

# Makrophyten und Phytobenthos

Indikatoren für den ökologischen  
Gewässerzustand





# Einführung in die Qualitätskomponente Makrophyten und Phytobenthos

Dr. Antje Gutowski, Dr. Klaus van de Weyer, Dr. Gabriele Hofmann, Dr. Angela Doege

# Inhalt

<b>Vorwort</b>	<b>03</b>
<b>Grundlagen – Oberflächengewässerbewertung im europäischen Raum</b>	<b>04</b>
<b>Makrophyten – Wasser- und Sumpfpflanzen</b>	<b>11</b>
Einführung	12
Artenbeschreibungen	23
<b>Phytobenthos ohne Diatomeen (PoD) – Cyanobakterien und Algen</b>	<b>61</b>
Einführung	62
Artenbeschreibungen	81
<b>Diatomeen – Kieselalgen</b>	<b>113</b>
Einführung	114
Artenbeschreibungen	125
<b>Anwendungsbeispiele</b>	<b>157</b>
Schwarze Pockau oberhalb Neusorge	158
Große Pyra bei Sachsengrund	164
Dahle bei Außig	170
Kulkwitzer See	176
<b>Verwendete und empfohlene Literatur</b>	<b>180</b>
<b>Bildnachweise</b>	<b>183</b>
<b>Danksagung</b>	<b>184</b>

# Vorwort

In Gewässeruntersuchungen, die die Europäische Wasserrahmenrichtlinie (Richtlinie 2000/60/EG) vorschreibt, werden die bedeutenden sächsischen Stand- und Fließgewässer auch biologisch untersucht und bewertet. Rund 3.000 Tier- und Pflanzenarten wurden bisher durch die Staatliche Betriebsgesellschaft für Umwelt und Landwirtschaft, die Landestalsperrenverwaltung und das Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie in sächsischen Gewässern erfasst. Die größte Gruppe stellen Wasserpflanzen einschließlich Algen dar. Der Schwerpunkt der Erfassung liegt auf Zeigerarten zur Ermittlung des ökologischen Zustandes, also Pflanzen und Tieren mit ihren Ansprüchen an die Umwelt und ihrer Bedeutung für unsere Gewässer.

Für die umfassende Beschreibung der Nahrungs- und Lebensraumverhältnisse von Freiwasser und Gewässergrund werden die Arten in vier »biologische Qualitätskomponenten« strukturiert: Die sich aus anorganischen Stoffen und Licht ernährenden Pflanzen werden in frei im Wasser schwebende Algen – das »Phytoplankton« – und die am Gewässergrund aufsitzenden Algen, Moose und höheren Wasserpflanzen als »Makrophyten und Phytobenthos« gegliedert. Sie bilden die Grundlage der Nahrungskette. Die Tiere benötigen organische Verbindungen zum Aufbau ihrer Zell-

substanzen. Sie werden in die wirbellosen Tiere des Gewässergrundes, die benthische wirbellose Fauna und schließlich die frei im Wasser beweglichen Fische unterteilt.

Die Qualitätskomponente Makrophyten und Phytobenthos ist noch relativ unbekannt. Dabei bietet sie die Möglichkeit, bisher kaum beachtete Belastungen des Gewässers zu identifizieren und wichtige Maßnahmen für die Sanierung abzuleiten.

Die vorliegende Broschüre ermöglicht einen Einstieg in die Interpretation des ökologischen Gewässerzustands anhand der vorkommenden Makrophyten und des Phytobenthos. Die Auswahl der hier vorgestellten Arten umfasst wichtige in Sachsen vorkommende Vertreter dieser komplexen Qualitätskomponente.



A handwritten signature in black ink, which appears to read "N. Eichkorn". The signature is fluid and cursive.

Norbert Eichkorn

Präsident des Sächsischen Landesamtes für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie

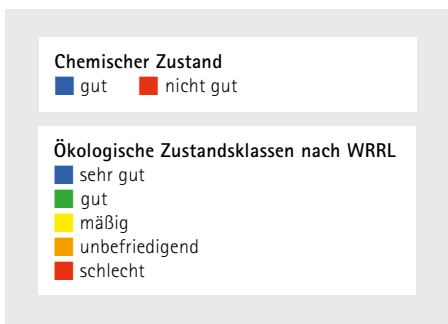
# Grundlagen

## Oberflächengewässerbewertung im europäischen Raum

### Bewertungsrahmen

Der Rahmen für die Bewertung von Oberflächengewässern wird seit 2000 durch die europäische Wasserrahmenrichtlinie (WRRL) vorgegeben (Europäische Union 2000) und seither weiter ausgefüllt. Bewertet werden gleichartige Abschnitte von Fließgewässern ab 10 km<sup>2</sup> Einzugsgebiet und wasserwirtschaftlich bedeutende Standgewässer ab 50 ha Größe, sogenannte Wasserkörper.

Erklärtes Ziel ist die Erreichung des guten Zustandes der Wasserkörper. Dieses Ziel ist dann erreicht, wenn sowohl der chemische als auch der ökologische Zustand gut sind.



Die Wasserrahmenrichtlinie schreibt einheitliche Klassifizierungen für alle Mitgliedsstaaten vor.

Der chemische Zustand berücksichtigt auf Grund seiner Gefährlichkeit für die menschliche Gesundheit oder die Umwelt gemeinschaftlich festgelegte prioritäre und bestimmte andere Schadstoffe. Werden die Umweltqualitätsnormen für diese gesetzlich geregelten Schadstoffe eingehalten, ist der chemische Zustand gut.

Der ökologische Zustand wird primär durch vier biologische Qualitätskomponenten bestimmt: Die hier näher beschriebenen Makrophyten und Phytobenthos sowie Phytoplankton, Fische und benthische wirbellose Fauna. Die Bewertung erfolgt in einem fünfstufigen farbigen Klassifikationssystem von 1 »sehr gut« bis 5 »schlecht«. Zunächst werden alle vier biologischen Qualitätskomponenten einzeln bewertet – die empfindlichste Komponente bestimmt die Gesamtbewertung des ökologischen Zustandes. Darüber hinaus werden weitere, im Rahmen des chemischen Zustandes nicht geregelte Schadstoffe, die einen negativen Einfluss auf die aquatische Umwelt haben, berücksichtigt. Für diese »flussspezifischen Schadstoffe« wurden Umweltqualitätsnormen auf nationaler Ebene festgelegt. Erst wenn alle biologischen Qualitätskomponenten mit mindestens »gut« bewertet wurden und die Umweltqualitätsnormen für alle eingeleiteten flussspezifischen Schadstoffe eingehalten wer-

den, ist der ökologische Zustand »gut«. Der ökologische Zustand gilt für natürliche Gewässer. Künstliche und morphologisch erheblich veränderte Gewässer werden mit dem ökologischen Potenzial bewertet, das die Auswirkungen unabänderbarer physikalischer Belastungen auf die aquatische Lebensgemeinschaft berücksichtigt.

Unterstützt wird die Auswertung durch physikalisch-chemische und hydromorphologische Parameter, die Informationen über mögliche Belastungsursachen geben, falls der gute ökologische Zustand verfehlt wird.

Während für chemische Parameter die Einhaltung von bestimmten Konzentrationen gefordert ist, beruhen die speziell für die Umsetzung der WRRL erarbeiteten deutschen Bewertungsverfahren für die biologischen Komponenten alle auf dem Prinzip einer gewässertypbezogenen Bioindikation. Die zwei tragenden Säulen sind die Bioindikation und der gewässertypbezogene Vergleich eines jeweiligen Referenzzustandes mit dem aktuell vorgefundenen Zustand.

### Bioindikation

Der Begriff **Bioindikation** wurde in den 1970er- und 1980er-Jahren in die Vegetationskunde eingeführt. Ziel war es, Änderungen im Vorkommen der Organismen durch die von der modernen Industriegesellschaft veränderten Lebensräume erkennen und interpretieren zu können (BICK 1982, KOHLER 1982, WILLMANN 1984). Grundsätzlich können mehrere Typen von ► Bioindikatoren unterschieden werden. So lassen sich im Labor mit Hilfe von Testorganismen toxische Wirkungen von Schadstoffen ermitteln. Im Freiland erlauben Analysen des Vorkommens bzw. Fehlens sog. **sensitiver Bioindikatoren** (Zeigerarten) Rückschlüsse auf bestimmte am Standort wirkende ökologische Faktoren. Für eine Bioindikation eingesetzt werden nicht nur

► »Ein Bioindikator ist eine Sippe oder Gemeinschaft von Lebewesen, deren Vorkommen oder sonstiges leicht erkennbares Verhalten sich mit bestimmten Verhältnissen so eng korrelieren lassen, daß man sie als Zeiger oder quantitativen Test verwenden kann.« (ELLENBERG in KOHLER 1978).

einzelne Arten, sondern auch Sippen, Artengruppen und Lebensgemeinschaften. Für eine Überwachung (**Monitoring**) werden die Bioindikatoren in regelmäßigen zeitlichen Abständen untersucht und qualitativ hinsichtlich der Zusammensetzung der Artengemeinschaften sowie quantitativ hinsichtlich der Häufigkeiten erfasst. Ein solches Monitoring ist daher Grundlage für Effizienzkontrollen aus Sicht des Gewässer- und Naturschutzes und der Landschaftspflege (zitiert nach VAN DE WEYER 1997). Ein Monitoring mit Hilfe sensitiver Bioindikatoren wird auch für die Bewertungsverfahren nach WRRL verwendet.

Eine Nutzung von Organismengruppen in Bioindikationsverfahren setzt allerdings voraus, dass die ökologischen Ansprüche der verwendeten Arten bekannt sind. Besonders geeignet sind daher solche Arten, deren Toleranzen und Präferenzen hinsichtlich des zu untersuchenden Standortfaktors (ökologische Amplitude) eng begrenzt sind (**stenöke Arten**). Ergänzend können aber auch Arten mit weiter ökologischer Amplitude (**euryöke Arten**) für eine Indikation herangezogen werden. Bei der Nutzung letzterer Organismen ist die Berücksichtigung der Häufigkeit ihres Vorkommens (Abundanz) von entscheidender Bedeutung. So können anhand des Vorkommens und der Abundanzen euryöker Arten durchaus Aussagen zur Gewässerqualität getroffen werden. Jedoch lassen sich mit ihnen kaum ausreichende Informationen zur Abgrenzung von Qualitätsklassen erhalten.

## Beispiele von Indikatorarten der Makrophyten und des Phytobenthos

Taxon	Gruppe	Indikator
<i>Chara hispida</i>	M	für nährstoffarme Gewässer
<i>Juncus bulbosus</i>	M	für saure, nährstoffarme Gewässer
<i>Potamogeton pectinatus</i>	M	für nährstoffreiche Gewässer (bei hoher Abundanz)
<i>Scapnia undulata</i>	M	für nährstoffarme Gewässer
<i>Chamaesiphon fuscus</i>	PoD	für natürlich saure, unverschmutzte, nährstoffarme Gewässer
<i>Phormidium ambiguum</i>	PoD	für organisch mäßig verschmutzte, nährstoffreiche Gewässer
<i>Batrachospermum helminthosum</i>	PoD	für organisch unverschmutzte, nährstoffarme Gewässer
<i>Thorea hispida</i>	PoD	für alkalische, organisch gering bis mäßig verschmutzte, nährstoffreiche Gewässer
<i>Enteromorpha pilifera</i>	PoD	für alkalische, gering bis mäßig organisch verschmutzte, nährstoffreiche Gewässer mit hohen Leitfähigkeiten
<i>Rhizoclonium hieroglyphicum</i>	PoD	für alkalische, gering bis mäßig organisch verschmutzte, nährstoffreiche Gewässer
<i>Eolimna subminuscula</i>	D	für organische Verschmutzung
<i>Eunotia exigua</i>	D	für anthropogen versauerte Gewässer
<i>Fragilaria virescens</i>	D	für nährstoffarme, silikatische Gewässer
<i>Navicula tripunctata</i>	D	für mehr bis weniger eutrophe Gewässer
<i>Tabellaria ventricosa</i>	D	für natürlich saure Gewässer

Taxon = Systematische Einheit beliebigen Ranges

Gruppe = Indikationskomponente (M = Makrophyten, D = Diatomeen, PoD = Phytobenthos ohne Diatomeen)

### Bioindikationsverfahren

Zur Verifizierung der ökologischen Ansprüche einzelner Arten muss zunächst eine breite Datenbasis ausgewertet werden, in der das Vorkommen der Arten mit entsprechenden physikalisch-chemischen oder strukturellen Parametern korreliert wird. Wichtige Informationen für eine Zuordnung und Einstufung liefern auch Rote Listen, die grundlegende Aussagen über Verbreitung, Vorkommen und Gefährdungsgrade der Arten einer taxonomischen Gruppe im betrachteten Raum geben (BUNDESAMT FÜR NATURSCHUTZ 1996, PAUL & DOEGE 2010). Aus den Analysen resultieren dann Listen, in denen den Arten Zeigereigenschaften und evtl. auch konkrete Zeigerwerte (Indikations-

werte) zugeordnet sind. So ist es möglich, im Umkehrschluss vom Vorkommen einer Art mit bekannten ökologischen Ansprüchen auf die herrschenden Standortverhältnisse zu schließen.

Das klassische und bekannteste Bioindikationsverfahren für Gewässer ist das Saprobie-Verfahren, das auf der Grundlage der am Gewässerboden lebenden tierischen (heterotrophen) Organismen, dem Makrozoobenthos (benthische wirbellose Fauna), urteilt. Hieraus sind die geläufigen Gewässergütekarten entstanden, die für Sachsen bis 2003 (LANDESAMT FÜR UMWELT UND GEOLOGIE 2003) erstellt wurden. Der indizierte Standortfaktor war hier allein die Belastung der Ge-



wässer mit leicht abbaubaren sauerstoffzehrenden Substanzen. Um jedoch die Qualität der Gewässer vollständiger abzubilden, müssen auch andere wesentliche Teile der komplexen Gewässerökosysteme berücksichtigt werden. Im Sinne dieses umfassenderen Ansatzes berücksichtigt die WRRL nun auch die pflanzlichen (autotrophen) Organismen, die als Primärproduzenten die Basis der Nahrungsnetze darstellen. Weiterhin werden auch die Fische in die Bioindikation integriert und die Indikation des Makrozoobenthos auf weitere Aspekte (allgemeine Degradation, Versauerung) erweitert. Von der WRRL nicht beachtet wird der große Part des mikrobiellen Nahrungsnetzes, ohne das kein Ökosystem funktionieren kann.

Bei der im Folgenden vorgestellten pflanzlichen Qualitätskomponente handelt es sich um eine Zusammenfassung mehrerer Teilmodule. Dies ist zum einen das Phytobenthos, dem Kieselalgen (**Diatomeen**) und Organismen anderer Algenklassen (**PoD** – Phytobenthos ohne Diatomeen) angehören. Zum anderen sind es die **Makrophyten**, die alle mit dem bloßen Auge wahrnehmbaren höheren Pflanzen, Armleuchteralgen und Moose umfassen.

Autotrophe Organismen wie Makrophyten, Diatomeen und PoD spiegeln zunächst unmittelbar die Nährstoff-Verhältnisse der Gewässer wider. Demzufolge liegt das Hauptaugenmerk der Indikation hier auf den Nährstoffverhältnissen – gegenwärtig einer der wesentlichsten Beeinträchtigungsfaktoren für unsere Gewässer. Es können jedoch auch Aussagen zu strukturellen Defiziten, Belastungen mit leicht abbaubaren organischen Stoffen, Versauerung oder Versalzung gewonnen werden.

Die WRRL stellt die biologische Bewertung der Gewässer erstmals in den Vordergrund. Dafür

gibt es mehrere Argumente. Zum einen ist das Ziel der WRRL der Erhalt bzw. die Wiederherstellung weitgehend intakter Gewässerökosysteme. Demzufolge kann die Zielerreichung auch nur anhand der Bewertung der Zielgröße Ökosystem erfolgen. Zum anderen lassen sich mit biologischen Bewertungsverfahren Gewässerzustände über einen längeren Zeitraum integrierend feststellen. Zwar kann im Ergebnis der biologischen Bewertung nicht ein konkreter Stoff in definierter Konzentration als Beeinträchtigungsursache nachgewiesen werden. Jedoch ermöglichen biologische Verfahren, die Auswirkungen von Belastungen noch längere Zeit nach deren Einwirkung auf die Ökosysteme zu ermitteln. Dabei hängt die Zeitspanne, in der dies nach Einwirkungsende noch möglich ist, wesentlich von der Generationsdauer der Organismen ab. So integrieren zum Beispiel die Makrophyten mit einer Generationsdauer von mehreren Monaten über deutlich längere Zeiträume als die kurzlebigen Diatomeen, deren Gesellschaften sich innerhalb weniger Wochen an eine veränderte Umweltsituation anpassen können. Weiterhin besetzen die verschiedenen Organismen der verschiedenen Teilmodule sehr unterschiedliche Habitate im Gewässer, sodass sie sich in der Indikation ergänzen. Demzufolge sind sowohl kurzfristige als auch langfristige Beeinträchtigungen an den Lebensgemeinschaften erkennbar.

Die Datenerhebung für alle Bioindikationsverfahren beinhaltet zum einen die taxonomische Zuordnung der vorgefundenen Organismen bis zu einem geforderten Bestimmungsniveau und zum anderen die Ermittlung von Häufigkeiten. Im Ergebnis der Erhebung liegen Artenlisten für Makrophyten, Diatomeen und das Phytobenthos ohne Diatomeen mit Häufigkeitsangaben für jedes ermittelte Taxon vor. Diese stellen die Grundlage für die Bewertung dar.


## Gewässertypologie

Die zweite Säule der Bewertungsverfahren ist ihr Bezug zum Gewässertyp und der Vergleich von Referenzzuständen mit dem aktuellen Zustand. Zur Umsetzung der WRRL wurde in einem ersten Schritt von der Bund / Länderarbeitsgemeinschaft Wasser (LAWA) eine bundesweite Typologie für

natürliche Fließgewässer beziehungsweise -abschnitte ab 10 km<sup>2</sup> Einzugsgebietsgröße erstellt (POTTGIESSER & SOMMERHÄUSER 2008). Die einzelnen Typen sind grundsätzlich nach der Ökoregion (zum Beispiel Mittelgebirge, Norddeutsches Tiefland) und geologisch-morphologischen (zum Beispiel Einzugsgebiets- und Substratgröße) be-


## Weit verbreitete Gewässertypen in Sachsen

### LAWA-Typ 5: Grobmaterialreiche silikatische Mittelgebirgsbäche (Einzugsgebietsgröße ca. 10–100 km<sup>2</sup>)

Beispiel:	Freiberger Mulde bei Holzgau	
Makrophyten:	silikatisch-rhithral geprägte Fließgewässer der Mittelgebirge, Voralpen und Alpen	
PoD:	silikatisch geprägte Mittelgebirgsbäche und -flüsse	
Diatomeen:	Bäche des Buntsandsteins und Grundgebirges der Mittelgebirge	


Freiberger Mulde bei Holzgau

### LAWA-Typ 9.2: Große Flüsse der Mittelgebirge (Einzugsgebietsgröße ca. 1.000–10.000 km<sup>2</sup>)

Beispiel:	Freiberger Mulde bei ErlIn	
Makrophyten:	silikatisch-rhithral geprägte Fließgewässer der Mittelgebirge, Voralpen und Alpen	
PoD:	große Flüsse der Mittelgebirge	
Diatomeen:	große Flüsse der Mittelgebirge	

Freiberger Mulde bei ErlIn

### LAWA-Typ 17: Kiesgeprägte Tieflandflüsse (Einzugsgebietsgröße ca. 1.000–10.000 km<sup>2</sup>)

Beispiel:	Vereinigte Mulde bei Eilenburg	
Makrophyten:	mittelgroße rhithral geprägte Fließgewässer des Norddeutschen Tieflandes	
PoD:	karbonatisch geprägte oder basenreiche organisch geprägte Tieflandsbäche und -flüsse	
Diatomeen:	große Flüsse des Norddeutschen Tieflandes	

Vereinigte Mulde bei Eilenburg

ziehungsweise geochemischen Charakteristika (zum Beispiel ► silikatisch, karbonatisch) abgegrenzt. Wesentliche Parameter zur Unterteilung sind weiterhin Gewässer- beziehungsweise Einzugsgebietsgröße, Strömungsverhältnisse und Sohlsubstrate. In einem zweiten Schritt wurden diese abiotisch definierten Typen biozönotisch und damit anhand der Artengemeinschaften der Organismen untersetzt. Ausgangspunkt war hier das Makrozoobenthos. Die Gemeinschaften der autotrophen Komponenten Makrophyten, Diatomeen und des PoD differenzieren weit weniger Gewässertypen, sodass hier einerseits eine Zusammenfassung der abiotisch definierten Typen erfolgte. Andererseits spielen für diese Teilkomponenten Fließgeschwindigkeit und Geochemismus eine größere Rolle als Sohlsubstrate, sodass Differenzierungen in verschiedene Ausprägungen zum Beispiel rhitral und potamal, notwendig wurden.

Im Ergebnis können für das Bundesland Sachsen, welches in den beiden Ökoregionen Norddeutsches Tiefland und Mittelgebirge liegt, auf der Basis von 15 LAWA-Typen derzeit je 10 Fließgewässertypen für die Makrophyten und die Diatomeen und 7 für das PoD unterschieden werden. Zu beachten ist, dass sich der Gewässertyp eines Fließgewässers im Längsverlauf ändern kann, wie zum Beispiel bei der Freiburger und Vereinigten Mulde, die vom LAWA-Typ 5 über die Typen 9, 9.2 zum Typ 17 wechselt (► Tabelle »Weit verbreitete Gewässertypen in Sachsen«; S. 8).

Die Standgewässerlandschaft Sachsens ist auf Grund des Fehlens größerer natürlicher Gewässer hinsichtlich ihrer Vielfalt sehr übersichtlich und überwiegend durch künstliche Gewässer geprägt: Talsperren, Speicher und Abgrabungsgewässer (insbesondere durch den Braunkohletagebau, aber auch den Abbau von Kies oder Ton) sind alle anthropogen entstanden.

Die Typisierung der Standgewässer erfolgt ebenfalls nach Ökoregion, Einzugsgebiet und Geologie, zusätzlich nach Schichtung, Verweildauer und Grundchemismus (MATHES et al. 2002).

► Das Wasser karbonatischer Gewässer ist basen- und kalkreich. Die Wasserhärte ist daher hoch und die pH-Werte neutral bis höher. Solche Gewässer sind vor allem in Regionen geprägt von Gesteinen wie Kalk, Lehm, Löss, Kreide oder Keuper zu finden. Im natürlichen Zustand sind diese Gewässer eher nährstoffreich. Das Wasser silikatischer Gewässer ist dagegen basen- und kalkarm. Die Wasserhärte ist daher gering (Weichwasserstandorte) und die pH-Werte niedrig bis neutral. Schwermetalle können bei sauren Verhältnissen leicht gelöst werden. Solche Gewässer finden sich in Regionen geprägt von Gesteinen wie Gneis, Granit, Schiefer und Buntsandstein. Im natürlichen Zustand sind sie nährstoffarm. Ihr Wasser kann durch Huminsäuren braun gefärbt sein. Sie werden dann als dystrophe Gewässer bezeichnet. Schwankungen der pH-Werte werden durch verschiedene Puffersysteme reguliert. In karbonatischen Gewässern schwanken die pH-Werte nur in geringem Maße, sie sind auf Grund ihres Basenreichtums immer gut gepuffert. Dagegen sind Gewässer der Silikatregionen auf Grund ihrer geringen Pufferkapazität oft versauerungsgefährdet. Dystrophe Gewässer besitzen eine gewisse Pufferkapazität im sauren Bereich.

Die Definition von **Referenzzuständen** – diese entsprechen dem sehr guten Zustand nach WRRL – für die einzelnen Gewässertypen soll im Idealfall anhand von realen Gewässern, die im unbeeinträchtigten Zustand vorliegen, erfolgen. In diesen Fällen können in Natura die Organismengemeinschaften für alle zu untersuchenden Komponenten ermittelt werden, die diesen Gewässertyp ohne anthropogene Beeinträchtigung besiedeln würden.

