclostephanos dubius</i> (Fricke) Round					X
<i>Cyclostephanos</i> sp.					X
<i>Cyclostephanos invisitatus</i> (Hohn & Helleman) Theriot Stoermer & Håkansson		X			X
<i>Cyclotella atomus</i> Hustedt		X			X
<i>Cyclotella cryptica</i> Reimann, Lewin & Guillard					X
<i>Cyclotella</i> sp.		X			
<i>Cyclotella meneghiniana</i> Kützing		X	X		X
<i>Cymatopleura elliptica</i> (Brebisson ex Kützing) W. Smith		X	X		
<i>Cymatopleura solea</i> (Brebisson) W. Smith		X	X		
<i>Cymatopleura solea</i> (Brébisson) W. Smith var. <i>apiculata</i> (W. Smith) Ralfs in Pritchard		X			
<i>Cymatopleura</i> sp.		X			
<i>Cymatosira belgica</i> Grunow in Van Heurck					X
<i>Cymbella affinis</i> Kützing	X			X	
<i>Cymbella</i> sp.	X	X			X
<i>Cymbella compacta</i> Østrup		X		X	X
<i>Cymbella excisa</i> Kützing	X	X			
<i>Cymbella helvetica</i> Kützing		X	X		
<i>Cymbella hustedtii</i> Krasske	X				
<i>Cymbella lanceolata</i> (Agardh) Agardh		X			
<i>Cymbella lange-bertalotii</i> Krammer		X	X		
<i>Cymbella neocistula</i> Krammer	X				
<i>Cymbella parva</i> (W. Smith) Kirchner in Cohn	X				
<i>Cymbella tumida</i> (Brebisson) Van Heurck		X	X	X	
<i>Denticula tenuis</i> Kützing	X	X			
<i>Diadesmis confervacea</i> Kützing			X		
<i>Diatoma ehrenbergii</i> Kützing	X	X			

Taxons	Hoch- rhein	Ober- rhein	Mittel- rhein	Nieder- rhein	Delta- rhein
<i>Diatoma mesodon</i> (Ehrenberg) Kützing	X				X
<i>Diatoma moniliformis</i> (Kützing) D.M. Williams	X	X			X
<i>Diatoma tenuis</i> C. Agardh	X				
<i>Diatoma vulgare</i> Bory	X	X	X	X	X
<i>Diatoma vulgare</i> Bory var. <i>linearis</i> Grunow in Van Heurck					X
<i>Diploneis oculata</i> (Brebisson in Desmazières) Cleve		X			
<i>Diploneis parva</i> Cleve		X			
<i>Diploneis separanda</i> Lange-Bertalot					X
<i>Discostella pseudostelligera</i> (Hustedt) Houk & Klee emend. Genkal		X			X
<i>Discostella stelligera</i> (Cleve & Grunow) Houk & Klee		X			
<i>Encyonema auerswaldii</i> Rabenhorst		X			
<i>Encyonema caespitosum</i> Kützing	X	X			X
<i>Encyonema leibleinii</i> (C.Agardh) W.Silva, R.Jahn, T.A.V.Ludwig & M.Menezes in Silva <i>et al.</i>	X	X	X		
<i>Encyonema minutum</i> (Hilse in Rabh.) D.G. Mann in Round, Crawford & Mann	X	X		X	
<i>Encyonema silesiacum</i> (Bleisch in Rabhenhorst) D.G. Mann	X	X			X
<i>Encyonema simile</i> Krammer		X			
<i>Encyonema ventricosum</i> (Agardh) Grunow in Schmidt <i>et al.</i>	X	X			
<i>Encyonema vulgare</i> Krammer	X				
<i>Encyonopsis krammeri</i> Reichardt	X				
<i>Encyonopsis microcephala</i> (Grunow) Krammer	X	X			
<i>Encyonopsis minuta</i> Krammer & Reichardt	X	X			
<i>Encyonopsis subminuta</i> Krammer & Reichardt		X			
<i>Eolimna comperei</i> Ector, Coste et Iserentant in Coste & Ector		X			
<i>Eolimna minima</i> (Grunow) Lange-Bertalot in Moser <i>et al.</i> sensu lato		X	X	X	
<i>Epithemia sorex</i> Kützing					X