In etlichen Fällen ist dies jedoch nicht möglich, weil solche Referenzgewässer nicht mehr existieren. Dies ist zum Beispiel für die großen Ströme Mitteleuropas der Fall. Für einige Gewässertypen kann unter Zuhilfenahme historischer Daten versucht werden, einen Referenzzustand zu rekonstruieren. Auch können für Standgewässer Analysen von Fossilien als biologisches »Archiv« in Sedimentkernen Aufschluss über Referenzzustände geben. In vielen Fällen führt dies aber zu keinem Ergebnis, und so muss letztlich ein »best of«-Zustand als Vergleichsbasis genügen.

### **Bewertung des ökologischen Zustands**

Sind Gewässertyp und aktuelle Besiedlung (Artenzusammensetzung und Abundanz) bekannt, führt der Vergleich mit dem Referenzzustand zur Ermittlung der Abweichung von diesem. Formalisierte Berechnungsverfahren ergeben schließlich eine numerische ökologische Zustandsklasse in einem 5-stufigen System, zunächst für die Teilkomponenten und dann aggregiert für die Qualitätskomponente Makrophyten und Phyto-benthos. Dieses Ergebnis wird weiter mit den anderen ökologischen Komponenten der WRRL (wirbellose benthische Fauna, gegebenenfalls Phytoplankton, Fische) und unter Berücksichtigung der flussspezifischen Schadstoffe zu einer ökologischen Zustandsklasse (worst-case-Prinzip) verschnitten.

A close-up photograph of a mossy surface. The moss is bright green and has a feathery, tufted appearance. A small, dark-colored insect, possibly a springtail, is visible on the moss. The background is dark and out of focus, showing some brown organic matter.

Makrophyten

# Makrophyten

## Wasser- und Sumpfpflanzen

### Definition

Makrophyten umfassen alle höheren und niederen Pflanzen, die im Wasser wachsen und mit dem bloßen Auge wahrgenommen werden können. Zu den Makrophyten werden Blüten- und Farnpflanzen, Moose und Armleuchteralgen gerechnet. Die Makrophyten lassen sich anhand ihres Erscheinungsbildes in verschiedene sogenannte Wuchsformen unterteilen. Diese Wuchsformen sind auch für die Bestimmung und Bewertung von Bedeutung. Die Arten können je nach Wasserstand oder Fließgeschwindigkeit zu unterschiedlichen Wuchsformen gehören.

### Wuchsformen der Makrophyten

Die nachfolgenden Abbildungen geben einen Überblick auf die einzelnen Wuchsformen der Makrophyten.



#### Helophyten

► Sumpfpflanzen



#### Nymphaeiden

► Schwimmblattgewächse



### Batrachiden

- ▶ Makrophyten mit Schwimm- und Unterwasserblättern, letztere zerteilt oder unzerteilt



### Vallisneriden

- ▶ Makrophyten mit grundständigen, aber lang flutenden Blättern, im Sediment wurzelnd



### Pepliden

- ▶ Makrophyten mit länglichen oder spatelförmigen Blättern, letztere eine endständige Rosette bildend (die Rosette kann bei untergetauchten Formen auch fehlen)



### Elodeiden

- ▶ Kleinblättrige untergetauchte Makrophyten mit wirteligen Sprossen, Blätter unzerteilt



### Isoetiden

- ▶ Niedrigwüchsige Grundsprossgewächse



### Parvopotamiden

- ▶ Untergetauchte Makrophyten mit unzerteilten, ganzrandigen Blättern (Kleinlaichkrautartige)



### Magnopotamiden

- ▶ Untergetauchte Makrophyten mit unzerteilten, breiten, ganzrandigen Blättern (Großblaukrautartige)



### Herbiden

- ▶ Kräuter



### Myriophylliden

- ▶ Untergetauchte Makrophyten mit beblätterten Sprossen, Blätter zerteilt



### Stratiotiden

- ▶ Frei schwimmende Makrophyten mit emersen Blättern bzw. Teilen der Pflanzen, die deutlich aus dem Wasser herausragen



### Graminoiden

- ▶ Süßgräser



### Lemniden

- ▶ Wasserschweber mit kleinen, blattähnlichen Schwimmsprossen





### Hydrochariden

- ▶ Wasserschwaber mit großen Schwimmblättern



### Chariden

- ▶ Untergetauchte Makrophyten mit wirteligen Ästen, mit Rhizoiden im Sediment verankert



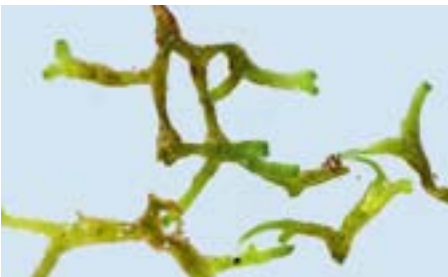
### Ceratophylliden

- ▶ Wasserschwaber mit großen, zerteilten Unterwasserblättern



### Bryiden

- ▶ Moose



### Riccielliden

- ▶ kleine untergetauchte Wasserschwaber

## Funktionen von Makrophyten

Biozönotische Wirkungen	Physikalische Wirkungen	Chemische Wirkungen (mit Mikroorganismen, die auf den Pflanzen leben)
<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Lebensraum und Nahrung für andere Wasserorganismen (zum Beispiel Makrozoobenthos, Fische, Algen)</li> <li>■ Erhöhung der Habitatdiversität</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Beitrag zur Stabilisierung der Sohle</li> <li>■ Einfluss auf die Strömungsdiversität in Fließgewässern</li> <li>■ Sicherung der Uferböschung an Fließgewässern</li> <li>■ Uferbefestigung an Seen (Schutz vor Wellenschlag)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Abbau organischer Stoffe</li> <li>■ Aufnahme von Nährstoffen</li> <li>■ Aufnahme von Schwermetallen</li> <li>■ Ausscheidung und Aufnahme von Sauerstoff</li> <li>■ Ausscheidung organischer und anorganischer Stoffe</li> </ul>

### Funktionen von Makrophyten

Makrophyten haben in Gewässern vielfältige Funktionen. Sie sind wichtige Primärproduzenten. Sie haben biozönotische, physikalische und chemische Wirkungen. Außerdem kommen Makrophyten landschaftsästhetische Funktionen zu.

### Untersuchung von Makrophyten

Neben der rein **optischen Erfassung**, die unter Zuhilfenahme von Booten mit Glasboden, Seehorohren, Sichtkästen oder Ähnlichem erfolgt, ist

in allen Fällen die **Entnahme von Makrophyten** erforderlich. Sie kann in flachen Gewässern direkt per Hand erfolgen, in tiefen Gewässern bzw. bei geringer Sichttiefe sind jedoch mechanische Hilfsmittel notwendig. Zweckmäßig sind vor allem Harken (zum Teil mit ausziehbaren Stielen) und Anker, die als Schleppanker insbesondere für größere Wassertiefen geeignet sind. Bewährt haben sich auch Konstruktionen, bei denen Angelruten mit kleineren Harken kombiniert werden.



Bei der Probenahme werden die Gewässer durchwaten. Zum Einsatz kommen Hilfsmittel wie Harken.



In tiefen Flüssen und Seen erfolgt die Erfassung der Makrophyten durch Taucher.

## Qualitative Erfassungsmethoden für Makrophyten

Erfassungsmethode	Bäche und kleine Flüsse	Große Flüsse	Seen
Optische Erfassung	x	x	x
Entnahme von Makrophyten von Hand	Flachwasser	Flachwasser	Flachwasser
Entnahme von Makrophyten mit Harke, Einsatz einer Wathose	tiefe Bereiche	tiefe Bereiche	Flachseen
Befahren mit Boot, Entnahme von Makrophyten mit Harke, Wurfanker bzw. Bodengreifer		zwingend erforderlich	zwingend erforderlich
Tauchen, nach Möglichkeit mit Pressluftflaschen (2 Taucher)		erforderlich	erforderlich

In nicht durchwatbaren Flüssen und Seen ist zusätzlich Tauchen, nach Möglichkeit mit Pressluftgeräten, erforderlich. Bei allen Untersuchungen ist es wichtig, dass die Sicherheitsbestimmungen und gesetzlichen Regelungen beachtet werden.

### Bestimmung von Makrophyten

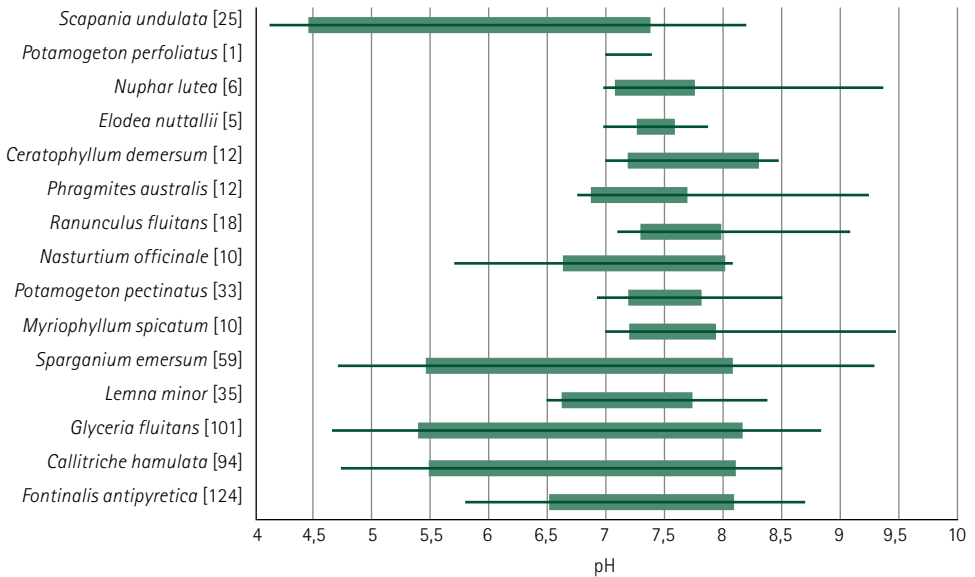
Die Bestimmung von Makrophyten erfolgt mit einer zwanzigfachen Lupe im Gelände bzw. mit einer Stereolupe im Labor. Von Moosen müssen in der Regel einfache mikroskopische Präparate angefertigt werden. Die Namensgebung (Nomenklatur) richtet sich nach VAN DE WEYER & SCHMIDT (2011 a, b).

### Makrophyten und Umweltbedingungen

Die Faktoren, die die Zusammensetzung der Makrophytenvegetation in Seen bestimmen, sind hinlänglich bekannt. Abgesehen von biogeografischen Gegebenheiten sind hier Uferneigung, Substrat, Salzgehalt, Kalkgehalt, pH-Wert, Trophie und Wasserstandsschwankungen zu nennen. Steile Ufer sind von Natur aus wegen der

extremen Neigung, oft in Kombination mit groben Substraten, frei von Makrophyten. Dies ist gleichermaßen in den eiszeitlichen Seen der Alpen und Voralpen sowie des Norddeutschen Tieflandes zu beobachten. Küsten- und Strandseen weisen auf Grund des Salzeinflusses eine spezifische Zusammensetzung der Makrophytenvegetation mit obligaten Salzpflanzen (*Ruppia* spp., *Zannichellia palustris* spp. *pedicillata*, *Chara baltica*, *C. canescens*, *Zostera* spp.) und Süßwasserarten, die auch einen Salzeinfluss tolerieren (zum Beispiel *Potamogeton pectinatus*, *Myriophyllum spicatum*), auf. In Süßwasser lassen sich deutliche Unterschiede der Makrophytenvegetation in Abhängigkeit von der Härte bzw. dem Hydrogenkarbonatgehalt des Wassers feststellen. So lassen sich Weichwasserarten wie das Knöterich-Laichkraut (*Potamogeton polygonifolius*) und die Glanzleuchteralge (*Nitella translucens*) von Hartwasserarten wie dem Knoten-Laichkraut (*Potamogeton nodosus*) und der Steifhaarigen Armleuchteralge (*Chara hispida*) unterscheiden. Insbesondere in weichen, karbonatarmen Gewässern wirkt der pH-Wert

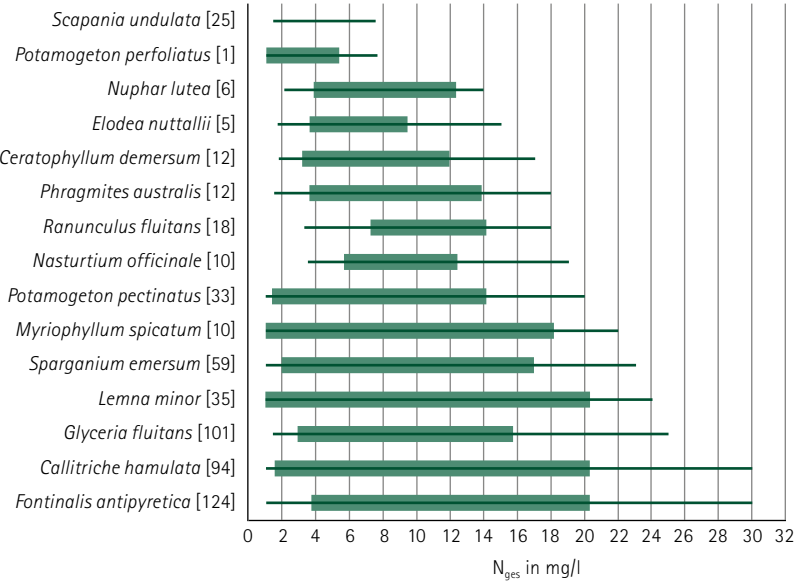
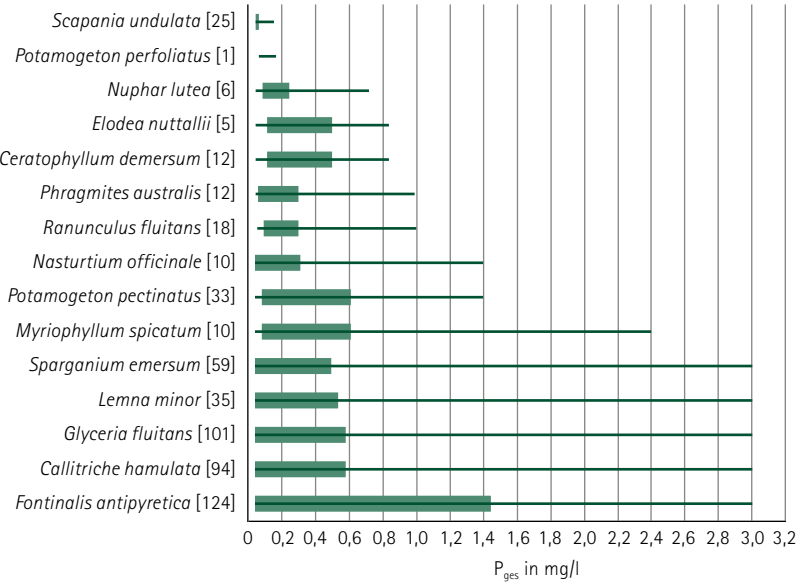
## Vorkommen ausgewählter Makrophyten in sächsischen Fließgewässern in Abhängigkeit vom pH-Wert (Daten 2005 – 2009)



als weiterer differenzierender Faktor. So finden sich zum Beispiel in sauren Seen Arten wie Knollenbinse (*Juncus bulbosus*), Torfmoose (*Sphagnum* spp.) bzw. Kleinem Wasserschlauch (*Utricularia minor*). Demgegenüber sind Arten wie das Ähren-Tausendblatt (*Myriophyllum spicatum*) auf neutrale bis basische Gewässer beschränkt. Unterschiede sind hierbei zwischen natürlichen Seen und Tagebauseen zu beobachten. In Fließgewässern sind die Unterschiede nicht so deutlich ausgeprägt, da viele Arten eine breite Amplitude in Bezug auf den pH-Wert aufweisen. So kommt zum Beispiel das Moos *Scapania undulata* sowohl in stark sauren als auch in leicht alkalischen Gewässern vor.

Weiterhin ist die Trophie von großer Bedeutung, hier eignen sich die Makrophyten sehr gut als Bioindikatoren. Als Pflanzennährstoffe sind vor allem Phosphor und Stickstoff zu nennen. In karbonatreichen Seen findet sich zum Beispiel die Steifhaarige Armleuchteralge (*Chara hispida*) in nährstoffarmen bzw. gering belasteten Abschnitten, während zum Beispiel die Laichkräuter *Potamogeton nodosus* und *P. pectinatus* sehr stark belastete Bereiche charakterisieren. Weiterhin lassen sich Unterschiede in Abhängigkeit von der Anbindung an Fließgewässer herausarbeiten. Viele Arten haben eine weite Amplitude in Bezug auf die Nährstoffe, wie die folgenden Grafiken zeigen. Bezieht man jedoch die Häufigkeit in die Auswertung ein, verringern sich die Spannweiten deutlich.

# Vorkommen ausgewählter Makrophyten in sächsischen Fließgewässern in Abhängigkeit von der Gesamtphosphor und Gesamtstickstoff-Konzentration (Daten 2005 – 2009)



Die schmalen Balken zeigen die Spannen der Extremwerte und somit die Toleranzen der Taxa. Die dicken Balken zeigen die Spannen der Mittelwerte und damit die Präferenzen der Taxa. Hinter den Artnamen sind die für die Darstellung genutzten Anzahlen der Artnachweise angegeben.

Ein wichtiger Faktor für die Verbreitung von aquatischen Makrophyten in **Fließgewässern** ist auch die Struktur. So ist zum Beispiel die Fließgeschwindigkeit ein wesentlicher Faktor für die Verbreitung in Fließgewässern. Im Leitbild sind Fließgewässer mit sehr hoher Fließgeschwindigkeit und sehr hoher Geschiebeführung von Natur aus frei von aquatischen Makrophyten. Beispiele sind Fließgewässer der Alpen oder das zentrale Hauptgerinne der Elbe. Bei hoher Fließgeschwindigkeit können auf lagestabilen Hartsubstraten Moose und Rotalgen dominieren. Diese Vegetation ist typisch für viele Fließgewässer der Mittelgebirge. Nimmt die Fließgeschwindigkeit weiter ab, treten untergetauchte höhere Makrophyten mit zerteilten Unterwasserblättern auf. Diese Arten bilden auch die charakteristischen Vegetationstypen schnell fließender (rhithraler) Fließgewässer im Tiefland.

Langsam fließende (potamale) Fließgewässer sind hingegen im Leitbild im Wesentlichen durch arten- und wuchsformenreiche Schwimmblattgesellschaften gekennzeichnet. Makrophyten spiegeln hierbei auch strukturelle Veränderungen wider. So ist beispielsweise beim Ausbau langsam fließender Flüsse und Bäche und infolge erhöhter Fließgeschwindigkeit ein Wechsel von Schwimmblattgesellschaften zu Vegetationstypen, die für schnell fließende (rhithrale) Fließgewässer charakteristisch sind, zu beobachten. Aber auch die ausbaubedingte Verringerung von Strömungsdiversität und Tiefenvarianz spiegeln die Makrophyten in potamalen Fließgewässern wider, da dies mit einer Verringerung der Wuchsformen verbunden ist.

Neben der ausbaubedingten Degradation reagieren Makrophyten auch auf intensive Unterhal-

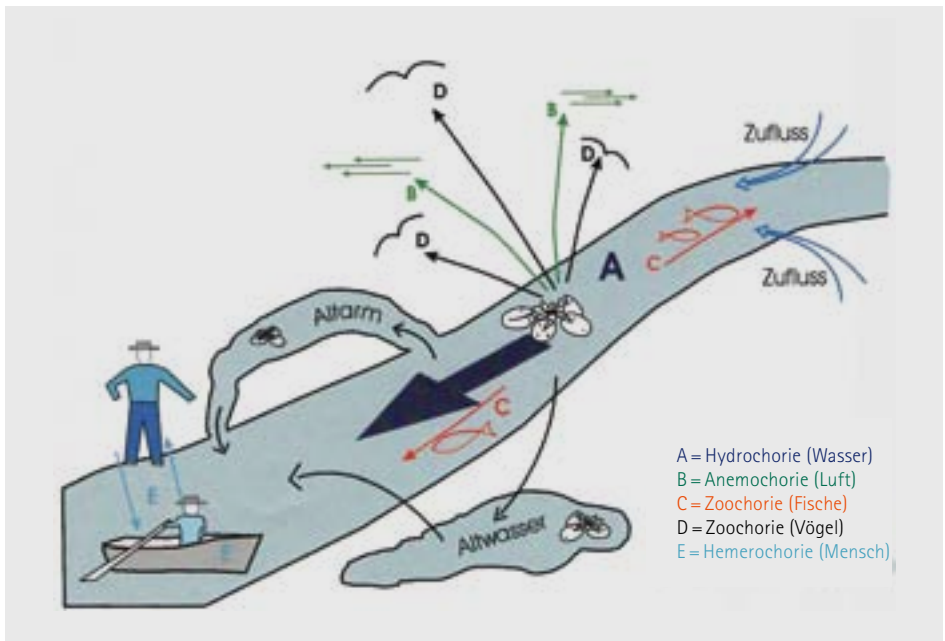


Zusammenhang zwischen Fließgeschwindigkeit beziehungsweise Morphodynamik und Makrophyten-Vegetationstypen

tung, die ebenfalls zu einer Verringerung der Wuchsformen führen kann. Hiervon profitieren in der Regel schnellwüchsige Arten wie zum Beispiel *Sparganium emersum*. Zu beachten bleibt, dass in vielen dieser Gewässer zusätzlich eine trophische Belastung vorhanden ist.

Neben den Umweltfaktoren, die die Verbreitung von Makrophyten in Fließgewässern bestimmen, sind auch populationsbiologische Faktoren wie Reproduktion und Verbreitung in Hinblick auf eine mögliche Strahlwirkung von Bedeutung. Makrophyten vermehren sich in Fließgewässern fast ausschließlich vegetativ. Die vegetative Vermehrung erfolgt hierbei über Ausläufer (Rhizome bzw. Stolonen), Winterknospen (Turionen) bzw. Sprosstiele (Fragmente). Arten, die alle diese Reproduktionsstrategien aufweisen, sind optimal an die Bedingungen in Fließgewässern ange-

passt. Dies ist auch einer der Gründe, der zum Beispiel die starke Ausbreitung von Nuttalls Wasserpest (*Elodea nuttallii*) in Deutschland erklärt. Neben der Reproduktion ist auch die Ausbreitung von Makrophyten für die vorliegende Fragestellung von Bedeutung. Die unten stehende Abbildung zeigt die Ausbreitungswege von Makrophyten in Fließgewässern. Der bedeutendste Faktor ist die Ausbreitung über das Wasser (Hydrochorie), die mit der Fließrichtung erfolgt. Eine wichtige Rolle kommt hierbei auch Zuflüssen, Altarmen und Altwässern zu. Ausbreitung über Fische (Zoochorie) erfolgt in geringem Ausmaße mit und gegen die Fließrichtung. Durch Zoochorie über Vögel und die Luft (Anemochorie) kann zusätzlich ein Austausch mit anderen Fließgewässersystemen erfolgen. Dies trifft im besonderen Maße auch für die Verbreitung durch den Menschen (Hemerochorie) zu.



Ausbreitungswege von Makrophyten in Fließgewässern





A close-up photograph of a dense cluster of small, green, succulent-like leaves. The leaves are rounded and have a slightly waxy, glistening appearance, suggesting they are covered in a thin layer of cuticle or are wet. The color is a vibrant green, with some darker, brownish spots visible, possibly due to decay or environmental factors. The background is dark and out of focus, making the green leaves stand out prominently.

Artenbeschreibungen  
Makrophyten



Haken-Wasserstern (*Callitriche brutia* var. *hamulata*)

## *Callitriche brutia* var. *hamulata*

### Haken-Wasserstern

#### Beschreibung

Der Haken-Wasserstern (*Callitriche brutia* var. *hamulata*) gehört zur Gruppe der Makrophyten mit länglichen oder spatelförmigen Blättern, die eine endständige Rosette bilden (Pepliden). Die Wassersterne sind in Sachsen mit mehreren Arten vertreten (*Callitriche brutia* var. *brutia*, *Callitriche brutia* var. *hamulata*, *C. cophocarpa*, *C. platycarpa*, *C. palustris*). Charakteristisch sind die endständigen Blattrosetten. Zur Art-Bestimmung sind Blüten bzw. Früchte erforderlich. Der Haken-Wasserstern lässt sich jedoch auch ohne Blüten und Früchte bestimmen, da die Spitzen der Unterwasserblätter breiter sind als der Rest des Blattes.