<i>Eucoconeis laevis</i> (Østrup) Lange-Bertalot	X				

Taxons	Hoch- rhein	Ober- rhein	Mittel- rhein	Nieder- rhein	Delta- rhein
<i>Eunotia bilunaris</i> (Ehrenberg) Schaarschmidt					X
<i>Fallacia lenzii</i> (Hustedt) Lange-Bertalot in Werum <i>et al.</i>		X	X		
<i>Fallacia mitis</i> (Hustedt) D.G.Mann		X			
<i>Fallacia pygmaea</i> (Kützing) Stickle & Mann <i>ssp. pygmaea</i>					X
<i>Fallacia pygmaea ssp. subpygmaea</i> Lange-Bertalot, Cavacini, Tagliaventi & Alfinito		X			
<i>Fallacia subhamulata</i> (Grunow in Van Heurck) D.G. Mann	X	X	X		
<i>Fallacia sublucidula</i> (Hustedt) D.G. Mann		X			
<i>Fallacia tenera</i> (Hustedt) Mann in Round			X		
<i>Fistulifera pelliculosa</i> (Brebisson) Lange-Bertalot		X			
<i>Fistulifera saprophila</i> (Lange-Bertalot & Bonik) Lange-Bertalot		X			X
<i>Fragilaria austriaca</i> (Grunow) Lange-Bertalot	X				
<i>Fragilaria capucina</i> Desmazieres	X				X
<i>Fragilaria distans</i> (Grunow in Van Heurck) Bukhtiyarova					X
<i>Fragilaria sp.</i>					X
<i>Fragilaria mesolepta</i> Rabenhorst			X		
<i>Fragilaria neointermedia</i> Tuji & D.M. Williams					X
<i>Fragilaria pararumpens</i> Lange-Bertalot, Hofmann & Werum in Hofmann <i>et al.</i>	X				X
<i>Fragilaria recapitellata</i> Lange-Bertalot & Metzeltin	X				
<i>Fragilaria rumpens</i> (Kützing) G.W.F. Carlson	X	X			
<i>Fragilaria vaucheriae</i> (Kützing) Petersen	X	X	X	X	X
<i>Gomphoneis minuta</i> (Stone) Kociolek & Stoermer		X			
<i>Gomphonema acuminatum</i> Ehrenberg				X	
<i>Gomphonema angustatum</i> (Kützing) Rabenhorst					X
<i>Gomphonema augur</i> Ehrenberg					X
<i>Gomphonema sp.</i>		X	X		X
<i>Gomphonema calcifugum</i> Lange-Bertalot & Reichardt	X				

Taxons	Hoch- rhein	Ober- rhein	Mittel- rhein	Nieder- rhein	Delta- rhein
<i>Gomphonema cymbelliclinum</i> Reichardt & Lange-Bertalot	X				
<i>Gomphonema italicum</i> Kützing		X	X		
<i>Gomphonema micropus</i> Kützing		X			
<i>Gomphonema minutum</i> (Agardh) Agardh		X			X
<i>Gomphonema olivaceum</i> (Hornemann) Brébisson	X	X			X
<i>Gomphonema parvulum</i> (Kützing) Kützing	X	X	X		X
<i>Gomphonema pumilum</i> (Grunow) Reichardt & Lange-Bertalot	X	X			
<i>Gomphonema pumilum</i> var. <i>rigidum</i> Reichardt & Lange-Bertalot		X			
<i>Gomphonema saprophilum</i> (Lange-Bertalot & Reichardt) Abarca, Jahn, Zimmermann & Enke			X		
<i>Gomphonema subclavatum</i> (Grunow) Grunow		X			
<i>Gomphonema tergestinum</i> (Grunow in Van Heurck) Schmidt in Schmidt <i>et al.</i>	X	X		X	X
<i>Gomphonema truncatum</i> Ehrenberg					X
<i>Gyrosigma acuminatum</i> (Kützing) Rabenhorst		X	X		
<i>Gyrosigma attenuatum</i> (Kützing) Rabenhorst		X			X
<i>Gyrosigma kuetzingii</i> (Grunow) Cleve					X
<i>Gyrosigma sciotoense</i> (Sullivan et Wormley) Cleve	X	X	X		X
<i>Halamphora montana</i> (Krasske) Levkov		X			