Unterwasserblätter des Haken-Wassersterns



Beim Haken-Wasserstern sind die Spitzen der Unterwasserblätter breiter als der Rest des Blattes.



Frucht des Haken-Wassersterns. Charakteristisch ist die kurz gestielte Frucht und die herabgeschlagene Narbe.

### Verbreitung und Indikatoreigenschaften

In den Fließgewässern Sachsens ist der Haken-Wasserstern (*Callitriche brutia* var. *hamulata*) weit verbreitet. Der Schwerpunkt liegt hierbei im Mittelgebirge und Hügelland. Der Haken-Wasserstern kommt aber auch in Stillgewässern der Moore vor. In Bezug auf die Standortparameter (Stickstoff, Phosphor ► Kapitel Makrophyten; S. 19) weist der Haken-Wasserstern eine weite ökologische Amplitude auf. Größere Bestände treten nur in gering belasteten Gewässern auf. Für die Fließgewässer der Mittelgebirge und des Hügellands entspricht der Haken-Wasserstern dem Leitbild.

## Weitere Arten



Stumpfkantiger Wasserstern (*Callitriche cophocarpa*)



Flachfrüchtiger Wasserstern (*Callitriche platycarpa*)



Sumpf-Wasserstern (*Callitriche palustris*)



Teich-Wasserstern (*Callitriche stagnalis*)



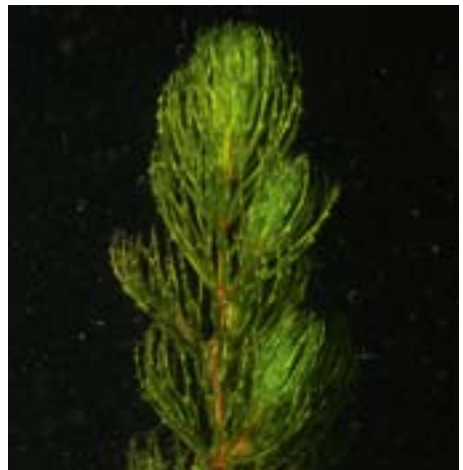
Rauhes Hornblatt (*Ceratophyllum demersum*)

# *Ceratophyllum demersum*

## Rauhes Hornblatt

### Beschreibung

Das Rauhe Hornblatt (*Ceratophyllum demersum*) gehört zur Gruppe der Wasserschweber mit großen, zerteilten Unterwasserblättern (*Ceratophylliden*). Die Hornblätter sind in Sachsen mit zwei Arten vertreten (*Ceratophyllum demersum*, *C. submersum*). Charakteristisch sind die geteilten Unterwasserblätter, die in der Regel nicht im Boden verankert sind. Beim Rauhen Hornblatt sind die Blätter zweimal geteilt, beim Zarten Hornblatt (*Ceratophyllum submersum*) dreimal. Die Hornblätter leben ganzjährig unter Wasser. Im Winter bilden sie Überwinterungsstadien. Früchte werden nur selten gebildet. Die Vermehrung erfolgt überwiegend ungeschlechtlich, das heißt durch Sprosstücke.



Blätter des Rauhen Hornblattes



Beim Rauen Hornblatt sind die Blätter zweimal geteilt.



Frucht des Rauen Hornblattes

### Verbreitung und Indikatoreigenschaften

Das Rauhornblatt ist in den Fließ- und Standgewässern Sachsens verbreitet. Der Schwerpunkt liegt hierbei im Tiefland. Als Wasserschwember bevorzugt das Rauhornblatt geringe Fließgeschwindigkeiten. In Bezug auf Nährstoffe (Stickstoff, Phosphor ► Kapitel Makrophyten; S. 19) weist das Rauhornblatt eine weite ökologische Amplitude auf. In Fließ- und Standgewässern, die von Natur aus nährstoffreich sind, gehört das Rauhornblatt in geringen Anteilen zum Leitbild. Große Bestände weisen hingegen auf eine trophische Belastung hin.



Überwinterungsform des Rauen Hornblattes:  
Die Blätter sind zusammengezogen.



Steifhaarige Armleuchteralge (*Chara hispida*)

## *Chara hispida*

### Steifhaarige Armleuchteralge

#### Beschreibung

Die Steifhaarige Armleuchteralge (*Chara hispida*) gehört zur Gruppe der Armleuchteralgen (Chariden). Sie sind in Sachsen mit 22 Arten vertreten, die sich auf vier Gattungen verteilen (*Chara*, *Nitella*, *Nitellopsis*, *Tolypella*), darunter viele gefährdete Arten (DOEGE 2008). Charakteristisch sind die Blätter, die wie ein Armleuchter angeordnet sind. Zur Bestimmung sind das Vorhandensein einer Berindung auf dem Spross, die Art der Berindung auf dem Spross, das Vorhandensein von Stacheln, die Anordnung und Form der Stacheln, die Verzweigung der Blätter und die Anordnung der weiblichen und männlichen Fortpflanzungsorgane von Bedeutung.



Bei den Armleuchteralgen sind die Blätter wie ein Armleuchter angeordnet.



Detailaufnahme der Steifhaarigen Armleuchteralge

### Verbreitung und Indikatoreigenschaften

Die Steifhaarige Armleuchteralge (*Chara hispida*) tritt in nährstoffarmen, karbonatischen Standgewässern Sachsens auf. Hier kann sie sehr große Bestände bilden und in Tiefen bis über 10 m vordringen. Die Steifhaarige Armleuchteralge gehört zum Leitbild dieser Standgewässer und indiziert einen sehr guten beziehungsweise guten ökologischen Zustand. Gegenüber Eutrophierung ist die Steifhaarige Armleuchteralge (*Chara hispida*) empfindlich.

## Weitere Arten



Gemeine Armleuchteralge (*Chara vulgaris*)



Dunkle Glanzleuchteralge (*Nitella opaca*)



Stern-Armleuchteralge (*Nitellopsis obtusa*)



Kleine Baumleuchteralge (*Tolypella glomerata*)



Nuttalls Wasserpest (*Elodea nuttallii*)

## *Elodea nuttallii*

### Nuttalls Wasserpest

#### Beschreibung

Nuttalls Wasserpest (*Elodea nuttallii*) gehört zur Gruppe der kleinblättrigen untergetauchten Makrophyten mit wirteligen Sprossen und unzerteilten Blättern (Elodeiden). Die Wasserpest-Arten sind in Sachsen mit zwei Arten vertreten (*Elodea canadensis*, *E. nuttallii*). Charakteristisch sind die Blätter, die jeweils zu dritt angeordnet sind. Bei Nuttalls Wasserpest sind die Blätter lang zugespitzt, bei der Kanadischen Wasserpest parallelrandig mit stumpfer Spitze. In Mitteleuropa wurden bisher nur weibliche Pflanzen beobachtet, die Vermehrung erfolgt ungeschlechtlich über kleine Sprosstücke oder Winterknospen.



Spross-Spitze von Nuttalls Wasserpest





Blattspitze von Nuttalls Wasserpest



Blattspitze der Kanadischen Wasserpest

### Verbreitung und Indikatoreigenschaften

Beide Wasserpest-Arten sind sogenannte Neubürger, die ursprünglich nicht in Deutschland vorkamen. Ihre Heimat liegt in Nord-Amerika. Die Kanadische Wasserpest ist seit 1859, Nuttalls Wasserpest seit 1953 in Deutschland bekannt. Im 19. Jahrhundert breitete sich die Kanadische Wasserpest in Deutschland sehr stark aus, daher kommt wahrscheinlich auch der deutsche Name »Wasserpest«. Im 20. Jahrhundert nahmen die Bestände aber kontinuierlich ab. Nuttalls Wasserpest konnte sich zu Ende des 20. Jahrhunderts in vielen Teilen sehr stark ausbreiten, vielerorts wurden und werden Nutzungen ein-

geschränkt. Zur »Bekämpfung« werden in vielen Gewässern Mähboote eingesetzt. Nuttalls Wasserpest ist mittlerweile in den Fließ- und Standgewässern Sachsens vielerorts anzutreffen. Der Schwerpunkt liegt hierbei im Tiefland. In Fließ- und Standgewässern gehört Nuttalls Wasserpest nicht zum Leitbild. Große Bestände weisen auf eine trophische Belastung hin.



Gewöhnliches Quellmoos (*Fontinalis antipyretica*)

## *Fontinalis antipyretica*

### Gewöhnliches Quellmoos

#### Beschreibung

Das Gewöhnliche Quellmoos (*Fontinalis antipyretica*) gehört zur Gruppe der Moose (Bryiden). Bei den Moosen werden zwei übergeordnete Gruppen unterschieden: Lebermoose (► Beispiel *Scapania undulata*; S. 54) und Laubmoose. Das Gewöhnliche Quellmoos gehört zur Gruppe der Laubmoose. Die Gattung *Fontinalis* (Quellmoos) ist dadurch gekennzeichnet, dass – wie bei den beblätterten Lebermoosen und Torfmoosen – eine Mittelrippe fehlt. Sie ist in Sachsen mit drei Arten vertreten (*Fontinalis antipyretica*, *F. hypnoides*, *F. squamosa*). Das Gewöhnliche Quellmoos (*Fontinalis antipyretica*) ist gut an den gekielten Blättern zu erkennen.



*Fontinalis squamosa*

## Weitere Laubmoose



Ein häufiges Laubmoos ist *Platyhypnidium riparioides*.



*Leptodictyum riparium*



Ein weiteres häufiges Laubmoos ist *Brachythecium rivulare*.



*Hygrohypnum ochraceum*

### Verbreitung und Indikatoreigenschaften

Das Gewöhnliche Quellmoos (*Fontinalis antipyretica*) tritt in Fließ- und Standgewässern Sachsens auf. Als Pflanze, die reines CO<sub>2</sub> verwerten kann, wächst die Art gern an Stellen, an denen Grundwasser austritt. In Bezug auf Nährstoffe (Stickstoff, Phosphor ► Kapitel Makrophyten; S. 19) weist das Gewöhnliche Quellmoos eine weite ökologische Amplitude auf. Dominante Bestände treten jedoch nur in nicht bzw. gering belasteten Gewässern auf. Daher gehören diese Dominanzbestände zum Leitbild von Fließgewässern der Mittelgebirge.



*Amblystegium fluviatile*



*Octodiceras fontanum*



Blaugrüner Schwaden (*Glyceria declinata*) als Sumpfpflanze

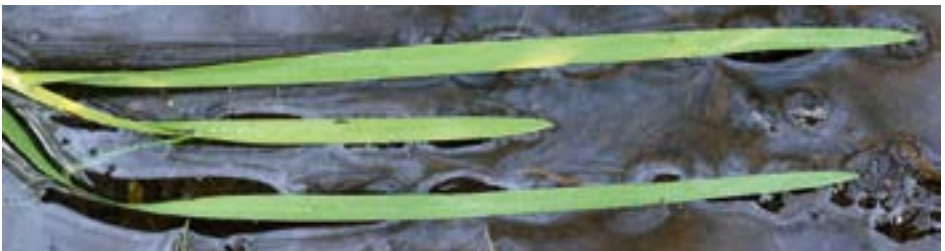
## *Glyceria fluitans*

### Flutender Schwaden

#### Beschreibung

Der Flutende Schwaden (*Glyceria fluitans*) gehört zur Gruppe der Süßgräser (Graminoiden). Von den Süßgräsern kommen nur wenige Arten untergetaucht oder flutend im Wasser vor, die meisten Arten finden sich als Sumpfpflanzen an den

Ufern der Gewässer oder außerhalb der Gewässer. Die Schwaden-Arten (*Glyceria*) sind in Sachsen mit vier Arten vertreten (*Glyceria declinata*, *G. fluitans*, *G. maxima*, *G. notata*). Der Große Wasserschwaden (*Glyceria maxima*) ist meist über 1 m groß, diese Größe erreichen die anderen



Wasserform des Flutenden Schwadens (*Glyceria fluitans*)



Deckspezeln des Blaugrünen (links) und Flutenden Schwadens (rechts)

Schwaden-Arten nicht. Zur Bestimmung der drei übrigen Arten sind Blütenmerkmale (zum Beispiel Spelzen) beziehungsweise die Länge der Blattspreiten erforderlich. Vielfach werden die drei Arten (*G. declinata*, *G. fluitans*, *G. notata*) auch zusammengefasst (*G. fluitans* agg.)

### Verbreitung und Indikatoreigenschaften

Der Flutende Schwaden (*G. fluitans*) ist in Sachsen weit verbreitet. In Bezug auf Nährstoffe (Stickstoff, Phosphor ► Kapitel Makrophyten; S. 19) weist der Flutende Schwaden eine weite ökologische Amplitude auf. In Fließgewässern gehört er in geringen Anteilen zum Leitbild. Große Bestände weisen hingegen auf eine strukturelle Belastung (zum Beispiel Verringerung der Fließgeschwindigkeit) hin.

## Weitere Arten



Weißes Straußgras (*Agrostis stolonifera*)



Knick-Fuchsschwanz (*Alopecurus geniculatus*)



Unterwasserform der Knollen-Binse (*Juncus bulbosus*)

# *Juncus bulbosus*

## Knollen-Binse

### Beschreibung

Die Knollen-Binse (*Juncus bulbosus*) kann sowohl als Grundsprossgewächs (Isoetide) als auch als Kleinlaichkrautartige (Parvopotamide) auftreten. Die Binsen sind in Sachsen mit vielen Arten vertreten, wobei im Wasser nur drei Arten (*Juncus bulbosus*, *J. acutiflorus*, *J. articulatus*) wachsen. Die meisten Binsen-Arten finden sich als Sumpfpflanzen an den Ufern der Gewässer. Die Knollen-Binse unterscheidet sich durch ihre feinen Blätter von anderen Grundsprossgewächsen. Namensgebend für die Knollen-Binse ist die knollige Verdickung der Pflanze an der Basis. Die Blätter und Sprosse sind rundlich und nie vierkantig wie zum Beispiel bei der Nadel-Sumpfsimse (*Eleocharis acicularis*).



Die Knollen-Binse (*Juncus bulbosus*) als Sumpfpflanze mit Blüten

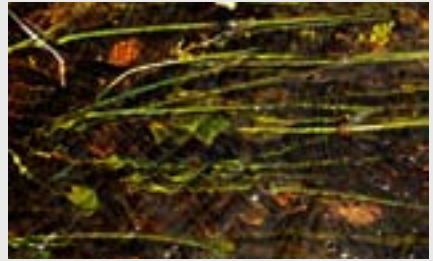


Die Knollen-Binse bildet in Tageauseen große Bestände.

### Verbreitung und Indikatoreigenschaften

Die Knollen-Binse (*Juncus bulbosus*) ist auf saure Standorte beschränkt. Sie kommt in Fließ- und Standgewässern Sachsens vor. In Tageauseen mit niedrigem pH-Wert kann sie die einzige Makrophyten-Art sein. In Bezug auf Nährstoffe (Stickstoff, Phosphor) ist die Knollen-Binse auf nährstoffarme Standorte beschränkt und empfindlich gegenüber Eutrophierung. Die Knollen-Binse gehört zum Leitbild verschiedener Fließgewässertypen und indiziert einen sehr guten bzw. guten ökologischen Zustand.

## Weitere Binsen



Flutende Form der Spitzblütigen Binse (*Juncus acutiflorus*)



Unterwasserform der Glieder-Binse (*Juncus articulatus*)



Kleine Wasserlinse (*Lemna minor*)

## *Lemna minor*

### Kleine Wasserlinse

#### Beschreibung

Die Kleine Wasserlinse (*Lemna minor*) gehört zur Gruppe der Wasserschweber mit kleinen, blattähnlichen Schwimmsprossen (Lemniden). Die Lemniden sind in Sachsen mit mehreren Gattungen vertreten. Von den eigentlichen Wasserlinsen (*Lemna*) wurden in Sachsen bisher vier Arten nachgewiesen (*Lemna gibba*, *L. minor*, *L. minuta*, *L. turionifera*). Diese Arten weisen nur eine Wurzel auf und unterscheiden sich dadurch von der Vielwurzelligen Teichlinse (*Spirodela polyrhiza*). Eine weitere Wasserlinsenart, die Dreifurchige Wasserlinse (*Lemna trisulca*) lebt untergetaucht knapp unterhalb der Wasseroberfläche (Ricciellide), während die anderen Arten an der Wasseroberfläche treiben. Zur Un-

terscheidung der Wasserlinsen sind die Form des Sprosses (gewölbt / nicht gewölbt), die Farbe, die Größe des Sprosses beziehungsweise der Zellen von Bedeutung.

#### Verbreitung und Indikatoreigenschaften

Die Kleine Wasserlinse (*Lemna minor*) tritt in nährstoffarmen bis -reichen Fließgewässern auf. In langsam fließenden Fließgewässern gehört die Kleine Wasserlinse in geringen Anteilen zum Leitbild. Große Bestände weisen hingegen auf eine strukturelle (Verringerung der Fließgeschwindigkeit) und gegebenenfalls auf eine trophische Belastung hin. In nährstoffreichen Stillgewässern gehört die Kleine Wasserlinse ebenfalls in geringen Anteilen zum Leitbild.



## Weitere Arten



Die Unterseite der Kleinen Wasserlinse (*Lemna minor*) weist nur kleine Zellen auf.



Winzige Wasserlinse (*Lemna minuta*)



Turionen-Wasserlinse (*Lemna turionifera*)



Die Unterseite der Buckeligen Wasserlinse (*Lemna gibba*) weist große Zellen auf.



Dreifurchige Wasserlinse (*Lemna trisulca*)



Vielwurzelige Teichlinse (*Spirodela polyrhiza*, Unterseite)



Ähren-Tausendblatt (*Myriophyllum spicatum*)

# *Myriophyllum spicatum*

## Ähren-Tausendblatt

### Beschreibung

Das Ähren-Tausendblatt (*Myriophyllum spicatum*) gehört zur Gruppe der untergetauchten Makrophyten mit beblätterten Sprossen und zerteilten Blättern (Myriophylliden). Aus Sachsen sind bisher vier Tausendblatt-Arten bekannt (*M. alterniflorum*, *M. heterophyllum*, *M. spicatum*). Charakteristisch für die Tausendblatt-Arten ist, dass die Blattsegmente von einer Mittelrippe abgehen. Hiervon unterscheiden sie sich zum Beispiel von den Wasserhahnenfüßen, bei denen die Blätter gabelteilig sind. Zur Unterscheidung der Tausendblatt-Arten sind die Anordnung der Blüten, die Form des Blüten-Tragblattes, die Anzahl der Blätter pro Quirl und die Anzahl der Einzelblätter (Fiederblättchen) von Bedeutung.



Charakteristisch für die Tausendblatt-Arten ist, dass die Blattsegmente von einer Mittelrippe abgehen.



Blüten des Ähren-Tausendblattes

### Verbreitung und Indikatoreigenschaften

Das Ähren-Tausendblatt (*Myriophyllum spicatum*) ist in den Fließ- und Standgewässern Sachsens verbreitet. Der Schwerpunkt liegt hierbei im Tiefland. In Bezug auf Nährstoffe (Stickstoff, Phosphor ► Kapitel Makrophyten; S. 19) weist das Ähren-Tausendblatt eine weite ökologische Amplitude auf, Fließgewässer mit niedrigem pH-Wert meidet es. In schnell fließenden Fließgewässern gehört das Ähren-Tausendblatt zum Leitbild. In Fließgewässern, die von Natur aus langsam fließen, weisen Dominanzbestände auf eine anthropogene Erhöhung der Fließgeschwindigkeit hin. In Standgewässern, die von Natur aus nährstoffreich sind, gehört das Ähren-Tausendblatt in geringen Anteilen ebenfalls zum Leitbild.

## Weitere Arten



Wechselblütiges Tausendblatt  
(*Myriophyllum alterniflorum*)



Verschiedenblättriges Tausendblatt  
(*Myriophyllum heterophyllum*)



Quirl-Tausendblatt (*Myriophyllum verticillatum*)



Echte Brunnenkresse (*Nasturtium officinale*)

# *Nasturtium officinale*

## Echte Brunnenkresse

### Beschreibung

Die Echte Brunnenkresse (*Nasturtium officinale*) gehört zur Gruppe der Kräuter (Herbiden). Die Brunnenkressen (*Nasturtium*) sind in Sachsen mit zwei Arten vertreten (*Nasturtium microphyllum*, *N. officinale*). Außerdem gibt es den Hybriden zwischen beiden Arten (*Nasturtium x sterile*). Charakteristisch sind die großen, gefiederten Blätter, die abgerundet sind. An quelligen Standorten kann auch das ähnlich aussehende Bittere Schaumkraut auftreten, das violette Staubblätter hat, während sie bei der Brunnenkresse gelb sind. Verwechslungsgefahr besteht auch mit der



Blütenstand der Echten Brunnenkresse (*Nasturtium officinale*)



Bei der Echten Brunnenkresse (*Nasturtium officinale*) sind die Samen zweireihig angeordnet.



Bei der Kleinen Brunnenkresse (*Nasturtium microphyllum*) sind die Samen einreihig angeordnet.

Berle (*Berula erecta*) und dem Knotenblütigen Scheiberich (*Apium nodiflorum*), die aber zugespitzte Fiederblätter haben. Zur Art-Bestimmung der Brunnenkressen sind Früchte erforderlich. Bei der Echten Brunnenkresse (*Nasturtium officinale*) sind die Samen in der Frucht zweireihig angeordnet, bei der Kleinen Brunnenkresse (*Nasturtium microphyllum*) einreihig. Die Anzahl der Felder auf den Samen ist ein weiteres gutes Unterscheidungsmerkmal: Die Echte Brunnenkresse hat weniger als 60, die Kleine Brunnenkresse mehr als 130, der Bastard (*Nasturtium x sterile*) 60–120 Felder.

### Verbreitung und Indikatoreigenschaften

Die Echte Brunnenkresse kommt in Sachsen nur in Fließgewässern vor. Der Schwerpunkt liegt hierbei im Hügel- und Tiefland. In Bezug auf Nährstoffe (Stickstoff, Phosphor ► Kapitel Makrophyten; S. 19) weist die Echte Brunnenkresse eine breite ökologische Amplitude auf. In Fließgewässern entspricht die Echte Brunnenkresse dem Leitbild aus Sicht der Makrophyten. Größere Bestände indizieren einen sehr guten bzw. guten ökologischen Zustand.



Gelbe Teichrose (*Nuphar lutea*)

## *Nuphar lutea*

### Gelbe Teichrose

#### Beschreibung

Die Gelbe Teichrose (*Nuphar lutea*) gehört zur Gruppe der Schwimmblattgewächse (Nymphaeiden). Charakteristisch sind große, rundliche Schwimmblätter und gelbe Blüten. Außerdem können Unterwasserblätter auftreten, die an Salatblätter erinnern. Wenn die Teichrose nicht blüht, besteht Verwechslungsgefahr mit der Weißen Seerose (*Nymphaea alba*). Die Weiße Seerose ist daran zu erkennen, dass die Seitenerven der Schwimmblätter bis weit unterhalb des Blattrandes miteinander verbunden sind, außerdem sind die Blattstiele rundlich. Bei der



Weiße Seerose (*Nymphaea alba*)



Unterwasserblätter der Gelben Teichrose (*Nuphar lutea*)



Bei der Gelben Teichrose (*Nuphar lutea*) sind die Seitennerven der Schwimmblätter nicht oder nur sehr nahe dem Blattrand miteinander verbunden.

Gelben Teichrose sind die Seitennerven der Schwimmblätter dagegen nicht oder nur sehr nahe dem Blattrand miteinander verbunden. Die Blattstiele sind abgerundet dreieckig bis flach.

### Verbreitung und Indikatoreigenschaften

Die Gelbe Teichrose (*Nuphar lutea*) ist in den Fließ- und Standgewässern Sachsens verbreitet. Der Schwerpunkt liegt hierbei im Tiefland. In Bezug auf Nährstoffe (Stickstoff, Phosphor ► Kapitel Makrophyten; S. 19) weist die Gelbe Teichrose eine weite ökologische Amplitude auf. Fließgewässer mit niedrigem pH-Wert meidet die

Gelbe Teichrose. In nährstoffreichen Standgewässern und langsam fließenden Fließgewässern gehört die Gelbe Teichrose zum Leitbild. In Fließgewässern, die von Natur aus schnell fließen, weisen Dominanzbestände der Gelben Teichrose auf eine anthropogene Verringerung der Fließgeschwindigkeit hin.



Schilf (*Phragmites australis*)

# *Phragmites australis*

## Schilf

### Beschreibung

Das Schilf (*Phragmites australis*) gehört zur Gruppe der Sumpfpflanzen (Helophyten). Innerhalb der sehr artenreichen Gruppe der Sumpfpflanzen gehört das Schilf zur Gruppe der Süßgräser. Neben den kleinwüchsigen Arten (► Kapitel *Glyceria fluitans*; S. 34) treten an Gewässerufern überwiegend drei hochwüchsige Süßgräser auf. Einen abgeplatteten Spross hat der Große Wasserschwaden (*Glyceria maxima*), außerdem sind die Blätter nicht gerieft. Das Schilf hat einen runden Spross und ist, wenn es blüht, sehr gut zu erkennen. Bei nicht blühenden



Wasserform des Großen Wasserschwadens (*Glyceria maxima*)





Das Schilf (*Phragmites australis*) hat einen Haarkranz.



Das Rohrglanzgras (*Phalaris arundinacea*) hat ein Blatthäutchen.

Pflanzen besteht die Verwechslungsmöglichkeit mit dem Rohrglanzgras (*Phalaris arundinacea*). Diese Art hat ein Blatthäutchen, während das Schilf einen Haarkranz aufweist. Das Rohrglanzgras und der Große Wasserschwaden können im Gegensatz zum Schilf auch vollkommen untergetaucht auftreten.

### Verbreitung und Indikatoreigenschaften

Das Schilf (*Phragmites australis*) ist in Sachsen sehr weit verbreitet. In Bezug auf Nährstoffe (Stickstoff, Phosphor ► Kapitel Makrophyten; S. 19) weist das Schilf eine weite ökologische

Amplitude auf. In Standgewässern gehört das Schilf zum Leitbild der Uferzone. In Fließgewässern gehört das Schilf in geringen Anteilen zum Leitbild. Große Bestände (Helophyten dominanz) weisen hingegen auf eine strukturelle Belastung (Verringerung der Fließgeschwindigkeit, fehlende Beschattung) hin.



Kamm-Laichkraut (*Potamogeton pectinatus*)

## *Potamogeton pectinatus*

### Kamm-Laichkraut

#### Beschreibung

Das Kamm-Laichkraut (*Potamogeton pectinatus*) gehört zur Gruppe der Pavopotamiden – Kleinlaichkrautartigen. Die Pavopotamiden sind in Sachsen mit mehreren Gattungen vertreten, am weitesten verbreitet sind die Kleinlaichkräuter im engeren Sinne. Von diesen sind aus Sachsen 10 Arten bekannt. Zur Bestimmung sind die Blattnervatur und die Form des Blatthäutchens (offen oder geschlossen) von Bedeutung. Beim Kamm-Laichkraut sind die unteren Teile der Blätter von der Blattscheide, die auch den Spross umfasst, eingeschlossen.



Dominanzbestände des Kamm-Laichkrautes (*Potamogeton pectinatus*) weisen auf eine trophische Belastung hin.



Beim Kamm-Laichkraut (*Potamogeton pectinatus*) sind die unteren Teile der Blätter von der Blattscheide, die auch den Spross umfasst, eingeschlossen.

### Verbreitung und Indikatoreigenschaften

Das Kamm-Laichkraut ist in den Fließ- und Standgewässern Sachsens verbreitet. Der Schwerpunkt liegt hierbei im Tiefland. Das Kamm-Laichkraut weist hinsichtlich der Nährstoffe (Stickstoff, Phosphor ► Kapitel Makrophyten; S. 19) eine weite ökologische Amplitude auf. Fließgewässer mit niedrigem pH-Wert meidet das Kamm-Laichkraut. In Fließ- und Standgewässern, die von Natur aus nährstoffreich sind, gehört das Kamm-Laichkraut in geringen Anteilen zum Leitbild. Große Bestände weisen hingegen auf eine trophische Belastung hin.

## Weitere Arten



Krauses Laichkraut (*Potamogeton crispus*)



Berchtolds Zwerg-Laichkraut (*Potamogeton berchtoldii*)



Zwerg-Laichkraut (*Potamogeton pusillus*)



Haarblättriges Laichkraut (*Potamogeton trichoides*)



Durchwachsenes Laichkraut (*Potamogeton perfoliatus*)

## *Potamogeton perfoliatus*

### Durchwachsenes Laichkraut

#### Beschreibung

Das Durchwachsenes Laichkraut (*Potamogeton perfoliatus*) gehört zur Gruppe der Großlaichkrautartigen (Magnopotamiden). Die Magnopotamiden sind in Sachsen mit mehreren Gattungen vertreten, am weitesten verbreitet sind die Großlaichkräuter im engeren Sinne. Hiervon sind aus Sachsen sechs Arten bekannt. Zur Bestimmung ist von Bedeutung, ob die Blätter gestielt sind oder nicht. Weiterhin ist relevant, ob die Blätter stängelumfassend sind oder nicht. Außerdem unterscheidet man zwischen ganzrandigen oder gezähnten Blatträndern.



Beim Durchwachsenen Laichkraut (*Potamogeton perfoliatus*) sind die Blätter stängelumfassend.



Die Blattspitze des Durchwachsenen Laichkrautes (*Potamogeton perfoliatus*) weist Zähne auf.

### Verbreitung und Indikatoreigenschaften

Das Durchwachsene Laichkraut ist in Sachsen selten. Dies kommt auch durch die Einstufung in der Roten Liste als »vom Aussterben bedroht« zum Ausdruck. Sehr selten sind Vorkommen in Fließgewässern, aus Standgewässern sind wenige Vorkommen bekannt. Der Schwerpunkt liegt hierbei im Tiefland. In Bezug auf Nährstoffe (Stickstoff, Phosphor ► Kapitel Makrophyten; S. 19) weist das Durchwachsene Laichkraut eine enge ökologische Amplitude auf und findet sich nur bei geringen Nährstoffgehalten. Fließgewässer mit niedrigem pH-Wert meidet das Durchwachsene Laichkraut. In Fließ- und Standgewässern gehört das Durchwachsene Laichkraut zum Leitbild. Das Durchwachsene Laichkraut indiziert geringe bis mittlere trophische Belastungen.

## Weitere Arten



Alpen-Laichkraut (*Potamogeton alpinus*)



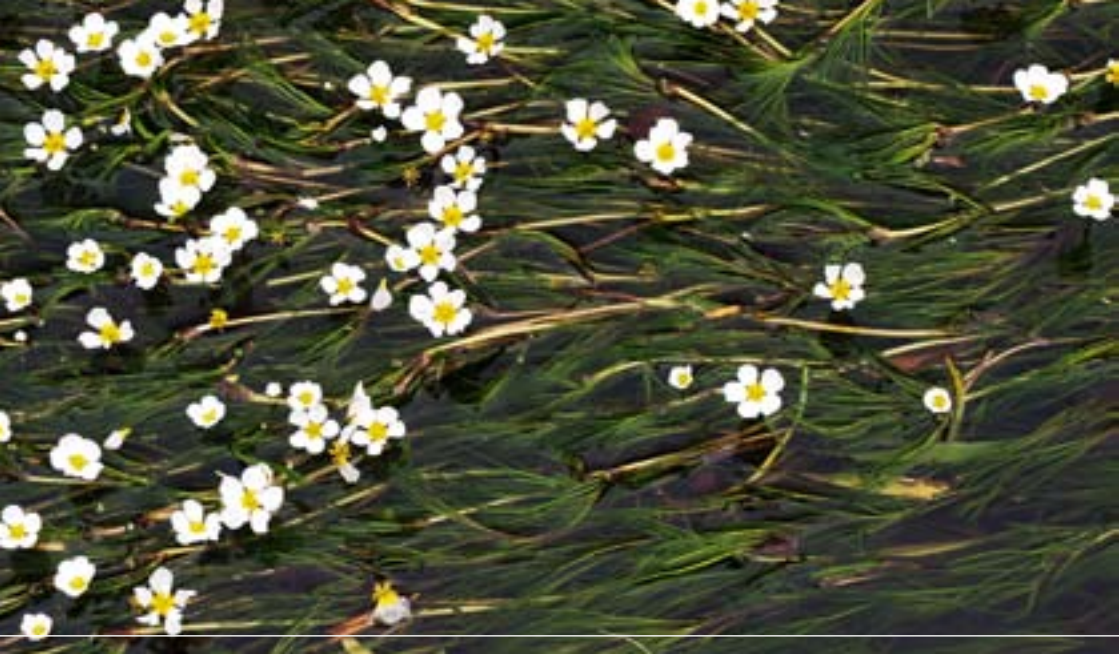
Spiegelndes Laichkraut (*Potamogeton lucens*)



Knoten-Laichkraut (*Potamogeton nodosus*)



Knöterich-Laichkraut (*Potamogeton polygonifolius*)



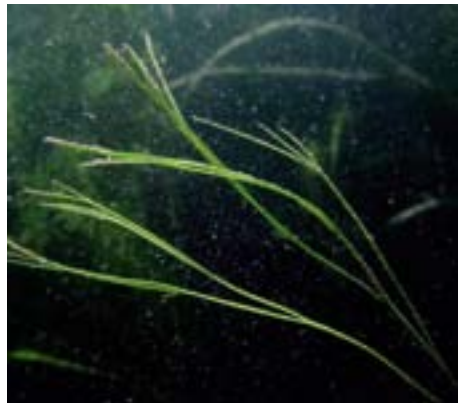
Flutender Wasserhahnenfuß (*Ranunculus fluitans*)

## *Ranunculus fluitans*

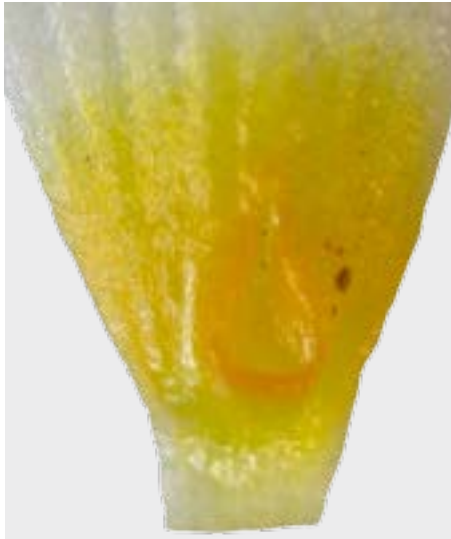
### Flutender Wasserhahnenfuß

#### Beschreibung

Der Flutende Wasserhahnenfuß (*Ranunculus fluitans*) gehört zur Gruppe der untergetauchten Makrophyten mit beblätterten Sprossen und zerteilten Blättern (Myriophylliden). Aus Sachsen sind bisher sechs Wasserhahnenfüße bekannt. Charakteristisch für die Wasserhahnenfuß-Arten ist, dass die Blattsegmente gabelteilig sind und nicht von einer Mittelrippe abgehen. Hiervon unterscheiden sie sich zum Beispiel von den Tausendblatt-Arten, bei denen die Blätter alle von einer Mittelrippe abgehen. Zur Unterscheidung der Wasserhahnenfüße sind Merkmale der Blüten und die Form der Unterwasserblätter von Bedeutung. Verschiedene Wasserhahnenfüße kreuzen sich untereinander, daher findet man oft Hybriden.



Der Flutende Wasserhahnenfuß (*Ranunculus fluitans*) hat lange Unterwasserblätter mit wenigen Teilblättern.



An der Basis der Kronblätter finden sich bei den Wasserhahnenfüßen Nektarien. Beim Flutenden Wasserhahnenfuß (*Ranunculus fluitans*) sind die Nektarien birnenförmig.

### Verbreitung und Indikatoreigenschaften

Der Flutende Wasserhahnenfuß (*Ranunculus fluitans*) ist auf Fließgewässer beschränkt. Im Rahmen des Monitorings zur WRRL gelangen 37 Nachweise im Zeitraum 2005 – 2010 in Sachsen. In Bezug auf Nährstoffe (Stickstoff, Phosphor ► Kapitel Makrophyten; S. 19) weist der Flutende Wasserhahnenfuß eine weite ökologische Amplitude auf. In schnell fließenden Fließgewässern gehört der Flutende Wasserhahnenfuß zum Leitbild. In Fließgewässern, die von Natur aus langsam fließen, weisen Dominanzbestände des Flutenden Wasserhahnenfußes auf eine anthropogene Erhöhung der Fließgeschwindigkeit hin.

## Weitere Arten



Schild-Wasserhahnenfuß (*Ranunculus peltatus*)



Pinselblättriger Wasserhahnenfuß (*Ranunculus penicillatus*)



Haarblättriger Wasserhahnenfuß (*Ranunculus trichophyllus*)



Bach-Spatenmoos (*Scapania undulata*)

## *Scapania undulata*

### Bach-Spatenmoos

#### Beschreibung

Das Bach-Spatenmoos (*Scapania undulata*) gehört zur Gruppe der Moose (Bryiden). Bei den Moosen werden zwei übergeordnete Gruppen unterschieden: Die Laubmoose (► Kapitel *Fontinalis antipyretica*; S. 32) und die Lebermoose. Bei den Lebermoosen unterscheidet man beblätterte Lebermoose, die einen Spross und Blätter aufweisen und thallose Lebermoose, die keine Differenzierung in Spross und Blätter haben, sondern lediglich aus einem undifferenzierten Vegetationskörper bestehen. Das Bach-Spatenmoos (*Scapania undulata*) gehört zu den beblätterten Lebermoosen. Die Gattung *Scapania* – Spatenmoos ist dadurch gekennzeichnet, dass die Blätter in Unter- und Oberlappen diffe-

renziert sind. Die Gattung *Scapania* ist in Sachsen mit 13 Arten vertreten, von denen aber nur wenige direkt an Gewässer gebunden sind. Zur Bestimmung der Spatenmoos-Arten sind vor allem die Form und Größe der Blattlappen von Bedeutung.

#### Verbreitung und Indikatoreigenschaften

Das Bach-Spatenmoos (*Scapania undulata*) tritt nur in und an Fließgewässern auf. Der Schwerpunkt der Verbreitung liegt im Mittelgebirge, es gibt aber auch Vorkommen im Hügelland und vereinzelt im Tiefland in Sachsen. Das Bach-Spatenmoos ist auf silikatische Fließgewässer beschränkt, in Bezug auf den pH-Wert weist es eine sehr breite Amplitude auf und reicht sogar





Unterwasseraufnahme des Bach-Spatenmooses (*Scapania undulata*)

bis zu pH-Werten von unter 4,5. Gegenüber Eutrophierung ist das Bach-Spatenmoos empfindlich. Das Bach-Spatenmoos ist auf nährstoffarme Standorte beschränkt und gehört zum Leitbild silikatischer Fließgewässer. Die Vorkommen indizieren einen sehr guten bzw. guten ökologischen Zustand.

## Weitere Arten



*Marchantia polymorpha* ist ein thalloses Lebermoos und weist keine Differenzierung in Spross und Blätter auf.



Ein weiteres beblättertes Lebermoos ist *Marsupella emarginata*.



Ein häufiges beblättertes Lebermoos ist *Chiloscypus polyanthos*.



Einfacher Igelkolben (*Sparganium emersum*)

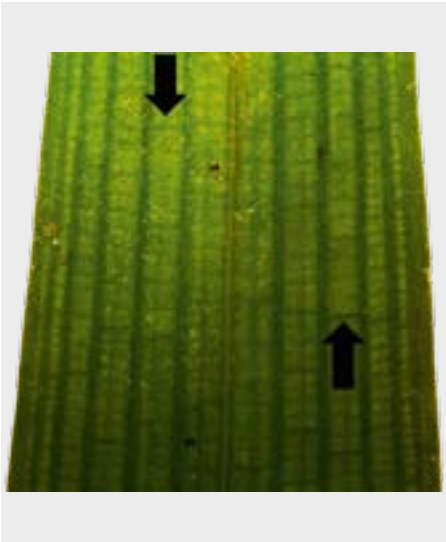
# *Sparganium emersum*

## Einfacher Igelkolben

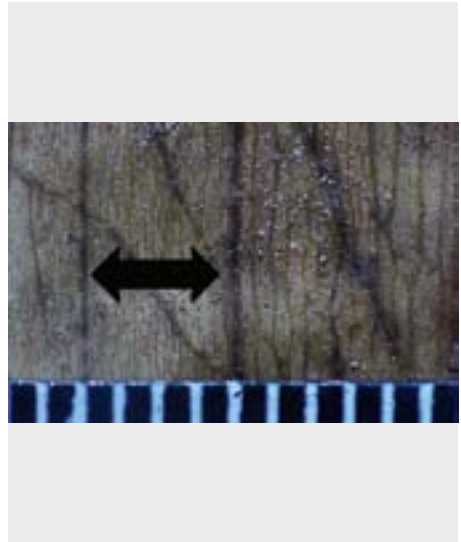
### Beschreibung

Der Einfache Igelkolben (*Sparganium emersum*) gehört zur Gruppe der Makrophyten, die im Sediment wurzeln und grundständige, lang flutende Blätter haben (Vallisneriden). Charakteristisch sind die langen, schmalen Blätter. Es können auch Schwimmblätter auftreten, die die gleiche Form aufweisen. Der Einfache Igelkolben tritt zudem als Sumpfpflanze an Gewässerufern und in Feuchtgebieten auf. Verwechslungsgefahr besteht mit anderen Igelkolben-Arten, insbesondere mit dem Ästigen Igelkolben (*Sparganium erectum*). Dieser weist im Gegenlicht keine dunklen Quernerven auf, der Einfa-

che Igelkolben (*Sparganium emersum*) hingegen schon. Das Gewöhnliche Pfeilkraut (*Sagittaria sagittifolia*) hat ähnliche Unterwasserblätter, jedoch ist der Abstand zwischen den Längsnerven deutlich größer (> 3 mm). Auch die Schwannenblume (*Butomus umbellatus*) kann reine Unterwasserblätter haben, die immer dunkelgrün und gedreht sind.



Der Einfache Igelkolben (*Sparganium emersum*) hat dunkle Quernerven.



Der Abstand zwischen den Längsnerven beträgt beim Gewöhnlichen Pfeilkraut (*Sagittaria sagittifolia*) mehr als 3 mm.



Unterwasserblätter des Einfachen Igelkolbens (*Sparganium emersum*)

### Verbreitung und Indikatoreigenschaften

Der Einfache Igelkolben (*Sparganium emersum*) ist in den Fließ- und Standgewässern Sachsens weit verbreitet. In Bezug auf den pH-Wert und Nährstoffe (Stickstoff, Phosphor ► Kapitel Makrophyten; S. 19) weist der Einfache Igelkolben eine weite ökologische Amplitude auf. In nährstoffreichen Standgewässern und langsam fließenden Fließgewässern gehört der Einfache Igelkolben zum Leitbild. In Fließgewässern, die von Natur aus schnell fließen, weisen Dominanzbestände des Einfachen Igelkolbens auf eine anthropogene Verringerung der Fließgeschwindigkeit hin.



Verkannter Wasserschlauch (*Utricularia australis*)

## *Utricularia australis*

### Verkannter Wasserschlauch

#### Beschreibung

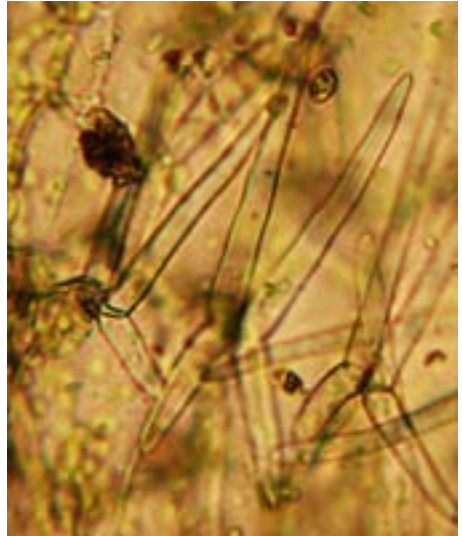
Der Verkannte Wasserschlauch (*Utricularia australis*) gehört zur Gruppe der Wasserschwebler mit großen, zerteilten Unterwasserblättern (Ceratophylliden). Charakteristisch für die Wasserschläuche sind Fangblasen, mit denen sie kleine Insekten fangen – die Wasserschläuche sind fleischfressende Pflanzen! Zur Bestimmung der Arten sind die Form der Sprosse, die Bewimperung der Blätter und die Form der Blüten von Bedeutung. Außerdem befinden sich in den Fangblasen Haare, die immer zu viert angeordnet sind. Der Winkel, in dem die Haare zueinander stehen, wird für die Bestimmung genutzt. Der Verkannte Wasserschlauch (*Utricularia australis*) und der Gewöhnliche Wasserschlauch (*Utricularia*



Beim Verkannten Wasserschlauch (*Utricularia australis*) ist der Saum der Unterlippe flach.



Unterwasseraufnahme des Verkannten Wasserschlauchs (*Utricularia australis*)



In den Fangblasen der Wasserschläuche befinden sich Haare, die immer zu viert angeordnet sind (*Utricularia australis*).

*vulgaris*) lassen sich nur anhand der Blüten sicher unterscheiden. Sie haben beide Wimpern an den Blättern, die dem Kleinen Wasserschlauch (*Utricularia minor*) fehlen.

### Verbreitung und Indikatoreigenschaften

Der Verkannte Wasserschlauch (*Utricularia australis*) hat in Sachsen seinen Schwerpunkt in sauren, karbonatarmen Standgewässern. In der Roten Liste ist die Art als »gefährdet« eingestuft. Der Gewöhnliche Wasserschlauch (*Utricularia vulgaris*) ist wesentlich seltener. Diese Art ist in der Roten Liste als »vom Aussterben bedroht« gelistet. Vorkommen befinden sich in allen Landesteilen Sachsens, wobei der Schwerpunkt im Tiefland liegt. In Fließ- und Standgewässern gehört der Verkannte Wasserschlauch (*Utricularia australis*) zum Leitbild. Der Verkannte Wasserschlauch ist empfindlich gegenüber Eutrophierung.



Fangblasen des Dunkelgelben Wasserschlauchs (*Utricularia stygia*)





Phytobenthos  
ohne Diatomeen

# Phytobenthos ohne Diatomeen (PoD)

## Cyanobakterien und Algen

### Definition

Das Phytobenthos ohne Diatomeen (PoD) umfasst mit den ► Cyanobakterien und verschiedenen Klassen von Algen sehr unterschiedliche Gruppen von Organismen. Gemeinsame Merkmale sind vor allem eine an das Wasser gebundene Lebensweise und die Fähigkeit zur Photosynthese, bei der das CO<sub>2</sub> der Luft unter Nutzung von Wasser und Sonnenenergie mit Hilfe der Photosynthesepigmente zur Bildung von Zuckern eingesetzt wird,

gleichzeitig entsteht dabei Sauerstoff. Hinsichtlich der Gestalt (Morphologie) unterscheidet man verschiedene ► Organisationsformen.

- Cyanobakterien und Algen umfassen sehr verschiedene Gruppen von Organismen mit gemeinsamen Merkmalen der Lebensweise.