<i>Halamphora veneta</i> (Kützing) Levkov			X		
<i>Hannaea arcus</i> (Ehrenberh.) R.M. Patrick in Patrick & Reimer	X			X	
<i>Hippodonta capitata</i> (Ehrenberg) Lange-Bertalot, Metzeltin & Witkowski		X	X	X	X
<i>Hippodonta costulata</i> (Grunow) Lange-Bertalot, Metzeltin & Witkowski		X			X
<i>Hippodonta</i> sp.					X
<i>Hippodonta pumila</i> Lange-Bertalot, Hofmann & Metzeltin		X			
<i>Humidophila contenta</i> (Grunow) Lowe, Kocielek, Johansen, Van de Vijver, Lange-Bertalot & Kopa					X
<i>Karayevia clevei</i> (Grunow in Cleve & Grunow) Bukhtiyarova var. <i>clevei</i>	X	X	X	X	X

Taxons	Hoch- rhein	Ober- rhein	Mittel- rhein	Nieder- rhein	Delta- rhein
<i>Kolbesia gessneri</i> (Hustedt) Aboal		X			
<i>Kolbesia kolbei</i> (Hustedt) Round & Bukhtiyarova		X			
<i>Kolbesia ploenensis</i> (Hustedt) Kingston		X	X	X	
<i>Lemnicola hungarica</i> (Grunow) Round & Basson					X
<i>Lindavia radiosa</i> (Grunow) De Toni & Forti		X			
<i>Luticola</i> sp.					X
<i>Luticola goeppertiana</i> (Bleisch in Rabenhorst) D.G. Mann in Round, Crawford & Mann	X	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>Mayamaea atomus</i> (Kützing) Lange-Bertalot					X
<i>Mayamaea permitis</i> (Hustedt) Bruder & Medlin		X		X	X
<i>Melosira varians</i> Agardh		X	X	X	X
<i>Meridion circulare</i> (Greville) Agardh	X				X
<i>Navicula antonii</i> Lange-Bertalot	X	X	X	X	X
<i>Navicula associata</i> Lange-Bertalot		X	X		
<i>Navicula capitatoradiata</i> Germain	X	X	X		
<i>Navicula cari</i> Ehrenberg					X
<i>Navicula catalanogermanica</i> Lange-Bertalot & Hofmann		X			
<i>Navicula caterva</i> Hohn & Hellerman	X	X		X	X
<i>Navicula cincta</i> (Ehr.) Ralfs in Pritchard		X			
<i>Navicula cryptocephala</i> Kützing		X	X		X
<i>Navicula cryptofallax</i> Lange-Bertalot & Hofmann		X			
<i>Navicula cryptotenella</i> Lange-Bertalot	X	X	X	X	X
<i>Navicula cryptotenelloides</i> Lange-Bertalot	X	X		X	
<i>Navicula difficillimoides</i> Hustedt		X			
<i>Navicula erifuga</i> Lange-Bertalot in Krammer & Lange-Bertalot		X	X	X	

Taxons	Hoch- rhein	Ober- rhein	Mittel- rhein	Nieder- rhein	Delta- rhein
<i>Navicula germainii</i> Wallace		X	X	X	
<i>Navicula gregaria</i> Donkin	X	X	X	X	X
<i>Navicula</i> sp.		X	X		X
<i>Navicula jakovljevicii</i> Hustedt	X				
<i>Navicula lanceolata</i> (Agardh) Ehrenberg	X	X	X	X	X
<i>Navicula libonensis</i> Schoeman		X			
<i>Navicula margalithii</i> Lange-Bertalot		X			
<i>Navicula menisculus</i> Schumann		X			
<i>Navicula novaesiberica</i> Lange-Bertalot				X	
<i>Navicula oligotrphenta</i> Lange-Bertalot & Hofmann		X			
<i>Navicula oppugnata</i> Hustedt				X	
<i>Navicula phyllepta</i> Kützing		X			
<i>Navicula radiosa</i> Kützing					X
<i>Navicula recens</i> (Lange-Bertalot) Lange-Bertalot		X	X	X	X
<i>Navicula reichardtiana</i> Lange-Bertalot	X	X	X	X	X