### Organisationsformen von Algen



#### Monadal

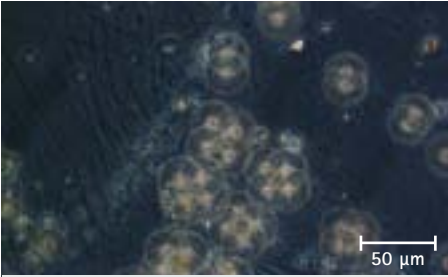
- Einzeller mit peitschenförmigen Geißeln zur Fortbewegung und einem roten »Augenfleck«, der an der Wahrnehmung der Lichtrichtung beteiligt ist (Flagellaten); Zellen auch zu Zellverbänden vereinigt (*Chlamydomonas*)



#### Coccal

- Von einer Zellwand umgebene, unbegeißelte Einzeller; auch zu Zellverbänden vereinigt (*Closterium leibleinii* var. *boergense*)





### Tetrasporal

- ▶ In Gallerthüllen eingeschlossene Einzelzellen oder Zellkomplexe mit teils monadaler, teils coccaler Organisation (*Tetraspora gelatinosa*)



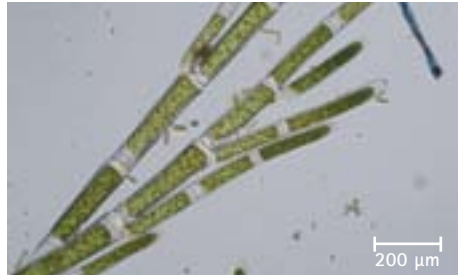
### Trichal unverzweigt

- ▶ Einreihige, unverzweigte Fäden (*Microspora amoena*)



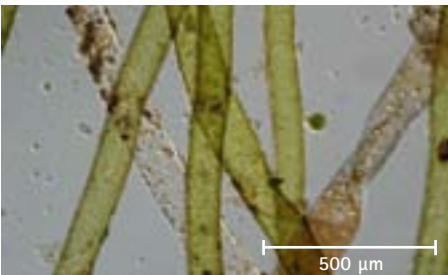
### Trichal verzweigt

- ▶ Verzweigte, unter Umständen in Haupt- und Nebenachsen gegliederte Fäden (*Draparnaldia mutabilis*)



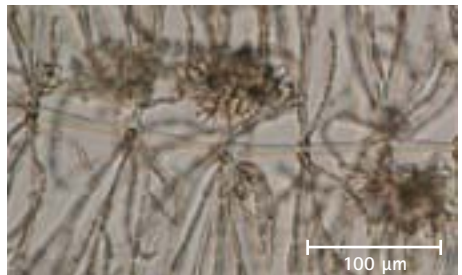
### Siphonocladal

- ▶ Unverzweigte oder verzweigte Fäden aus mehrkernigen Zellen (*Cladophora glomerata*)



### Siphonal

- ▶ Fäden aus einer einzigen mehrkernigen Zelle ohne Querwände (*Vaucheria*)



### Thallös

- ▶ Komplexe mehrzellige Vegetationskörper von teils sehr spezifischem Bau (*Batrachospermum helminthosum*)

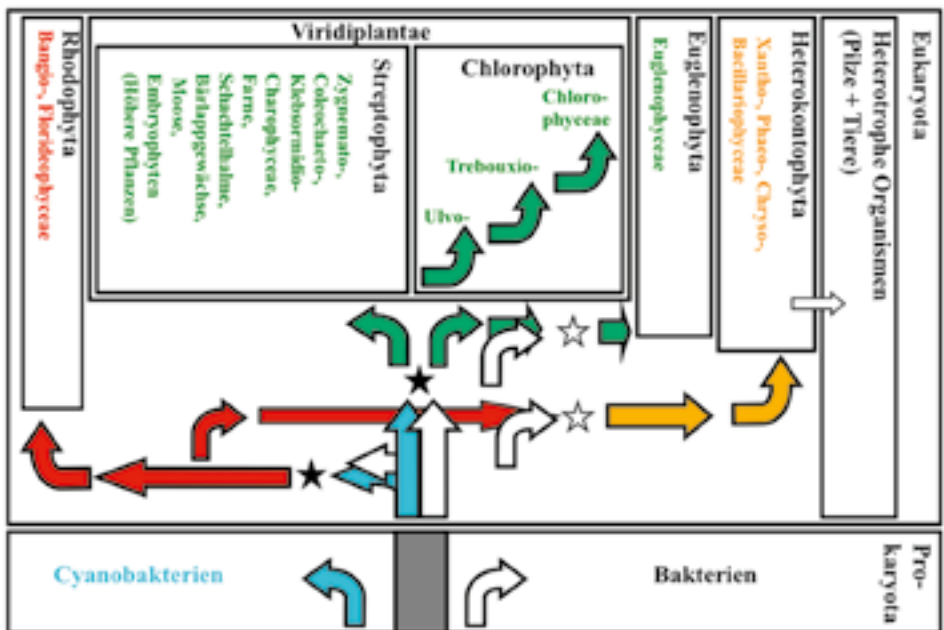
## Wuchsformen des PoD

Für die Bewertung von Fließgewässern werden vor allem Arten herangezogen, die auf festen Substraten angeheftet wachsen. Diese Lebensweise wird als ► benthisch bezeichnet. Oft ist die Bindung an das Substrat sehr eng, sodass je nach Art des Substrats unterschiedliche Lebensweisen charakterisiert werden können. Nach Lage und Substrat unterscheidet man Gesellschaften, die auf Stein (epilithisch), Schlamm (epipelisch), Sand (epipsammisch), Holz (epixylich) oder anderen Pflanzen (epiphytisch) wachsen. Einige Arten dringen auch in das Substrat ein und leben in Steinen (endolithisch) oder in Pflanzen (endophytisch). Weiterhin rechnet man zum Benthos auch Organismen, die auf oder zwischen am Grunde befestigten Pflanzen wachsen. Diese Lebensweise wird als metaphytisch bezeichnet.

## Abstammung von Cyanobakterien und Algen

Um die Vielfalt der verschiedenen Algenklassen zu verstehen, lohnt sich ein Blick auf ihre Entstehung. Gemeinsam mit den Bakterien sind die **Cyanobakterien (Blaualgen)** die stammesgeschichtlich älteste Organismengruppe. Diese besiedelten unsere Erde schon vor ca. 4,5 Milliarden Jahren. Durch ihre Photosynthese reicherten sie die Erdatmosphäre mit Sauerstoff an und ermöglichten so alles weitere Leben. Die Zellorganisation der Blaualgen ist wie die der Bakterien relativ einfach, da sie keine durch eigene

► Benthos = Lebensgemeinschaft von Organismen, die an feste Substrate gebunden sind.



Vereinfachtes Schema eines Stammbaums der Organismen mit Schwerpunkt auf den bei der Bioindikation behandelten Klassen (Endung -phyceae) und Abteilungen (Endung -phyta) (Quellen: LINNE VON BERG et al. 2004, FRIEDL & RYBALKA 2012 und FRIEDL, persönl. Mittlg.). Die Farben stehen für die charakteristische Pigmentierung der Zellen. Mit einem schwarz ausgefüllten Stern sind primäre Endosymbiosen gekennzeichnet, ein unausgefüllter Stern kennzeichnet sekundäre Endosymbiosen.

## Beispiele von Wuchsformen und Substraten von Algen



### Überzüge auf Stein (epilithisch)

- ▶ In Gebirgsgebirgsen bilden epilithische Algen-Flecken auf Steinen, die wie Tintenspritzer aussehen.



### Lager im Stein (endolithisch)

- ▶ Vor allem in Kalkgestein dringen endolithische Blaualgen ein.



### Polster oder Büschel auf verschiedenen Substraten

- ▶ Fädige Algen bilden oft Büschel oder Polster aus.



### Überzüge oder Matten auf Sand (epipsammisch) bzw. auf Schlamm (epipelisch)

- ▶ Solche Überzüge färben das Sediment oft blaugrün bis schwarz oder auch rötlich.



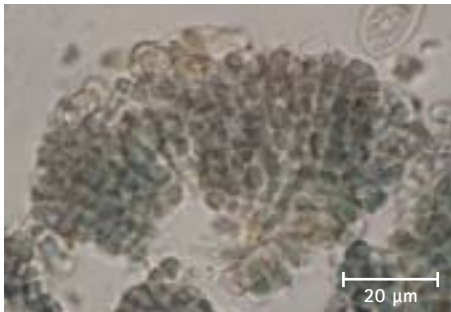
### Verschiedene Wuchsformen auf Holz (epixylisch)

- ▶ Totholz wird häufig von krustigen oder zarten, fädigen Algen bewachsen.

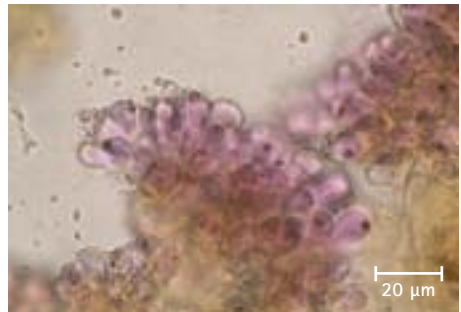


### Aufschwimmende Watten

- ▶ Einige fädige Arten schwimmen als schleimige Watten in ruhigen Gewässerbereichen auf.



Die Zellverbände von *Pleurocapsa minor* zeigen die charakteristische blaugrüne Färbung der Blaualgen.

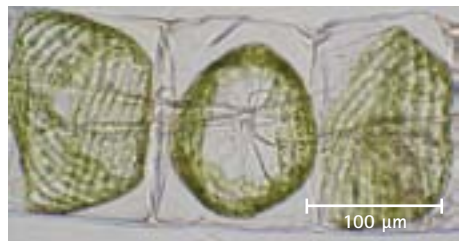


Bei *Chroococcopsis gigantea* dominieren oft rötliche Pigmente. Wie bei allen Prokaryoten sind keine abgegrenzten Strukturen innerhalb der Zellen erkennbar.

Membranen abgegrenzten Organellen besitzen. Man zählt sie deshalb zu den **Prokaryoten**. Wie der deutsche Name Blaualgen sagt, besitzen die Zellen meist eine blaugrüne Färbung, da das grüne Photosynthesepigment durch die begleitenden blauen oder roten Pigmente überlagert wird. Neben blaugrünen Färbungen der Zellen sind auch violette Farben möglich. Diese befähigen Blaualgen, ein breites Spektrum des Sonnenlichts für die Photosynthese zu nutzen und auch unter Schwachlichtbedingungen Photosynthese zu betreiben. Die Vermehrung geschieht ausschließlich ungeschlechtlich durch Zellteilung. Blaualgen sind morphologisch entweder coccal oder trichal organisiert. Trotz dieses verhältnismäßig einfachen Baus zeigen sie eine enorme Formenvielfalt und dominieren in vielen Fließgewässertypen vor allem hinsichtlich der Artenzahlen. Die Arten dieser sehr alten und erfolgreichen Gruppe kommen unter extremsten Bedingungen vor und sind sowohl bei sehr guter als auch bei schlechter Wasserqualität zu finden.

Alle anderen Organismen gehören zu den **Eukaryoten**, deren Zellen durch Membranen abgegrenzte Organellen besitzen, wie zum Beispiel einen Zellkern mit dem Erbmateriale oder aber einen Plastiden, der die Membransysteme mit

den Pigmenten der Photosynthese enthält (► untere Abbildung von *Spirogyra*). Die Entstehung der Eukaryoten wird durch die **Endosymbiontentheorie** erklärt. Demnach hat ein heterotropher Organismus eine Blaualgenzelle aufgenommen, sie aber nicht verdaut, sondern zu einem Plastiden umgewandelt. So entstand ein Organismus mit neuen Eigenschaften. Weitere Algenklassen wurden durch sekundäre und tertiäre Endosymbiosen geformt. Durch die im Laufe der Evolution mehrfach unabhängig voneinander vollzogene Entstehung unterschiedlicher Organismengruppen konnten Algen fast alle Bereiche unserer Biosphäre besiedeln, eine Fähigkeit, die sie unter anderem zu attraktiven Bioindikatoren macht.



In den hier deformierten, sehr großen eukaryotischen Zellen von *Spirogyra* sind der zentral im Zellplasma aufgehängte Zellkern und der spiralgewundene, grüne Plastid zu sehen.

## Algenklassen

Die Klassen der eukaryotischen Algen unterscheiden sich hinsichtlich einer Vielzahl von Merkmalen wie Körpergestalt oder auch Lebenszyklus. Die deutschen Namen der Klassen beziehen sich auf die Färbung der Zellen, die sich aus der Art und Zusammensetzung der Photosynthesepigmente ergeben. In der modernen Algenforschung werden inzwischen andere Merkmale oder auch Gattungsnamen zur Bezeichnung der Algenklassen herangezogen, sodass sich hier deutsche Namen nicht immer nennen lassen. Im Folgenden sollen für das PoD wichtige Gruppen vorgestellt werden.

Ähnlich wie die Blaualgen werden die Zellen und Organismen der **Rhodophyta (Rotalgen)** durch begleitende Pigmente rötlich oder auch bläulich bis schwarz gefärbt. Obwohl das Hauptverbreitungsgebiet der Rotalgen an den Meeresküsten liegt, sind in Fließgewässern einige Arten dieser Organismen mit verzweigten Fäden oder spezifisch gebauten, mehrzelligen, thallosen Vegetationskörpern sehr auffällig. Eine Besonderheit ist die komplizierte Art und Weise der geschlechtlichen Fortpflanzung bei einigen Gattungen, die im Verlauf des Lebenszyklus drei unterschiedlich gestalteten Generationen ausbilden.

### Fortpflanzungszyklus bei *Batrachospermum gelatinosum*



Die erste Generation bildet etwas erhabene unregelmäßige, weiche, rötliche Beläge oder kleine, dichte Büschelchen auf Stein.



Im mikroskopischen Bild zeigen diese eine Gliederung in kriechende und kurze, aufrechte Fäden. Verschiedene Rotalgengattungen besitzen solche Stadien.



Die daraus entstehende nächste Generation zeigt in diesem Fall eine Pflanze, die in eine zentrale Achse und wirtelig angeordneten Kurztriebe gegliedert ist (Pfeil).



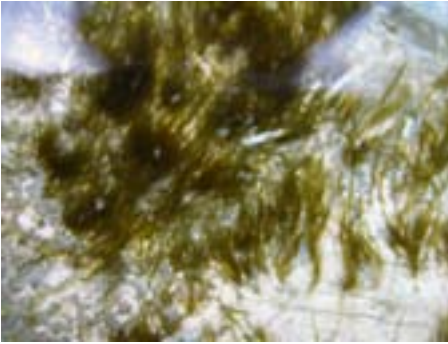
Diese Pflanzen können zu makroskopisch auffällige Beständen aus mehreren zentimeterlangen, oft sehr gallertigen Fäden heranwachsen.



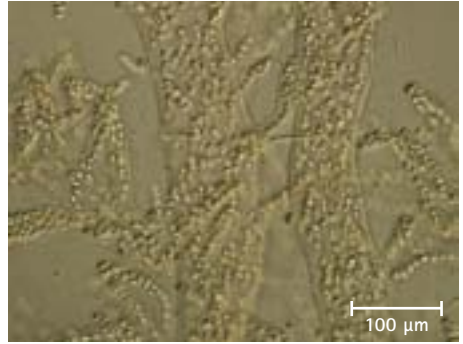
An diesen Fäden entwickeln sich ♀ Fortpflanzungsorgane mit einem schlauchartigen Empfängnisfortsatz, mit dem die kugeligen ♂ Fortpflanzungszellen eingefangen werden (Pfeil).



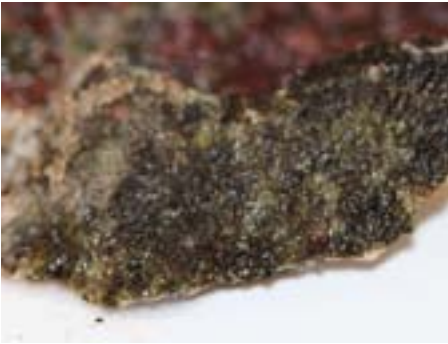
Nach Befruchtung entwickelt sich aus den befruchteten ♀ Fortpflanzungsorganen die dritte Generation, die als dunkel gefärbte Knäuel in den Wirteln auffällig sind (Pfeil). Erst die Sporen dieser Generation fallen ab und keimen an anderer Stelle wieder aus.



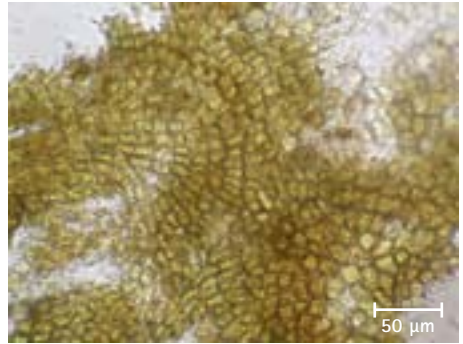
Goldbraun gefärbt sind die teils sehr langen, gallertigen Büschel der Goldalge *Hydrurus foetidus*, die in schnell fließenden, kühlen GebirgsGewässern zerfallende, stark fischig riechende Fäden ausbildet.



In den Fäden von *Hydrurus foetidus* sind kleine Flagellaten in eine gemeinsame Gallerte eingebettet.



Sehr unscheinbar ist die durch die Braunalge *Heribaudiella fluviatilis* hervorgerufene Färbung von Steinen.



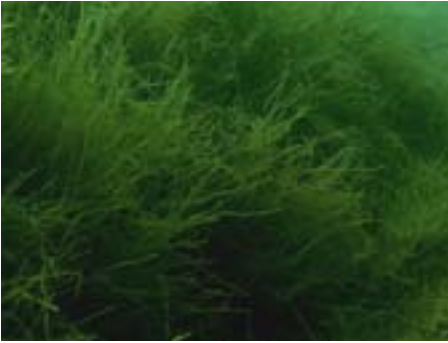
Erst im mikroskopischen Bild werden die fächerförmig ausstrahlenden braunen Fäden von *Heribaudiella fluviatilis* erkennbar.

Die Algen der aus mehreren Klassen bestehenden Abteilung der **Heterokontophyta** bilden in ihrem Lebenszyklus Flagellaten mit unterschiedlich gestalteten Geißeln. Die begleitenden Pigmente färben die Zellen dieser Algen häufig bräunlich. Dies wird durch die deutschen Namen der Klassen **Gold- (Chrysophyceae)** oder **Braunalgen (Phaeophyceae)** deutlich.

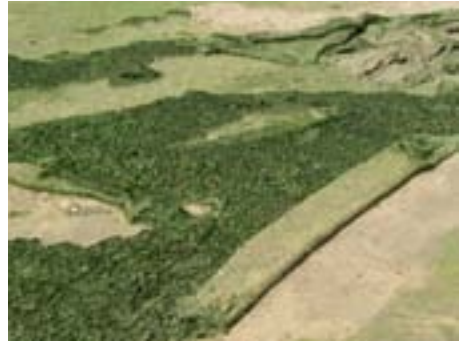
Braunalgen besitzen ihre größte Formenvielfalt in marinen Habitaten, wo sie mit bis zu meh-

ren Meter großen, blattartigen Thalli vor allem an den Felsenküsten ausgedehnte Bestände bilden. Nur einzelne, einfach gebaute Vertreter sind im Süßwasser zu finden. Diese sind so wenig auffällig, dass sie häufig übersehen werden.

Auf Grund des Fehlens eines begleitenden Pigments sind die Arten der **Xanthophyceae (Gelbgrüne Algen)** hell- bis gelbgrün gefärbt. Neben coccaler und trichaler Organisation sind siphonal organisierte Fäden der Gattung *Vaucheria* zu fin-



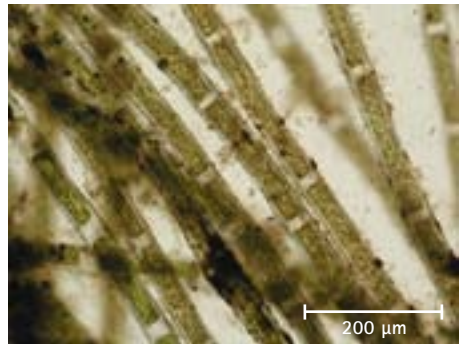
*Vaucheria* bildet unter Wasser große Polster aus.



An Flussufern und -mündungen bedeckt *Vaucheria* mit festen, teppichartigen Matten das sandige Substrat.



Meterlange, flutende Fadenbüschel der Ulvophyceae *Cladophora rivularis* kommen in sehr nährstoffreichen Gewässern vor.



Die Fäden von *Cladophora rivularis* sind größtenteils unverzweigt und besitzen große, lange zylindrische Zellen.

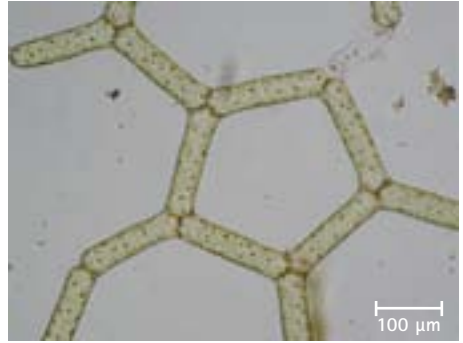
den. Diese Fäden durchwachsen schnell das Substrat und können ausgedehnte Bestände durch polsterförmiges oder mattenartiges Wachstum ausbilden.

Die größte Klasse dieser Abteilung sind die **Bacillariophyceae (Kieselalgen)**. Da sie für die Bioindikation eine ganz besondere Bedeutung hat, wird sie in einem eigenen Kapitel im Detail vorgestellt.

Alle anderen Algengruppen nutzen ausschließlich grüne Pigmente für die Photosynthese und sind daher grasgrün gefärbt. Zur Abteilung der **Chlorophyta (Grünalgen)** gehören mehrere Klassen, wie die nach der Gattung *Ulva* benannte Klasse der **Ulvophyceae**, deren Arten vor allem in marinen oder brackigen Gewässern vorkommen. Einige Gattungen sind aber auch im Süßwasser heimisch und bevorzugen dort vor allem alkalische, nährstoffreiche Gewässer, in denen sie häufig sehr große Bestände ausbilden.



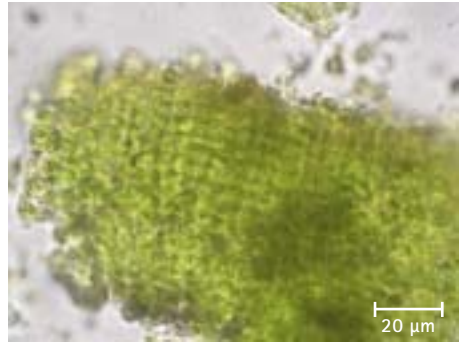
Das Wassernetz (*Hydrodictyon reticulatum*) kann in nährstoffreichen Gewässern Massenentwicklungen zeigen.



Die Zellen des Wassernetzes sind zu festen wabenartigen Zellverbänden zusammengefügt.



Die dunkelgrünen Pölsterchen von *Gongrosira fluminensis* bewachsen den ganzen Stein und sind vor allem in schnell fließenden, saprobiell mäßig belasteten meso- bis eutrophen Gewässern zu finden.



Bei *Gongrosira fluminensis* stehen auf einer Sohle aus kriechenden Fäden dicht gedrängt und parallel angeordnet aufrechte Fäden.

Die Klasse der **Chlorophyceae** ist dagegen vor allem im Süßwasser verbreitet. Für die Fließgewässerbewertung relevant ist das coccal organisierte Wassernetz *Hydrodictyon reticulatum*, das in stehenden oder langsam fließenden Gewässern zu finden ist.

Als Indikatoren besonders wichtig sind die trichal organisierten Gattungen der Chlorophyceae mit unverzweigten oder verzweigten Fäden. Manchmal werden mit einer dem Substrat angehefte-

ten Sohle und aufrechten Fäden unterschiedlich gestaltete Fadensysteme ausgebildet.

Die Flagellaten der **Euglenophyceae (Augenflagellaten)** entstammen einer Seitenlinie der Evolution und besitzen eine von den Grünalgen abweichende Zellorganisation und Ausstattung mit Reservestoffen. Ihren deutschen Namen hat die Klasse von dem auffällig rot-orange gefärbten Fleck am Vorderende der Zellen nahe den Geißeln. Er dient zur Beschattung einer licht-

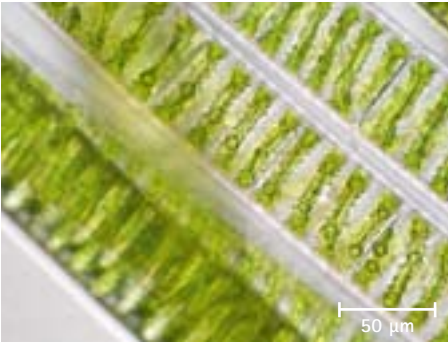




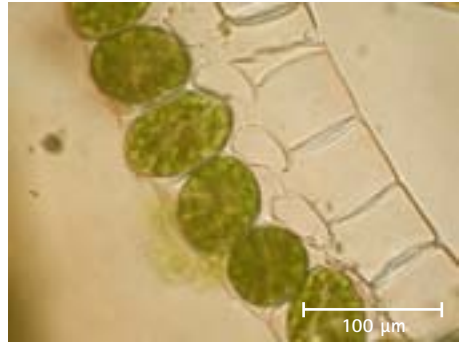
Bei Massentwicklungen färben Euglenophyceae das Substrat grün.