<i>Navicula rostellata</i> Kützing	X	X	X	X	
<i>Navicula salinarum</i> Grunow in Cleve & Grunow				X	X
<i>Navicula schroeteri</i> Meister		X			
<i>Navicula slesvicensis</i> Grunow		X			
<i>Navicula splendicula</i> Van Landingham		X			
<i>Navicula tripunctata</i> (O.F.Müller) Bory	X	X	X	X	X
<i>Navicula trivialis</i> Lange-Bertalot					X
<i>Navicula upsaliensis</i> (Grunow) Peragallo		X			X
<i>Navicula vandamii</i> Schoeman & Archibald		X			
<i>Navicula veneta</i> Kützing	X	X	X	X	X
<i>Navicula viridula</i> (Kützing) Ehrenberg		X			

Taxons	Hoch- rhein	Ober- rhein	Mittel- rhein	Nieder- rhein	Delta- rhein
<i>Navigeia decussis</i> (Østrup) Bukhtiyarova	X	X	X		
<i>Navigeia schoenfeldii</i> (Hustedt) Bukhtiyarova		X			
<i>Nitzschia</i> sp.	X	X	X		
<i>Nitzschia abbreviata</i> Hustedt in Schmidt <i>et al.</i>		X		X	
<i>Nitzschia acicularis</i> (Kützing) W. Smith					X
<i>Nitzschia acula</i> Hantzsch ex Cleve & Grunow					X
<i>Nitzschia adamata</i> Hustedt			X		
<i>Nitzschia agnita</i> Hustedt				X	
<i>Nitzschia amphibia</i> Grunow		X	X		X
<i>Nitzschia amplexens</i> Hustedt		X	X		
<i>Nitzschia archibaldii</i> Lange-Bertalot					X
<i>Nitzschia bergii</i> Cleve-Euler		X			
<i>Nitzschia brevissima</i> Grunow in Van Heurck		X	X		X
<i>Nitzschia capitellata</i> Hustedt in A.Schmidt <i>et al.</i>		X	X	X	X
<i>Nitzschia capitellata</i> Hustedt var. <i>tenuirostris</i> (Grunow in Van Heurck) Bukhtiyarova		X			
<i>Nitzschia communis</i> Rabenhorst			X		
<i>Nitzschia costei</i> Tudesque, Rimet & Ector		X			
<i>Nitzschia dealpina</i> Lange-Bertalot & Hofmann				X	
<i>Nitzschia dissipata</i> (Kützing) Grunow ssp. <i>dissipata</i>	X	X	X	X	X
<i>Nitzschia filiformis</i> (W.M.Smith) Van Heurck		X	X	X	X
<i>Nitzschia filiformis</i> var. <i>conferta</i> (Richter) Lange-Bertalot		X	X	X	X
<i>Nitzschia fonticola</i> Grunow in Cleve et Möller	X	X	X	X	X
<i>Nitzschia frequens</i> Hustedt		X	X		X
<i>Nitzschia frustulum</i> (Kützing) Grunow		X	X		
<i>Nitzschia graciliformis</i> Lange-Bertalot & Simonsen					X
<i>Nitzschia gracilis</i> Hantzsch		X			X

Taxons	Hoch- rhein	Ober- rhein	Mittel- rhein	Nieder- rhein	Delta- rhein
<i>Nitzschia hantzschiana</i> Rabenhorst					X
<i>Nitzschia heufleriana</i> Grunow		X		X	X
<i>Nitzschia inconspicua</i> Grunow		X	X	X	X
<i>Nitzschia intermedia</i> Hantzsch ex Cleve & Grunow		X	X	X	
<i>Nitzschia liebethruthii</i> Rabenhorst		X	X		
<i>Nitzschia linearis</i> (Agardh) W.M.Smith		X	X		X
<i>Nitzschia media</i> Hantzsch.		X		X	X
<i>Nitzschia microcephala</i> Grunow in Cleve & Moller		X	X	X	
<i>Nitzschia palea</i> (Kützing) W.Smith	X	X	X	X	X
<i>Nitzschia palea</i> (Kützing) W.Smith var. <i>debilis</i> (Kützing) Grunow in Cleve & Grunow		X	X		
<i>Nitzschia paleacea</i> (Grunow) Grunow in Van Heurck	X	X	X	X	X
<i>Nitzschia parvula</i> W.M.Smith				X	