Augenflagellaten sind beweglich. Viele Arten können ihren Zellkörper durch Zusammenziehen und Strecken stark verändern.



Die Zellen der Jochalge *Spirogyra* besitzen spiralig gewundene Plastiden.



Bei der Fortpflanzung werden Zellbrücken zwischen den Fäden der Sexualpartner von *Spirogyra* ausgebildet, durch die die Fortpflanzungszellen wandern. Nach der Verschmelzung werden Überdauerungsstadien gebildet.

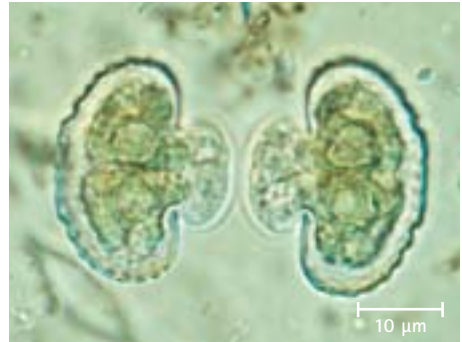
empfindlichen Membran, sodass die Zelle die Lichtrichtung wahrnehmen kann. In der Klasse gibt es viele farblose Vertreter, die sich durch Aufnahme organischer Stoffe ernähren (heterotroph). Euglenophyceen entwickeln sich besonders zahlreich in nährstoffreichen, verunreinigten Kleingewässern.

Einige früher den Grünalgen zugerechneten Algenklassen gehören zu einer eigenen Abstammungslinie, die zu den **Landpflanzen (Strepto-**

**phyta)** führt. Von diesen zeichnen sich die **Zygnematophyceae** durch eine besondere Form der Fortpflanzung aus, bei der unbegeißelte Fortpflanzungszellen miteinander verschmelzen (Konjugation) und anschließend eine Spore als Überdauerungsstadium bilden. Zu ihnen gehören die sich schleimig anfühlenden, unverzweigten Fäden der Jochalgen (Zygnemataceae), die eine große Vielfalt an Plastidenformen (schrauben-, platten- oder sternförmig) besitzen. Eine Artbestimmung dieser Organismen ist nur an-



Die Zellen der Zieralge *Cosmarium* mit zwei Zelhälften sind streng symmetrisch aufgebaut.



Bei der ungeschlechtlichen Teilung schnüren sich die Zellen der Zieralge *Cosmarium* in der Mitte durch, und jede Zelhälfte bildet eine neue Hälfte nach.

hand der Ausprägung der Konjugation möglich, die im Freiland jedoch selten beobachtet werden kann. Da diese Algen vor allem im Frühjahr und Herbst oft große Bestände in leicht sauren bis alkalischen Gewässern ausbilden, wird für Indikationsverfahren der Nachweis auf Gattungsniveau genutzt.

Die Zellen der sehr artenreichen Familien der coccalen Zieralgen (**Desmidiaceae** und **Closteriaceae**) besitzen einen streng symmetrischen Aufbau. Sie leben metaphytisch zwischen den im Süßwasser befindlichen Pflanzen. Die Kenntnis über die Autökologie dieser Arten ist sehr detailliert. Deshalb eignen sie sich gut für eine Indikation. Im Allgemeinen bevorzugen sie Standorte mit weichem, nährstoffarmem Wasser, allerdings können sich einige Arten auch in eutrophen Gewässern entwickeln.

Die thallose **Charophyceae (Arملهuchteralgen)** werden in den Indikationssystemen auf Grund ihrer Größe bei den Makrophyten mitbearbeitet.

### Funktionen der Algen des PoD

Die Organismen des PoD nehmen als Primärproduzenten die in das Gewässer eingeschwemmten Stoffe auf und akkumulieren sie in ihren Vegetationskörpern. So tragen sie wesentlich zum Abbau von organischen und trophischen Belastungen sowie von Schadstoffen bei. Für die Indikation und Bewertung der Gewässersituation steht mit einer großen Anzahl von Arten ein umfangreicher Pool von Organismen mit vielfältigen Indikationseigenschaften zur Verfügung. Da Organismen mit unterschiedlichen Generationszeiten vorhanden sind, können sie sowohl auf kurzzeitige als auch auf längerfristige Veränderungen reagieren. Weiterhin produzieren Algen durch die Photosynthese große Mengen an Sauerstoff und binden das klimaschädliche Kohlendioxid. Ihre Bedeutung hierbei wird meist unterschätzt, da ihre Biomasse im Vergleich mit denen der uns besser bekannten terrestrischen Ökosystemen nicht so stark ins Auge fällt. Die Organismen des PoD besiedeln eine große Vielfalt von Habitaten und bieten Raum sowie Schutz für weitere Lebensgemeinschaften. So

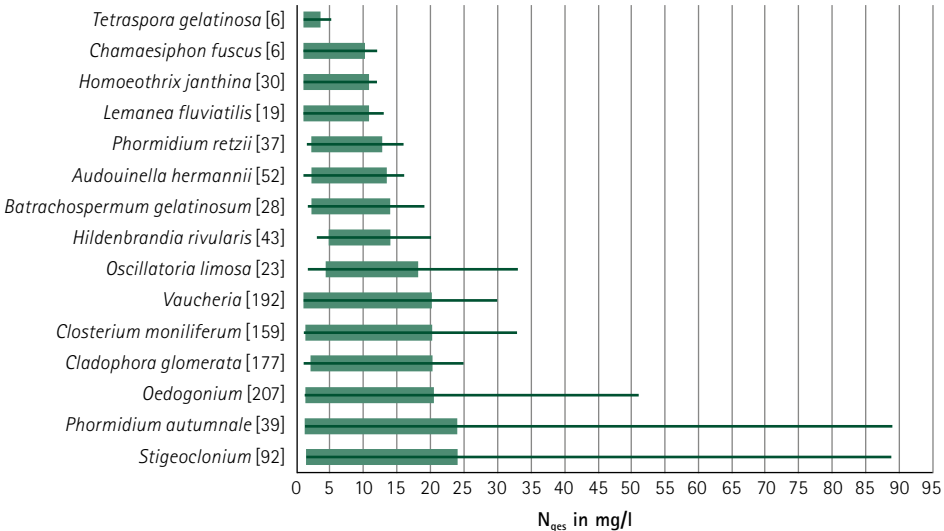
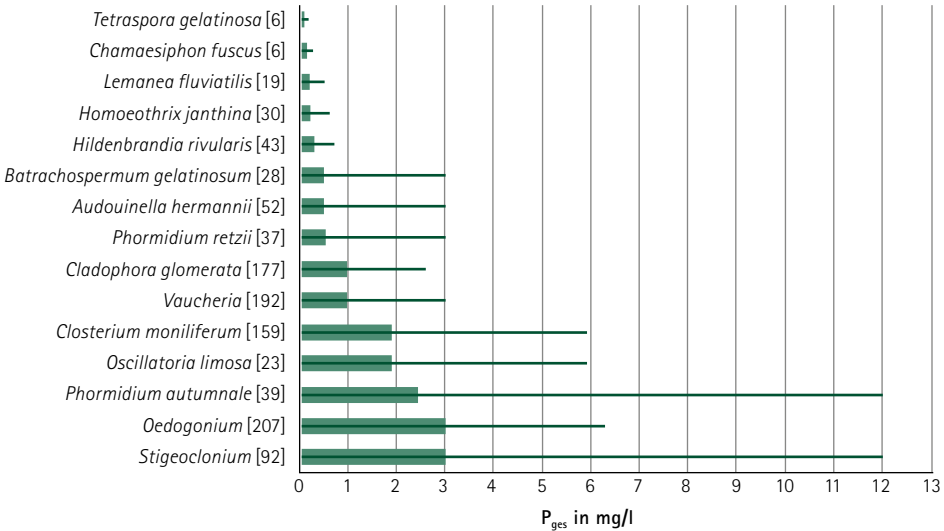
entwickeln sich zum Beispiel viele Jugendstadien planktischer Formen oder anderer Organismengruppen im Benthos. Besonders die auf Feinsediment wachsenden Arten stabilisieren die Gewässersohle und wirken so der Abtragung des Sediments entgegen. Diese positiven Eigenschaften von Algen werden leider häufig nicht wahrgenommen. Stattdessen werden die negativen Auswirkungen von Massenentwicklungen mit schädlichen, teils sogar toxischen Algenblüten in den Vordergrund gestellt. Solche Entwicklungen sind oftmals Folge menschlicher Eingriffe in die Ökosysteme, wie zum Beispiel organische Ver-

schmutzung, Überdüngung oder Änderungen des Abflussregimes der Gewässer. Auch der stoffliche Austausch der Gewässer mit der umliegenden Landschaft wird häufig unterschätzt. Beispielsweise führt die Erosion von Äckern im Einzugsgebiet eines Gewässers neben dem erhöhten Nährstoffeintrag zu Verstopfungen des Lückensystems der Gewässersohle, sodass Algen und andere Gewässerorganismen nicht überleben können. Generell gilt, dass Gewässer ohne eine vielfältige Algenflora ihre ökologischen Funktionen nicht erfüllen können.



Vielfältiger Algenbewuchs auf Steinen im Mortelbach

Vorkommen ausgewählter Arten des PoD in sächsischen Fließgewässern in Abhängigkeit von der Gesamtphosphor- und Gesamtstickstoff-Konzentration (Daten 2005 – 2009)



Die schmalen Balken zeigen die Spannen der Extremwerte und somit die Toleranzen der Taxa. Die dicken Balken zeigen die Spannen der Mittelwerte und damit die Präferenzen der Taxa. Hinter den Artnamen sind die für die Darstellung genutzten Anzahlen der Artnachweise angegeben.

## Algen des PoD und Umweltbedingungen

Cyanobakterien und Algen sind in fast allen Gewässern zu finden. Neben den geochemischen Bedingungen bestimmen das Substrat und die Strömungsverhältnisse ihr Vorkommen. Es gibt Gewässertypen, in denen die Algengesellschaften besonders vielfältig sind. Dazu gehören insbesondere die Gewässer des silikatisch geprägten Mittelgebirges, die in Sachsen besonders häufig sind. Weiterhin bestimmt das Vorhandensein von organischen Stoffen und Nährstoffen wie Phosphor und Stickstoffverbindungen das Vorkommen der Arten des PoD. Die hier ausgewählten Daten einiger in Sachsen vorkommender Taxa zeigen hinsichtlich der Nährstoffe eine recht feine Abstufung ihrer Toleranzen und Präferenzen (► Diagramme; S. 74). Eine sehr geringe Toleranz gegenüber erhöhten Nährstoffgehalten und eine Präferenz für Standorte mit geringer trophischer Belastung besitzen zum Beispiel *Tetraspora gelatinosa* oder *Chamaesiphon fuscus*. Deutlich größere Toleranzen und ein Vorkommen auch an Standorten höherer trophischer Belastung zeigt etwa *Cladophora glomerata*. Algen wie diese entwickeln in nährstoffreichen Gewässern häufig sogenannte »Algenblüten«, die Belastungen in den Gewässern deutlich sichtbar machen. Extreme Toleranzen und ein Vorkommen bei deutlich erhöhter Trophie weist zum Beispiel *Stigeoclonium* auf. Manchmal lassen sich mit den Algen des PoD auch zusätzliche Informationen etwa über einen erhöhten Salzgehalt oder gestörte Strömungsverhältnisse gewinnen.

## Gewässerbewertung mit den Algen des PoD

Im Unterschied zu den Kieselalgen wurden die Algen des PoD für die Gewässerbewertung in Deutschland bis zur Einführung der WRRL wenig genutzt. So definierten BACKHAUS (1968) und FRIEDRICH (1973) zwar Indikatorarten und Leitformen bzw. Lebensgemeinschaften für die Indikation saprobieller und teilweise auch trophischer Belastungen, diese fanden aber durch die stärkere Beachtung der heterotrophen Organismen für die saprobielle Indikation in der wasserwirtschaftlichen Praxis damals kaum Anwendung. Lediglich einige makroskopisch auffällige Aufwuchsalgen wurden zur Beurteilung vor allem eutropher Gewässer herangezogen (MAUCH 1998). Erst mit der Einstufung von Algen hinsichtlich ihrer Trophieindikation (SCHMEDTJE et al. 1998) wurden die Algengruppen des PoD stärker beachtet. Zur Umsetzung der WRRL wurde für die Wasserwirtschaft ein verbindliches Indikationssystem erstellt (SCHAUMBURG et al. 2005, 2006). Bereits früher wurde in Österreich ein Verfahren zur Beurteilung von Trophie, Saprobie und geochemischer Prägung (ROTT et al. 1997, 1999) erarbeitet, das auf umfangreichen Indikationslisten beruht. Einige Klassen des PoD (Desmidiaceae, Rhodophyta, Phaeophyta, Tribophyceae) werden als Indikatoren für die Gefährdung schützenswerter Habitate genutzt (BUNDESAMT FÜR NATURSCHUTZ 1996). Seit 2007 gibt es in den Niederlanden einen Index zur Berechnung der Gefährdung von Habitaten (COESEL & MEESTERS 2007).

## Untersuchung des PoD

### Probenahme

Der Erfolg der Bewertung eines Gewässers hängt wesentlich von der Sorgfalt der Probenahme ab, bei der die makroskopisch auffälligen Wuchsformen benthischer Algen in einem Abschnitt des Gewässers erfasst und in ihrer Abundanz geschätzt werden. Die Länge des Abschnitts richtet sich nach den Gegebenheiten an der Probestelle.

Kürzere Abschnitte (ca. 20 m) reichen meist für Bäche und kleinere Fließgewässer, die gut begehbar sind. Für größere Fließgewässer, die nur teilweise begehbar sind, müssen längere Abschnitte (ca. 50 m) gewählt werden. Dabei gilt es, die im Gewässer vorkommenden Habitate zu erfassen, die wiederum mit der strukturellen Vielfalt der Gewässer verbunden sind. Für die Erkennung der verschiedenen Wuchsformen und



Die Schwarze Pockau ist an der Probestelle sehr flach und lichtoffen. Als Substrat sind vor allem Steine vorhanden. Im Vordergrund des Bildes ist die Strömung ruhig und gleichmäßig. Im hinteren Bereich befinden sich größere Blöcke im Gewässer, sodass die Strömung stärker ist. Das Gewässer ist teilweise beschattet. So können Bereiche mit unterschiedlichen abiotischen Charakteristika erkannt werden.

Beläge auf der Gewässersohle in der Strömung ist die Verwendung eines Sichtkastens sinnvoll. Für die Beprobung interessanter Beläge in tieferen Bereichen kann eine Zange mit langem Griff vorteilhaft sein. Von jeder Wuchsform wird eine Probe entnommen, beschriftet und fixiert. Dies kann bei Hartsubstraten durch Tiefkühlung und bei Flüssigproben durch chemische Fixative (Lugol'sche Lösung oder Formol) geschehen. In

einem Feldprotokoll werden zu jeder Probe Informationen wie Wuchs- bzw. Lagerform, Farbe, Konsistenz, Geruch, Lage am Standort und der Deckungsgrad (in Prozent bezogen auf den gesamten Untersuchungsabschnitt) vermerkt. Die Deckungsgrade werden später Häufigkeitsstufen zugeordnet (► Kopfzeilen in der Beispieltabelle; S. 78).



Für die Probenahme sind ein Sichtkasten und eine Greifzange oft hilfreich.



Mitarbeiter der Staatlichen Betriebsgesellschaft für Umwelt und Landwirtschaft am Mikroskop

Schätzskala für die Abundanzen der Wuchsformen und Beläge im Freiland (roter Balken) und im Labor (grüner Balken)

Häufigkeit	Beschreibung	Makro	Mikro
5	massenhaft, mehr als 1/3 des Bachbettes bedeckend		
4	häufig, aber weniger als 1/3 des Bachbettes bedeckend		
3	makroskopisch selten, gerade noch erkennbar (Vermerk im Feldprotokoll: »Einzelfund« oder 5% Deckungsgrad) oder mikroskopisch massenhaft		
2	mikroskopisch häufig		
1	mikroskopisch selten		

Beispiel der Erstellung eines Gesamtbefundes aus 5 Unterproben für die Schwarze Pockau (September 2009)

Unterprobe		1	2	3	4	5	Gesamt
	Substrat	Stein	Stein	Stein	Stein	Moos	
	Beschreibung	Batrachospermum, hell blau-grün	hell-grüne, dünn zungenförmige Thalli; gallertig	Blau-algenlager, braun, genetzt	braune Flecken	Quetsch	
	Deckungsgrad (%)	<5	<1	>1	>1	>5	
	Häufigkeit PHYLIB	3	3	3	3	4	
Klasse	Taxon						
Nostocophyceae	<i>Chamaesiphon</i>					1	1
Nostocophyceae	<i>Chamaesiphon starmachii</i>					3	3
Nostocophyceae	<i>Cyanodermatium fluminense</i>					2	2
Nostocophyceae	<i>Homoeothrix janthina</i>					3	3
Nostocophyceae	<i>Phormidium aerugineo-coeruleum</i>					3	3
Nostocophyceae	<i>Phormidium »autumnale group«</i>				3		3
Nostocophyceae	<i>Pseudanabaena starmachii</i>	2					2
Florideophyceae	<i>Batrachospermum helminthosum</i>		3				3
Chlorophyceae	<i>Tetraspora gelatinosa</i>			3			3
Charophyceae	<i>Closterium diana</i> var. <i>minus</i>				2		2
Charophyceae	<i>Closterium moniliferum</i>					1	1
Charophyceae	<i>Closterium tumidum</i> var. <i>nylandicum</i>					1	1
Charophyceae	<i>Staurostrum</i>			1		1	1



### Mikroskopische Auswertung

Die detaillierte Analyse erfolgt im Labor am Binokular und am Mikroskop. Jede einzelne Probe wird präpariert, mehrere Präparate werden bei einer bis zu 1000-fachen Vergrößerung untersucht. Alle vorkommenden Arten sollten dabei so genau wie möglich bestimmt werden. Meist sind mehrere Algenarten in den Belägen nachweisbar, nur selten wird lediglich eine Art vorgefunden. Bei der mikroskopischen Analyse wird die Abundanz jeder Art geschätzt und in einem Mikroskopierprotokoll notiert. Für die Bestimmung der Algen des PoD liegt seit 2009 ein Feldführer und eine Bestimmungshilfe vor (GUTOWSKI & FOERSTER 2007, 2009). Für alle weiteren Arten muss auf die Spezialliteratur zurückgegriffen werden, die auf Grund der Vielzahl der vertretenen Algenklassen recht umfangreich ist.

Anschließend werden in einem **Gesamtbefund** die Daten der mikroskopischen Analysen mit den im Freiland festgestellten Deckungsgraden verschnitten. Im Ergebnis liegt dann eine Artenliste mit Schätzungen von Abundanzen der Taxa für die gesamte Probenstelle vor.

### Bewertung der ökologischen Qualität

Für die Bewertung der ökologischen Qualität erfolgt zunächst die Zuordnung des Gewässers zu einem für die Arten des PoD charakteristischen biozönotischen Fließgewässertyp, der eng mit den von der Bund/Länderarbeitsgemeinschaft Wasser (LAWA) definierten Gewässertypen verbunden ist (POTTGIESSER & SOMMERHÄUSER 2008). Innerhalb dieser Typen sind die indikativen Arten vier ► Bewertungskategorien zugeordnet, die vor allem die Toleranzen und Präferenzen der Arten hinsichtlich der geochemischen Prägung und der Trophie sowie der Saprobie berücksichtigen. Dabei werden stenöke und

tolerante Arten, die gute und schlechte Gewässerzustände anzeigen, in unterschiedlichen Kategorien zusammengefasst. Die Bewertung erfolgt anhand eines Indexes, der die Abundanzen der Indikatoren für die unterschiedlichen Bewertungskategorien im Verhältnis zur Gesamtabundanz berücksichtigt. Die Indexwerte werden schließlich den ökologischen Zustandsklassen zugeordnet. Ausführliche Informationen können der Handlungsanweisung in SCHAUMBURG et al. (2006) und den Berichten zur Entwicklung des Verfahrens (SCHAUMBURG et al. 2005) sowie dem Feldführer und der Bestimmungshilfe für benthische Algen ohne Diatomeen und Characeen (GUTOWSKI & FOERSTER 2007, 2009) entnommen werden. Für die Berechnung steht ein Datenverarbeitungstool zur Verfügung (BAYERISCHES LANDESAMT FÜR UMWELT [LfU] 2007, 2011).

#### ► Bewertungskategorien der indikativen Taxa des PoD

- A Sensible Arten, charakteristisch für bestimmte Fließgewässertypen
- B Weniger sensible Arten, Vorkommen nicht so eng begrenzt wie unter A
- C Typunspezifische Störungsanzeiger (Eutrophierung bzw. einen mäßigen bis unbefriedigenden Zustand anzeigend)
- D Typunspezifische Störungsanzeiger (sehr starke Eutrophierung bzw. einen unbefriedigenden bis schlechten Zustand anzeigend)





Artenbeschreibungen  
Phytobenthos ohne Diatomeen



Auf einem Stein wachsende Büschelchen von *Audouinella hermannii*

## *Audouinella hermannii* (Roth) Duby in de Candolle 1830

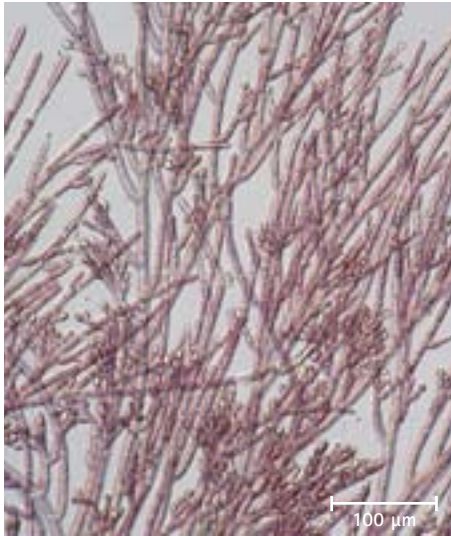
### Beschreibung

Die kleinen, dichten, wenige Zentimeter hohen Büschelchen der Rotalge *Audouinella hermannii* bilden einen weinroten oder violetten, rasenartigen, weichen Überzug auf Steinen. Die Büschelchen bestehen aus einreihigen, aufrechten, verzweigten Fäden. Jeder Faden besitzt eine Hauptachse mit mehreren, deutlich kürzeren Seitenzweigen. Die aufrechten Fäden entspringen einem kriechenden, am Substrat fest anliegenden Fadensystem. Die Zellen der Fäden sind zylindrisch geformt. An den Spitzen der Seitenzweige stehen in kleinen Gruppen kugelige Behälter, die einzelne Sporen enthalten. Charakteristisch für *A. hermannii* ist eine rötliche Pigmentierung der Zellen, während die Zellen der

morphologisch sehr ähnlichen Art *A. chalybea* blaugrün gefärbt sind. Eine solche Färbung zeigt auch *A. pygmaea*, die sich aber durch kürzere Zellen von *A. chalybea* unterscheidet.



Aus einem kriechenden Faden entspringende aufrechte Fäden



Aufrechte, verzweigte Fäden von *Audouinella hermannii*

### Verbreitung und Vorkommen

*Audouinella hermannii* ist mit größeren Abundanz in den silikatisch geprägten Mittelgebirgsbächen und -flüssen nachzuweisen. Sie kann aber auch in karbonatisch geprägten Gewässern vorkommen. Gerne bewächst sie Steine oder andere Pflanzen in schattigen Habitaten. Auf erhöhte saprobielle und trophische Belastungen reagiert sie relativ empfindlich (Stickstoff, Phosphor ► Kapitel PoD; S. 74).

### Weitere Arten

Auch die anderen Arten der Gattung *Audouinella*, *A. chalybea* und *A. pygmaea* kommen in den Gewässern der Gebirgsregionen bei unterschiedlicher geochemischer Prägung vor (PAUL & DOEGE 2010).

## Weitere Arten



Die Zellen von *A. pygmaea* sind kürzer als die von *A. chalybea*.