<i>Nitzschia perminuta</i> (Grunow) M.Peragallo	X				
<i>Nitzschia pusilla</i> (Kützing) Grunow emend. Lange-Bertalot	X		X		X
<i>Nitzschia recta</i> Hantzsch in Rabenhorst	X	X	X		X
<i>Nitzschia rectiformis</i> Hustedt					X
<i>Nitzschia sigma</i> (Kützing) W. Smith		X		X	X
<i>Nitzschia sigmoidea</i> (Nitzsch) W. Smith		X			X
<i>Nitzschia sociabilis</i> Hustedt	X	X	X	X	X
<i>Nitzschia solgensis</i> Cleve-Euler		X			
<i>Nitzschia soratensis</i> Morales & Vis		X			
<i>Nitzschia subacicularis</i> Hustedt in A.Schmidt et al.		X			X
<i>Nitzschia sublinearis</i> Hustedt		X	X		X
<i>Nitzschia subtilis</i> Grunow in Cleve & Grunow		X		X	X
<i>Nitzschia supralitorea</i> Lange-Bertalot		X	X	X	X
<i>Nitzschia tenuis</i> W.Smith				X	

Taxons	Hoch- rhein	Ober- rhein	Mittel- rhein	Nieder- rhein	Delta- rhein
<i>Nitzschia tubicola</i> Grunow					X
<i>Nitzschia vermicularis</i> (Kützing) Hantzsch in Rabenhorst		X			X
<i>Nitzschia wuellerstorffii</i> Lange-Bertalot		X	X		
<i>Pantocsekiella comensis</i> (Grunow in Van Heurck) K.T. Kiss & Ács		X			X
<i>Pantocsekiella costei</i> (Druart et F. Straub) K.T. Kiss & Ács		X			X
Diatomée pennée non identifiée		X	X	X	
<i>Placoneis undulata</i> (Østrup) Lange-Bertalot			X		
<i>Planothidium delicatulum</i> (Kützing) Round & Bukhtiyarova		X			X
<i>Planothidium engelbrechtii</i> (Cholnoky) Round & Bukhtiyarova		X			
<i>Planothidium frequentissimum</i> (Lange-Bertalot) Lange-Bertalot	X	X	X	X	X
<i>Planothidium granum</i> (Hohn & Hellerman) Lange-Bertalot				X	
<i>Planothidium lanceolatum</i> (Brébisson ex Kützing) Lange-Bertalot		X		X	X
<i>Planothidium minusculum</i> (Hustedt) Witkowski, Kulikovskiy & Plinski	X				
<i>Planothidium minutissimum</i> (Krasske) Morales		X		X	X
<i>Planothidium rostratoholarcticum</i> Lange-Bertalot & Bağ	X	X	X	X	X
<i>Planothidium</i> sp.		X			X
<i>Platessa conspicua</i> (A.Mayer) Lange-Bertalot		X		X	
<i>Platessa holsatica</i> (Hustedt) Lange-Bertalot	X				
<i>Platessa hustedtii</i> (Krasske) Lange-Bertalot		X			
<i>Pleurosira laevis</i> (Ehrenberg) Compère		X			
<i>Praestephanos</i> sp.					X
<i>Psammothidium lauenburgianum</i> (Hustedt) Bukhtiyarova & Round		X	X	X	
<i>Pseudostaurosira brevistriata</i> (Grunow in Van Heurck) D.M. Williams & Round	X	X	X	X	X
<i>Pseudostaurosira medliniae</i> D.M. Williams & Morales		X			
<i>Pseudostaurosira sopotensis</i> (Witkowski & Lange-Bertalot) Morales, C.E. Wetzel & Ector		X			
<i>Pseudostaurosira subsalina</i> (Hustedt) Morales			X		

Taxons	Hoch- rhein	Ober- rhein	Mittel- rhein	Nieder- rhein	Delta- rhein
<i>Punctastriata lancettula</i> (Schumann) Hamilton & Siver		X			X
<i>Reimeria sinuata</i> (Gregory) Kociolek & Stoermer	X	X	X	X	X
<i>Reimeria uniseriata</i> Sala Guerrero & Ferrario		X		X	
<i>Rhaphoneis ampiceros</i> (Ehrenberg) Ehrenberg					X