Blaugrüne Zellen von *Audouinella chalybea* mit elliptischen Sporen



Wirtelig gegliederter Thallus der Froschlaichalge *Batrachospermum gelatinosum*

## *Batrachospermum gelatinosum*

(Linnaeus) De Candolle 1801 emend. Vis et al. 1995

### Beschreibung

Die Thalli der Rotalge *Batrachospermum gelatinosum* können mehrere Zentimeter lang werden. Sie bestehen aus unregelmäßig verzweigten Fäden, die eine zentrale Achse und davon ausgehende, in regelmäßigen Abständen ausgebildete Wirtel von Seitenzweigen besitzen. Insgesamt ergibt sich ein perlschnurartiges Aussehen. Die Fäden sind von einer Gallerte umhüllt. In ihrem Erscheinungsbild ähnelt die Alge dem Froschlaich, der ihr auch ihren deutschen Namen verleiht (»Froschlaichalge«).

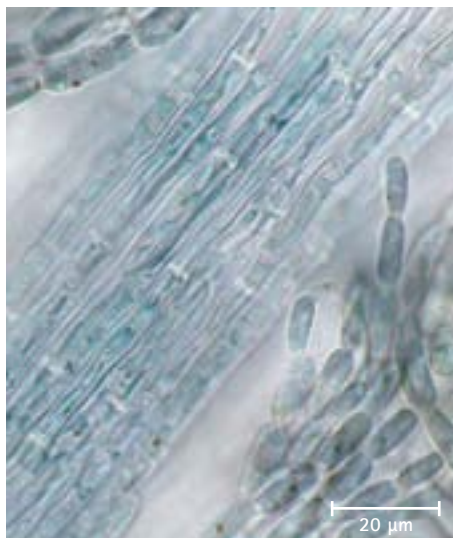
Die Arten der Gattung *Batrachospermum* besitzen einen dreiphasigen Lebenszyklus (► Abbildungen im Einführungsteil PoD; S. 67). Bei *B. gelatinosum* bildet sich die dritte Generation, die als dunkel gefärbte Knäuel in den Wirteln des Thallus auffällig ist, in einiger Entfernung von der Zentralachse. Die Rindenzellen der Achse sind zylindrisch und langgestreckt.

### Verbreitung und Vorkommen

Von den in Deutschland vorkommenden Arten der Gattung ist *Batrachospermum gelatinosum* die verbreitetste und gilt als die ökologisch toleranteste. Festgeheftet an Steinen und Holz ist



Thallus mit von Rindenzellen besetzter Zentralachse und wirtelförmig entspringenden Seitenzweigen



Die Rindenzellen an der Zentralachse sind meist zylindrisch und langgestreckt.



Stein mit Fäden eines braun-rötlich gefärbten *Batrachospermum gelatinosum*. Auch blaugraue bis olivgrüne Färbungen der Pflanzen sind möglich.

sie vor allem in klaren, kühlen, fließenden und stehenden Gewässern ganzjährig zu finden. Dort bevorzugt sie schattige Standorte oder größere Wassertiefen. Sie reagiert tendenziell empfindlich auf erhöhte saprobielle und trophische Belastungen (Stickstoff, Phosphor ► Kapitel PoD; S. 74). In Sachsen ist die seltene Art vor allem aus silikatisch geprägten Mittelgebirgsbächen und -flüssen bekannt. Sie kann aber durchaus auch in verschiedenen Fließgewässertypen des karbonatisch geprägten Tieflandes vorkommen (PAUL & DOEGE 2010).



Flecken von *Chamaesiphon fuscus* auf silikatischem Gestein

## *Chamaesiphon fuscus* (Rostafinski) Hansgirg 1888

### Beschreibung

Die Blaualge *Chamaesiphon fuscus* bildet dunkel rostbraune bis schwärzliche Flecken auf Steinen, die wie Tintenkleckse aussehen.

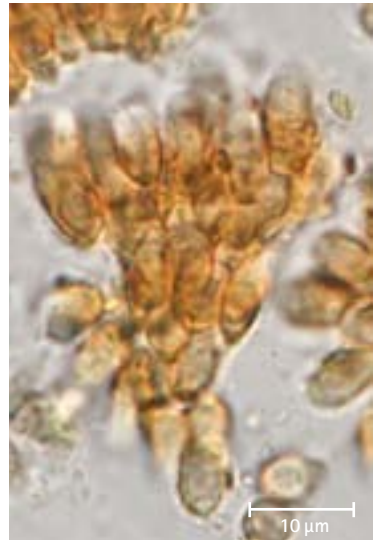
Unter dem Mikroskop wird im Präparat erkennbar, dass diese sehr flachen Flecken aus mehreren Schichten keulenförmiger Zellen bestehen, die zu strauchartigen Formationen vereinigt sind. Die Zellen sind an der Basis und am Vorderende unterschiedlich gebaut. Sie sind meist blass blaugrün bis grau gefärbt und sitzen in einer u-förmigen Scheide. Diese ist im Alter gelblich und bildet an der Basis oft charakteristische dunkle Zipfel, während sie am Vorderende oft zerfasert. Die Zellen geben zum Vorderende

hin Sporen ab, die aber im Zellverband verbleiben und so zum weiteren Wachstum des Lagers beitragen. Sehr ähnlich sind die Formationen von *Ch. starmachii*, bei der aber oft mehr Zellreihen aufeinander geschichtet und deren Zellen rosa oder rötlich-violett gefärbt sind. Auch die Form der Scheide unterscheidet sich.

### Verbreitung und Vorkommen

*Chamaesiphon fuscus* ist in den Fließgewässern der Gebirge Deutschlands ganzjährig zu finden. Als säureliebende Art ist sie charakteristisch für Weichwasserstandorte. Daher ist sie in Sachsen selten und nur in silikatisch geprägten Mittelgebirgsbächen und -flüssen zu finden. Dort kann sie teilweise größere Abundanzen ausbilden, wie



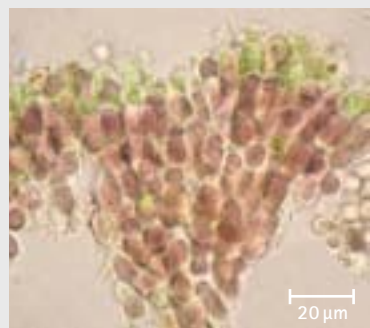


Heteropolare Zellen von *Chamaesiphon fuscus* in der Scheide, die an der Basis ein charakteristisches Zipfelchen ausbildet. Am Vorderende geben die Zellen Sporen nach außen hin ab.

Strauchförmige Formation der keulenförmigen Zellen von *Chamaesiphon fuscus*

zum Beispiel im Breitenbach oder im Johann-georgenstädter Schwarzwasser. Dagegen kommt *Ch. starmachii* in Gewässern unterschiedlicher geologischer Prägung vor. Sie teilt mit *Ch. fuscus* aber die Vorliebe für Gewässer mit geringer saprobieller und trophischer Belastung (Stickstoff, Phosphor ► Kapitel PoD; S. 74). Eine genaue Artbestimmung dieser im makroskopischen Erscheinungsbild sehr ähnlichen Arten ist daher für eine korrekte Indikation der geochemischen Prägung wichtig.

## Weitere Art



Formation der ähnlichen Art von *Chamaesiphon starmachii* aus rötlich-violett gefärbten Zellen



Auf Stein festsitzende Büschel von *Cladophora glomerata*

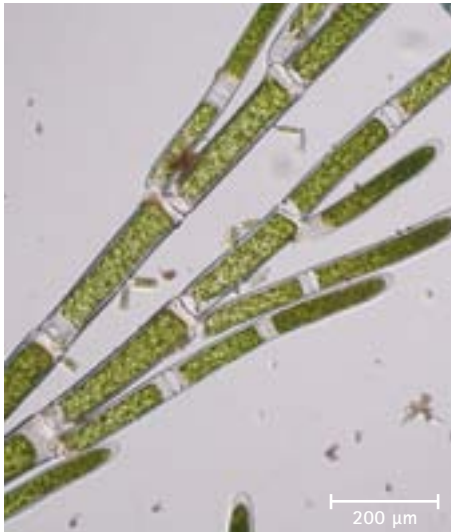
## *Cladophora glomerata* (Linnaeus) Kützing 1843

### Beschreibung

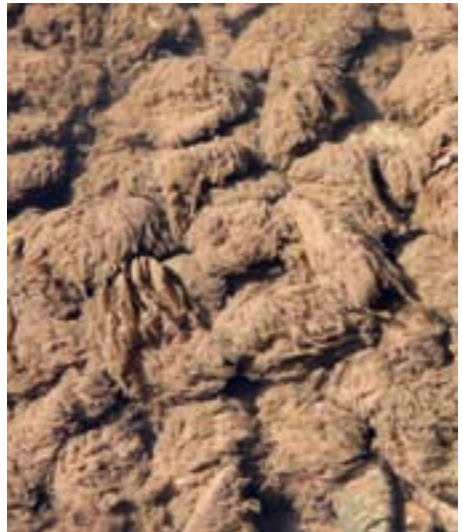
Die Grünalge *Cladophora glomerata* ist als hell- bis dunkelgrüne, sich rau anfühlende Büschel auffällig. Diese sind meist ca. 20 cm lang, können aber durchaus auch mehrere Meter Länge erreichen. Die Büschel bestehen aus einreihigen, vor allem im oberen Bereich reich verzweigten Fäden. Dabei variieren die Intensität sowie die Ausrichtung und der Winkel der Verzweigungen je nach Standortverhältnissen stark. Typisch ist eine gabelige Verzweigung einer Zelle in zwei gleiche Teile. Die Fäden sind mit wurzelähnlichen Organen (Rhizoiden) am Substrat befestigt. Die recht großen, meist lang zylindrischen Zellen sind je nach Lage im Faden unterschiedlich dick und besitzen einen netzförmigen Plastiden mit



Verzweigter Zellfaden von *Cladophora glomerata*



Verzweigung im oberen Bereich des Fadenthallus



Massenentwicklungen von *Cladophora glomerata* können das gesamte Bachbett auskleiden. Durch Aufwuchs von Diatomeen sind die Büschel graubraun gefärbt.

vielen Pyrenoiden (Orte der Bildung und Speicherung des Reservestoffs). Jede Zelle von *Cladophora* enthält mehrere Zellkerne (siphonocladal). Die Fäden sind häufig mit aufsitzenden Algen (*Epiphyten*) besiedelt.

### Verbreitung und Vorkommen

*Cladophora glomerata* ist häufig angeheftet auf Steinen in fließenden und stehenden Gewässern Deutschlands zu finden. Es handelt sich um eine sehr tolerante Art, die sowohl im Süßwasser als auch im Brackwasser und in saprobiell unbelasteten sowie auch belasteten Gewässern unter meso- bis eutrophen Verhältnissen vorkommen kann (Stickstoff, Phosphor ► Kapitel PoD; S. 74). Vor allem in kalkreichen, alkalischen Gewässern

bildet sie bei erhöhter trophischer Belastung und hohen Lichtintensitäten Massenentwicklungen aus, und die Fadenbüschel bedecken oft die gesamte Gewässersohle eines Fließgewässers. Da sie empfindlich auf Schwermetallbelastung reagiert, wird sie in Gewässern mit hohen Konzentrationen von Schwermetallen durch andere fädige Grünalgen (zum Beispiel *Stigeoclonium*) ersetzt. In Sachsen ist diese Art sehr häufig zu finden und kann in allen Fließgewässertypen bei sehr guter Nährstoffversorgung Massenentwicklungen ausbilden.



50 µm

Symmetrisch aufgebaute Zelle von *Closterium moniliferum* mit dem in der Zellmitte liegenden Zellkern und der charakteristischen reihenförmigen Anordnung der Pyrenoide auf den Chloroplasten der beiden Zellhälften

## *Closterium moniliferum*

(Bory) Ehrenberg ex Ralfs 1848

### Beschreibung

Die Einzelzellen der Zieralge *Closterium moniliferum* sind streng symmetrisch aufgebaut. Dazu gehört eine Teilung in zwei gleichartige Zellhälften. Die 200 – 350 µm langen und 35 – 55 µm breiten Zellen sind bogenförmig gekrümmt, wobei sich jede Zellhälfte von der recht breiten Mitte her zum Zellende (Apex) hin verjüngt. Eine Zellseite ist gleichmäßig stark gebogen (Zellrücken), während die andere im Mittelteil leicht angeschwollen ist (Zellbauch). Die Zellenden sind breit abgerundet. Jede Zellhälfte besitzt einen Chloroplasten, in dessen Achse mehrere runde Organellen, sogenannte Pyrenoide (Orte der Bildung und Speicherung des Reservestoffs), angeordnet sind. Nahe den Apizes befinden sich

Endvakuolen mit zahlreichen Kristallen. Mit ihrer Hilfe können die Zellen die Schwerkraft wahrnehmen und sich so im Raum orientieren. Durch Gallertausscheidungen am Apex sind die Zellen beweglich.

### Verbreitung und Vorkommen

*Closterium moniliferum* ist eine ökologisch sehr anpassungsfähige Art, die metaphytisch zwischen Makrophyten und anderen Algen vorkommt. Selbst größere Bestände sind daher selten makroskopisch auffällig. Die in Deutschland weit verbreitete und häufige Art ist in fast allen Gewässertypen zu finden. Die Spanne reicht von Mooren über Bäche, Flüsse und Seen bis hin zu Brackgewässern. Trotz der sehr großen Toleranz ist ihr



Breit abgerundeter Apex der Zelle. Der Chloroplast und die Kristalle enthaltende Endvakuole sind durch die Fixierung mit Jod-Kaliumjodid leicht verändert.

Vorkommen vor allem charakteristisch für neutrale bis schwach alkalische Niedrigungewässer, die eine deutliche organische und trophische Belastung aufweisen (Stickstoff, Phosphor ► Kapitel PoD; S. 74). Je nach Fließgewässertyp wird ihr Vorkommen in der Indikation daher entweder als Störzeiger oder aber auch als Bestandteil der Gewässerflora differenziert betrachtet. Auch in Sachsen ist sie in meist mikroskopischer Abundanz in allen Fließgewässertypen nachgewiesen.

Im Unterschied zu *C. moniliferum* sind viele andere Arten der Gattung *Closterium* in ihrem Vorkommen sehr eng mit den Umweltbedingungen verküpft. Trotz geringer Abundanz sind sie daher als Bioindikatoren gut geeignet.

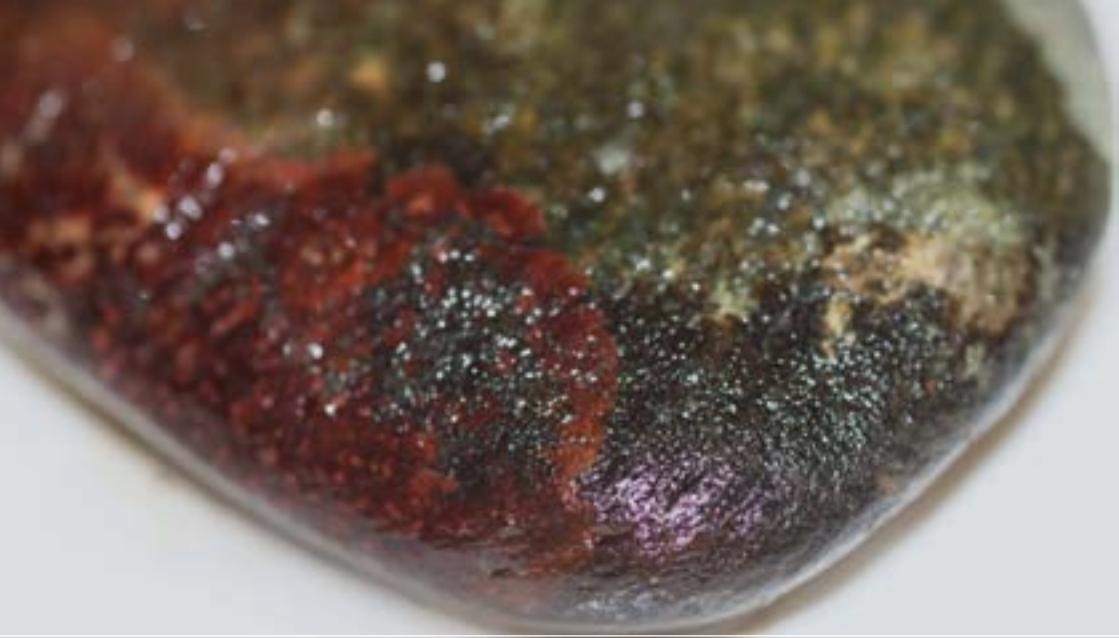
## Weitere Arten



In nährstoffreichen, alkalischen Gewässern kommt *Closterium leibleinii* var. *boergensenii* mit seinen spitzen Apizes vor.



Dagegen ist das bogenförmige, schmale *Closterium dianae* nur in sauren, nährstoffarmen Gewässern zu finden.



Leuchtend rote Kruste von *Hildenbrandia rivularis*, hier vergesellschaftet mit der Süßwasserbraunalge *Heribaudiella fluviatilis* (brauner Fleck)

## *Hildenbrandia rivularis*

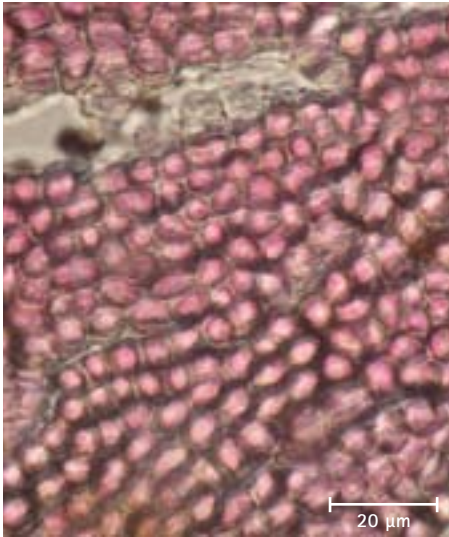
(Liebmann) J. Agardh 1851

### Beschreibung

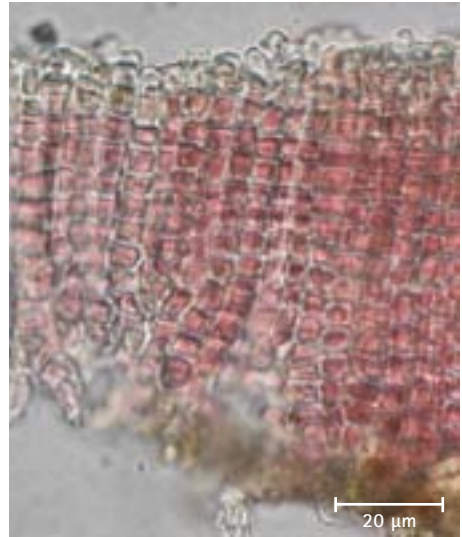
Die Rotalge *Hildenbrandia rivularis* ist im Gewässer als meist mehrere Zentimeter im Durchmesser große, leuchtend rote bis weinrote Flecken auf Steinen schon mit bloßem Auge auffällig. Diese Flecken werden von einer dünnen, glatten, weichen Kruste gebildet. Schnitte dieser Kruste zeigen im Mikroskop je nach Ansicht unterschiedliche Bilder. In der Aufsicht bilden die Zellen ein dichtes Pseudoparenchym. Im Querschnitt wird deutlich, dass die Kruste aus vertikalen, parallel angeordneten säulenartigen Zellreihen von 40–100 µm Höhe aufgebaut ist. Manchmal sind diese Reihen verzweigt oder miteinander verwachsen.



Wie Blutflecken wirken die roten Flecken von *H. rivularis* im Mühlenbach im Einzugsgebiet der Zwickauer Mulde.



In der Aufsicht sind die eng zusammengepressten, verwachsenen Zellen der Kruste zu erkennen.



Im Querschnitt wird die säulenartige Anordnung der Zellen der Kruste deutlich.

### Verbreitung und Vorkommen

In Fließgewässern Deutschlands ist *Hildenbrandia rivularis* weit verbreitet. Manchmal tritt sie zusammen mit der ebenfalls krustenförmigen Süßwasserbraunalge *Heribaudiella fluviatilis* auf. Auf Grund ihrer besonderen Pigmentausrüstung ist *H. rivularis* befähigt, auch an schattigen Standorten und in größeren Wassertiefen Photosynthese zu betreiben. Daher kann sie auch in tieferen Bereichen von Stillgewässern größere Bestände ausbilden. *H. rivularis* ist eine sehr tolerante Art, die das ganze Jahr über auftritt und in limnischen Gewässern unterschiedlicher geochemischer Prägung sowie saprobieller und trophischer Belastung zu finden ist (Stickstoff, Phosphor ► Kapitel PoD; S. 74). Tendenziell be-

vorzugt sie aber alkalische, saprobiell geringer belastete meso- bis eutrophe Gewässer. In den Gewässern unterschiedlicher geochemischer Prägung Sachsens wurde sie nicht sehr häufig nachgewiesen. Im Vergleich zum Vorkommen vor ca. 100 Jahren scheint sie aber heute mit einem größeren Anteil an der Rotalgenflora der Gewässer vertreten zu sein (PAUL & DOEGE 2010).



Büschelchen von *Homoeothrix janthina*, festgeheftet auf *Chamaesiphon*-Kolonien

## *Homoeothrix janthina* (Bornet et Flahault) Starmach 1959

### Beschreibung

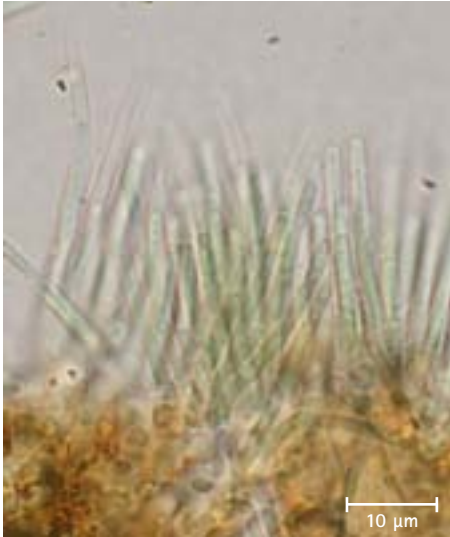
Die Blaualge *Homoeothrix janthina* bildet makroskopisch sichtbare Lager aus, jedoch ist sie selten allein anzutreffen. Häufig tritt sie gemeinsam mit *Chamaesiphon fuscus* oder *C. starmachii* auf und kann dann mit diesen zusammen Steine in Fließgewässern durch Flecken oder ausgedehnte Überzüge blaugrün bis bräunlich färben. *H. janthina* besteht aus Büschelchen von mit der Basis festsitzenden, aufrechten, mehr oder weniger parallel angeordneten Fäden. Dabei sitzt jeder Zellfaden in einer eng anliegenden, zarten Scheide. Die Fäden sind an der Basis 1–2,3  $\mu\text{m}$  breit und werden zur Spitze hin schmaler. Nur selten ist erkennbar, dass die Scheide in ein lan-

ges dünnes, durchsichtiges Haar ausläuft. Die Form der Zellen des Fadens ist eher quadratisch, manchmal auch länger als breit. Sehr ähnlich ist *H. varians*, bei der die Fäden etwas breiter (2–3,6  $\mu\text{m}$ ) und die Zellen typischerweise kurz und scheibenförmig sind. Eine Zuordnung kann nicht immer zweifelsfrei getroffen werden.

### Verbreitung und Vorkommen

*Homoeothrix janthina* ist in silikatisch gepägten Fließgewässern weit verbreitet. Sie kommt das ganze Jahr über vor, allerdings sind die Bestände vor allem im Winter gut entwickelt. Sie kann in saprobiell mäßig belasteten, mesotrophen Gewässern vorkommen, bevorzugt aber insgesamt

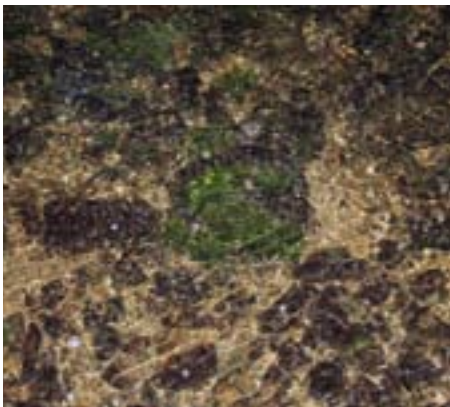




Jeder einzelne der parallel angeordneten Fäden wird von einer zarten Scheide umhüllt.



Oben ist die Basis des Filaments mit der sie umhüllenden Scheide zu sehen, unten das spitz zulaufende Ende des Filaments und die in ein Haar auslaufende Scheide.