<i>Rhoicosphenia abbreviata</i> (C.Agardh) Lange-Bertalot	X	X	X		X
<i>Rossithidium petersenii</i> (Hustedt) Round & Bukhtiyarova		X			
<i>Sellaphora nigri</i> (De Notaris) C.E. Wetzel & Ector	X	X			X
<i>Sellaphora pupula</i> (Kützing) Mereschkowsky	X	X	X	X	X
<i>Sellaphora seminulum</i> (Grunow) D.G. Mann		X			
<i>Sellaphora utermoehlii</i> (Hustedt) C.E. Wetzel & D.G. Mann		X	X	X	
<i>Simonsenia delognei</i> Lange-Bertalot	X	X			X
<i>Skeletonema potamos</i> (Weber) Hasle		X			X
<i>Skeletonema subsalsum</i> (Cleve-Euler) Bethge					X
<i>Stauroneis</i> sp.	X				
<i>Stausosira</i> sp.					X
<i>Stausosira binodis</i> Lange-Bertalot in Hofmann, Werum & Lange-Bertalot		X	X		X
<i>Stausosira construens</i> Ehrenberg	X	X			X
<i>Stausosira leptostauron</i> (Ehrenberg) Kulikovskiy & Genkal		X			
<i>Stausosira venter</i> (Ehrenberg) Cleve & Moeller		X	X	X	X
<i>Stausosirella</i> sp.		X			X
<i>Stausosirella leptostauron</i> (Ehrenberg) D.M. Williams & Round		X			
<i>Stausosirella pinnata</i> (Ehrenberg) D.M. Williams & Round	X	X	X	X	
<i>Stephanodiscus alpinus</i> Hustedt in Huber-Pestalozzi		X			
<i>Stephanodiscus</i> sp.		X	X		X
<i>Stephanodiscus hantzschii</i> Grunow in Cleve & Grunow					X
<i>Stephanodiscus medius</i> Håkansson					X

Taxons	Hoch- rhein	Ober- rhein	Mittel- rhein	Nieder- rhein	Delta- rhein
<i>Stephanodiscus minutulus</i> (Kützing) Round					X
<i>Stephanodiscus neoastraea</i> Håkansson & Hickel					X
<i>Stephanodiscus parvus</i> Stoermer & Håkansson					X
<i>Stephanodiscus tenuis</i> Hustedt					X
<i>Surirella angusta</i> Kützing		X		X	
<i>Surirella brebissonii</i> var. <i>kuetzingii</i> Krammer & Lange-Bertalot		X			X
<i>Surirella lacrimula</i> English	X	X		X	X
<i>Surirella minuta</i> Brébisson ex Kützing				X	
<i>Surirella ovalis</i> Brébisson				X	
<i>Surirella</i> sp.		X	X		
<i>Surirella splendida</i> (Ehrenberg) Kützing			X		
<i>Tabellaria flocculosa</i> (Roth) Kützing			X		
<i>Tabularia fasciculata</i> (C.A. Agardh) Williams & Round		X	X		X
<i>Thalassiosira lacustris</i> (Grunow) Hasle in Hasle & Fryxell		X	X		X
<i>Thalassiosira pseudonana</i> Hasle & Heimdal		X			X
<i>Thalassiosira weissflogii</i> (Grunow) Fryxell & Hasle		X			X
<i>Tryblionella angustata</i> W. Smith					X
<i>Tryblionella angustatula</i> (Lange-Bertalot) Cantonati & Lange-Bertalot in Kusber <i>et al.</i>	X	X	X	X	X
<i>Tryblionella brunoi</i> (Lange-Bertalot) Cantonati & Lange-Bertalot in Kusber <i>et al.</i>			X	X	X
<i>Tryblionella hungarica</i> (Grunow) D.G. Mann in Round <i>et al.</i>		X			X
<i>Tryblionella kuetsingii</i> Alvarez-Blanco & Blanco		X	X	X	
<i>Tryblionella levidensis</i> W. Smith		X			
<i>Tryblionella salinarum</i> (Grunow) Pantocsek					X
<i>Tryblionella</i> sp.					X
<i>Ulnaria acus</i> (Kützing) Aboal	X	X			
<i>Ulnaria ulna</i> (Nitzsch) Compère		X	X	X	X