Durch Beläge von *Homoeothrix janthina* und *Chamaesiphon starmachii* bräunlich gefärbte Steine in der Preßnitz

eher Gewässer geringer Saprobie und Trophie (Stickstoff, Phosphor ► Kapitel PoD; S. 74). In Sachsen wurde sie häufig und auch fast ausschließlich in silikatisch geprägten Bächen und Flüssen nachgewiesen. *H. varians* ist dagegen vor allem in karbonatreichen Gewässern zu finden und toleriert etwas höhere trophische und saprobielle Belastungen.



Büschel aus olivgrünen Fäden von *Lemanea fluviatilis* auf einem Stein in der Trieb

## *Lemanea fluviatilis* (Linnaeus) C. A. Agardh 1811

### Beschreibung

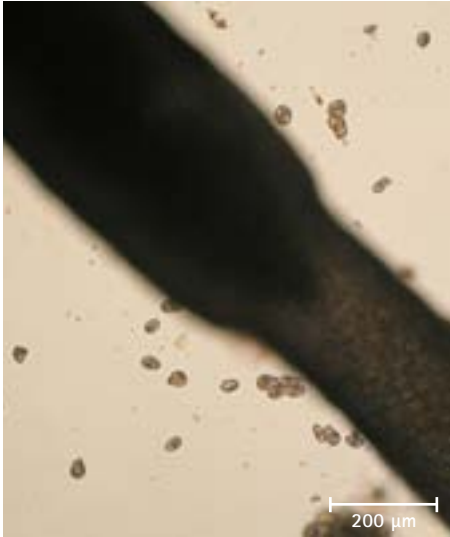
Die Rotalge *Lemanea fluviatilis* wächst als relativ dicker, borstiger, meist olivgrüner Faden in bis zu 30 cm langen Büschelchen. Auffällig ist das knorpelige Aussehen des einzelnen Fadens, der durch regelmäßig angeordnete Knoten und schmalere Zwischenabschnitte gegliedert ist. An der Basis verjüngt sich der Faden abrupt und bildet einen dünnen Stiel aus, mit dem die Pflanze am Substrat befestigt ist. Häufig sind die Fäden mit Epiphyten wie zum Beispiel *Audouinella* bewachsen.

Im Inneren des Fadens befindet sich eine zentrale Achse aus großen, langgestreckt zylindrischen Zellen, von der in regelmäßigen Abständen Wirteläste nach außen wachsen, die zum Ende hin eine

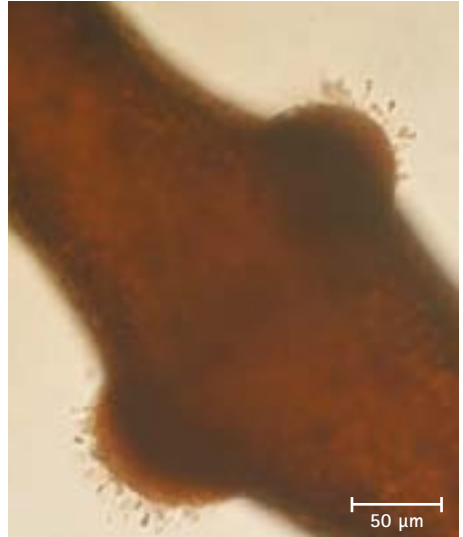
mehrschichtige Rinde mit deutlich kleineren Zellen bilden (Hohlthallus). *Lemanea* besitzt wie *Batrachospermum* einen dreiphasigen Lebenszyklus



Büschelchen der olivgrünen Fäden von *Lemanea fluviatilis*



Abrupte Verjüngung des Fadens nahe der Basis



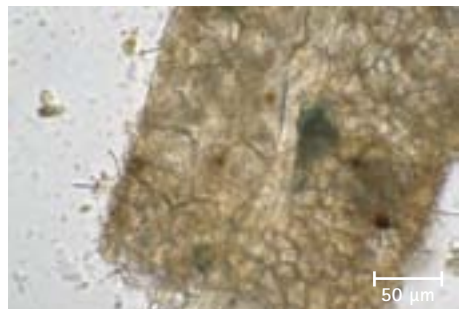
Knotenförmige Verdickung des Fadens

(► Abb. im Einführungsteil PoD; S. 67). Dabei entstehen die Fortpflanzungszellen und die dritte Generation an der Rinde im Inneren des Thallus.

trophierung und saprobiellen Belastung der Gewässer wird für Sachsen langfristig ein starker Rückgang der Bestände erwartet (PAUL & DOEGE 2010).

### Verbreitung und Vorkommen

In schnell fließenden, kühlen Fließgewässern Deutschlands ist *Lemanea fluviatilis* recht verbreitet und vor allem an den Abrisskanten von Steinen das ganze Jahr über zu finden. Sie bevorzugt kalkarme Gewässer und ist an Standorte mit geringer organischer Belastung und geringen Nährstoffgehalten gebunden (Stickstoff, Phosphor ► Kapitel PoD; S. 74). In Sachsen wurde sie in den Jahren 2006 bis 2010, jedoch nicht häufig, in den silikatisch geprägten Gewässern nachgewiesen. Auf Grund der zunehmenden Wasserkraftnutzung, Eu-



Röhrenförmiger Aufbau des Fadens mit zentraler Achse aus langen, zylindrischen Zellen im Inneren und sie mantelartig umgebenden Rindenzellen



Lange grüne Fäden von *Oedogonium*

# *Oedogonium*

Link 1820

## Beschreibung

Grünalgen der Gattung *Oedogonium* sind oft makroskopisch auffällig als dunkelgrüne raue Fäden. Bei Massenentwicklungen werden Matten gebildet, die an der Wasseroberfläche aufschwimmen. Die einreihigen Fäden sind unverzweigt und mit einer Haftscheibe am Substrat befestigt. Die Zellen sind meist zylindrisch und oft zum Vorderende hin angeschwollen. Jede Zelle besitzt einen wandständigen, netzförmigen Chloroplasten mit zahlreichen Pyrenoiden (Orte der Bildung und Speicherung des Reservestoffs). Manchmal ist eine Endzelle zu sehen, die in einem kurzen Stachel ausläuft. Die Zellen von *Oedogonium* teilen sich asymmetrisch und bilden dabei sogenannte Ringkappen aus. Eine Bestimmung der Arten ist



Im Vordergrund ein grüner, unverzweigter, einreihiger Zellfaden von *Oedogonium*

nur möglich, wenn man die ♀ und ♂ Fortpflanzungsorgane an den Fäden erkennen kann. Leider ist dies selten der Fall, sodass in dem für Deutschland entwickelten Bewertungsverfahren bisher Gattungsnachweise ausreichen müssen.



Mittels einer Haftscheibe sind die Fäden am Substrat befestigt. Die Endzelle läuft in einer Haube mit kurzem Stachel aus.



Stapel von mehreren Ringkappen, entstanden durch mehrere aufeinanderfolgende asymmetrische Zellteilungen

### Verbreitung und Vorkommen

*Oedogonium* ist eine tolerante Gattung, die vor allem kleinere, stehende Gewässer bevorzugt. Sie ist aber mit einigen Arten auch häufig in fließenden Gewässern zu finden. Sie lebt vor allem epiphytisch und besiedelt submerse Makrophyten und andere Fadenalgen. *Oedogonium* zeigt eine für Gattungen typische breite Spanne des Vorkommens. So kann sie in leicht sauren bis stark alkalischen, in saprobiell un- bis mäßig belasteten und in oligo- bis polytrophen Gewässern nachgewiesen werden (Stickstoff, Phosphor ► Kapitel PoD; S. 74). Dies spräche eigentlich gegen eine Verwendung dieser Gattung als Indikator. Die bisherigen Ergebnisse zeigen aber, dass ein erhöhtes Vorkommen dieses verbreiteten und häufigen Ta-



Eine Reihe von stark angeschwellenen ♀ Fortpflanzungsorganen im Faden

xons auch eine erhöhte Trophie anzeigt. Daher gilt ein Auftreten dieser Gattung inzwischen als Störzeiger. Fäden der Gattung *Oedogonium* sind in Sachsen vor allem in Bächen sehr häufig und teils mit großer Abundanz zu finden.



Blaugrün gefärbte, gerade Fäden von *Oscillatoria limosa*

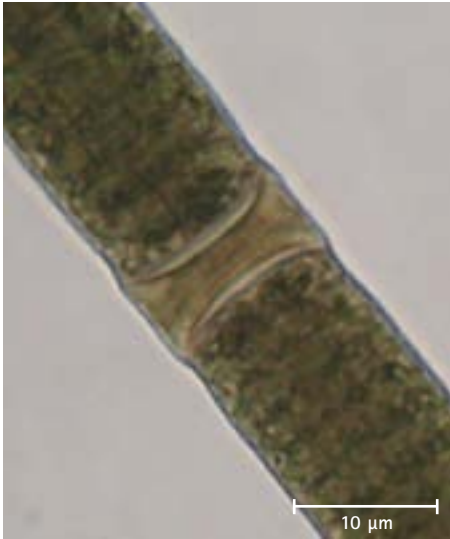
## *Oscillatoria limosa*

Agardh ex Gomont 1892

### Beschreibung

Größere Bestände von Fäden der Blaualge *Oscillatoria limosa* sind manchmal als schwarz-blaue, blaugrüne oder olivgrüne Matten auf Sand oder Schlamm im Gewässer auffällig. Solche Matten entstehen durch Zusammenlagerung der beweglichen Fäden durch Gleiten und Schwingen (Oszillieren). So können sich diese auf und im Sediment je nach Licht- und Strömungsbedingungen optimal ausrichten. Oft kommen die Fäden aber auch einzeln zwischen anderen Algen vor.

Diese Algen sind durch unterschiedliche Anteile der Pigmente verschieden gefärbt. Leuchtend bis dunkel blaugrüne, braune, braun-violette oder olivgrüne Farben sind möglich. Die langen, 10–20 µm breiten Fäden sind meist sehr gerade und zum Ende hin nicht verjüngt. Die Endzelle eines Fadens ist flach abgerundet und besitzt eine verdickte Membran. Charakteristisches Merkmal aller *Oscillatoria*-Arten ist, dass die Zellen scheibenförmig aneinandergereiht und damit deutlich kürzer als breit sind. Eine Vermehrung findet häufig durch Absterben einzelner Zellen innerhalb des Fadens und anschließende Freisetzung der Fadenstücke statt.



Endzellen der Fäden von *Oscillatoria limosa* mit charakteristischer Membran der Endzelle



Schwarzbraune Matten von *Oscillatoria limosa* im Schanzenbach. Ähnliche Matten entwickelten sich in der Alten Mulde Roitzschjora, im Ottendorfer Saubach, der Elbe und der Kleinen Röder.

### Verbreitung und Vorkommen

*Oscillatoria limosa* kommt in vielen stehenden oder langsam fließenden Gewässern unterschiedlicher geochemischer Prägung vor. Sogar im Brackwasser ist sie zu finden. Trotz großer Toleranz ist sie aber in saprobiell stärker belasteten, eu- bis polytrophen Gewässern auffällig. In den Gewässern Sachsens wurde sie selten, vor allem in Bächen und kleinen Flüssen, nachgewiesen.

Auch die bisher weniger bekannte *Oscillatoria tenuis* ist ein Zeiger für erhöhte saprobielle und trophische Belastungen (Stickstoff, Phosphor ► Kapitel PoD; S. 74).

### Weitere Art



Die Zellen der schmalen Fäden von *Oscillatoria tenuis* besitzen Granula und eine abgerundete Endzelle.



Zum Ende hin sich allmählich deutlich verjüngende Fäden von *Phormidium autumnale* mit charakteristischer Endzelle

## *Phormidium autumnale*

C.A. Agardh ex Gomont 1892

### Beschreibung

*Phormidium autumnale* bildet durch Zusammenlagerung der beweglichen, 4–7 µm breiten Fäden oft ausgedehnte, meist schwarzblaugrüne oder olivgrüne Lager, die sich ledrig oder samtig anfühlen. Unter dem Mikroskop erscheinen die einzelnen Fäden blaugrün oder schmutzig grün gefärbt und zum Ende hin oft gebogen. Zum Ende hin verjüngen sich die Fäden allmählich. Die einzelnen Zellen der Fäden sind eher quadratisch oder rechteckig. Charakteristisch ist die oft etwas verlängerte, auffallend kopfig gestaltete Endzelle der Fäden, die teilweise eine runde oder schwach kegelige Haube (Kalyptra) trägt.

Manchmal sind zarte Hüllen um die Fäden erkennbar (Scheiden). Es gibt einige sehr ähnliche Arten, die teilweise nur anhand von Informationen zum Standort differenziert werden können. Morphologisch sehr ähnlich gestaltet, aber mit rötlichen Fäden ausgestattet ist *P. setchellianum*.

### Verbreitung und Vorkommen

*Phormidium autumnale* kommt in Fließgewässern auf Steinen, Sand, Schlamm oder Holz vor und ist häufiger zu finden. Nach neueren Untersuchungen ist sie eine sehr tolerante Art, die Gewässer unterschiedlicher geochemischer Prä-





Schwarzblaugrünes Lager von *Phormidium autumnale* auf einem Stein in der Großen Mittweida



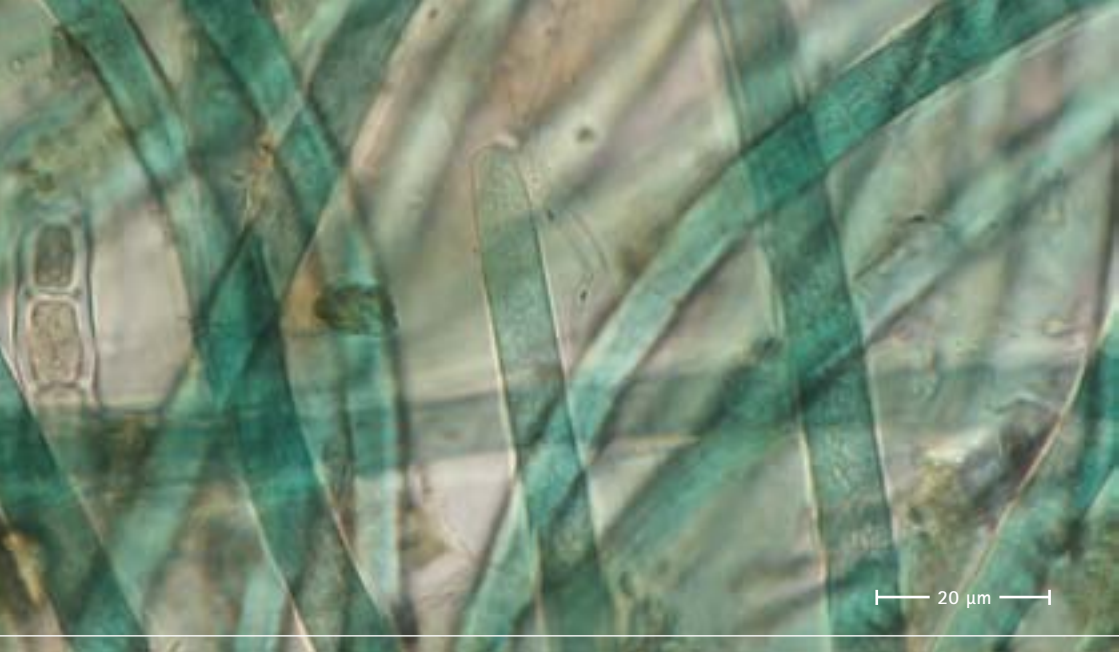
Kopfige Endzelle eines Fadens mit kegelförmiger Kalyptra

gung bei erhöhten Werten der Leitfähigkeit bevorzugt und unter saprobiell gering belasteten, meso- bis eutrophen Bedingungen wächst (Stickstoff, Phosphor ► Kapitel PoD; S. 74). In Sachsen wurde sie in sehr unterschiedlichen Fließgewässertypen nachgewiesen. Größere Vorkommen gab es im Prießnitzbach, der Flöha, dem Jüdenlohbach, dem Kemnitzbach, dem Probsthainer Bach, der Roten Pockau, dem Sosabach und der Zwickauer Mulde. Das rötliche *P. setchellianum* kommt vermutlich stärker in silikatischen geprägten Fließgewässern unter geringen saprobiellen Belastungen und oligo- bis mesotrophen Bedingungen vor.

## Weitere Art



Rötliche Fäden von *Phormidium setchellianum*



Leuchtend blaugrün gefärbte, gerade Fäden von *Phormidium retzii*

## *Phormidium retzii*

(Agardh) Gomont ex Gomont 1892

### Beschreibung

Die fädige Blaualge *Phormidium retzii* bildet kompakte, dunkel blaugüne bis schwärzlich stahlblaue Lager, deren Form und Ausprägung abhängig von den Strömungsgeschwindigkeiten im Gewässer variieren. So entstehen sowohl dünne, hautartige Lager als auch dicke Matten oder Kissen. Die langen, 4,5–12 µm breiten Fäden sind leuchtend bis dunkel blaugrün gefärbt. Sie sitzen in dünnen, manchmal zerfließenden Scheiden. Die einzelnen Zellen des Fadens sind fast quadratisch. Charakteristisch ist die etwas verlängerte Endzelle des Fadens, die in auffälliger Art und Weise abgestutzt ist. Solch eine charakteristische Endzelle ist aber nicht immer im Material zu finden.



Dunkel blaugrünes Lager von *Phormidium retzii* im Loßbach



Aus dem Wasser gehobenes schwärzlich stahlblaues Lager



Charakteristisch abgestutzte Endzellen eines Fadens von *Phormidium retzii*

### Verbreitung und Vorkommen

*Phormidium retzii* ist auf Steinen, Sand oder Pflanzen in vielen stehenden oder fließenden Gewässern unterschiedlicher geochemischer Prägung zu finden. Die Angaben in der älteren Literatur zum Vorkommen dieser Art sind sehr widersprüchlich, da sie in der Bestimmungsliteratur nicht eindeutig beschrieben war. Man sah sie daher als Sammelart verschiedener Arten mit einer sehr weiten ökologischen Spanne an. Seit 2005 liegt nun ein neues Bestimmungsbuch vor, dass das Vorkommen dieser Art als charakteristisch für kalt-stenotherme, fließende oder flache stehende Gewässer der nördlichen Regionen Mitteleuropas und der Gebirge betont. Nach neueren Daten wurde die tolerante Art eher in

saprobial gering bis mäßig belasteten, oligo- bis mesotraphenten Gewässern gefunden (Stickstoff, Phosphor ► Kapitel PoD; S. 74). In Sachsen wurde in den letzten Jahren *P. retzii* nicht allzu häufig nachgewiesen. War sie aber im Gewässer vorhanden, so bildete sie meist auch makroskopisch erkennbare Bestände aus. Bei 11% aller Nachweise bedeckten die Fäden sogar größere Bereiche der Gewässersohle.



Hellgrüne zarte Büschelchen von *Stigeoclonium*, angeheftet auf einen Stein

# *Stigeoclonium*

Kützing 1843

## Beschreibung

Die Pflanzen der Grünalgen-gattung *Stigeoclonium* bilden kleine, leuchtend hell- bis dunkelgrüne, weiche Büschelchen aus, die dem Substrat anhaften. Größere Bestände sind als schlüpfrige rasenartige Beläge makroskopisch auffällig. Die Büschelchen aus aufrechten Fäden entspringen einer Sohle aus zahlreichen kriechenden Fäden. Die aufrechten Fäden sind vielfach verzweigt, einreihig und werden aus zylindrischen Zellen gebildet. Sie können aber bei Zoosporenbildung in kurzen Abschnitten auch mehrreihig werden. Dabei schwellen die Zellen an. Die Endzellen der Fäden sind zugespitzt und können manchmal in zarte Haare auslaufen. Eine Artbestimmung innerhalb der Gattung erfolgt unter Berücksichti-

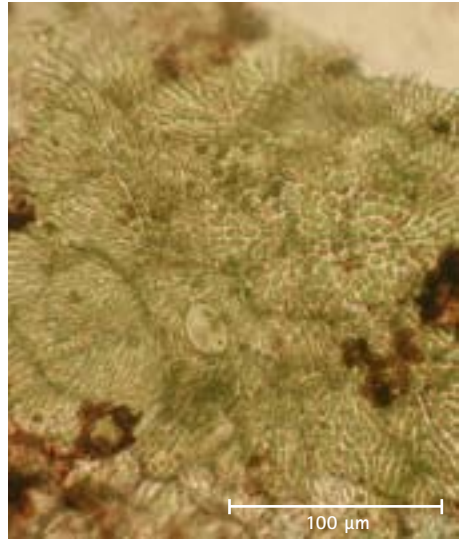


Mehrreihiger Abschnitt im Faden mit angeschwollenen Zellen

gung der Ausbildung der Sohle. Da diese aber im Freiland selten zu finden ist, reicht in dem für Deutschland entwickelten Bewertungsverfahren ein Gattungsnachweis aus.



Aufrechte, reich verzweigte Fäden von *Stigeoclonium*



Scheibenförmige Sohle von *Stigeoclonium farctum*

### Verbreitung und Vorkommen

*Stigeoclonium* kommt angeheftet an Steinen, Holz oder anderen Pflanzen in schnell fließenden Gewässern unterschiedlicher geochemischer Prägung vor. Im Frühjahr und Sommer ist die ganzjährig vorkommende Gattung besonders gut entwickelt. Dabei bevorzugt sie bei großer Toleranz Gewässer mit deutlich erhöhter trophischer und saprobieller Belastung (Stickstoff, Phosphor ► Kapitel PoD; S. 74). Sie dominiert den Bewuchs in Gewässern, in denen eine Schwermetallbelastung und eine erhöhte organische Belastung zusammenwirken (JOHN et al. 2002). In Sachsen ist die Gattung in allen Fließgewässertypen zu finden und mit knapp 200 Nachweisen häufig. Allein bei 28 Probenahmen waren die Bestände auffällig



Aus Zellen der Sohle auswachsende aufrechte Fäden

groß. Im Heinersdorfer Bach, der Lausur sowie in der Vereinigten Mulde und der Zwickauer Mulde bedeckten die Fäden an den Probestellen allein mehr als ein Drittel des gesamten Bachbetts.



An Stein angeheftete hellgrüne Gallertblase von *Tetraspora gelatinosa*

## *Tetraspora gelatinosa*

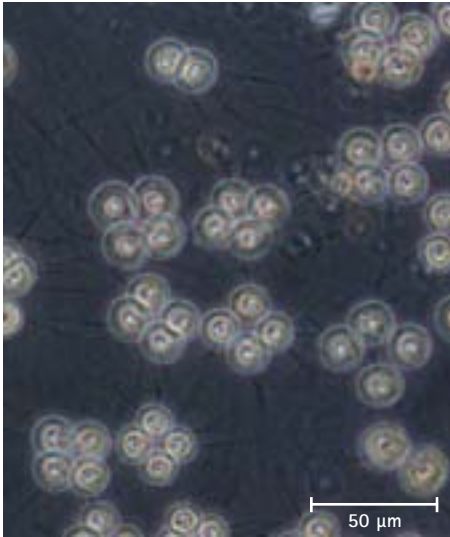
(Vaucher) Desveaux 1818

### Beschreibung

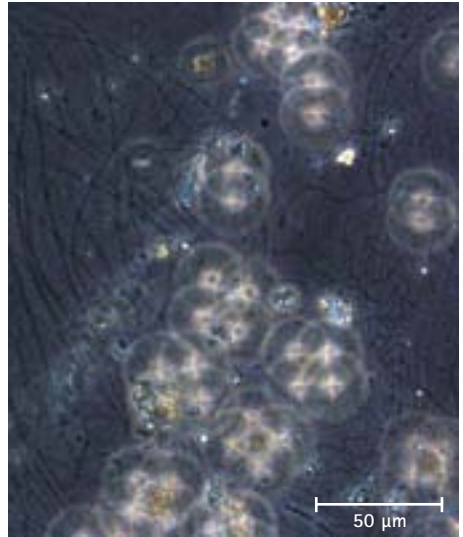
Die Grünalge *Tetraspora gelatinosa* ist makroskopisch auffällig als hellgrüne, sackförmige, gallertige Blase von mehreren Zentimetern Größe. In der Gallerte befinden sich zahlreiche Zellen, die im typischen Fall zu Zweier- oder Vierergruppen angeordnet sind. Der Gattungsname verweist auf die tetrasporale Organisation der Alge (► Organisationsformen im Einführungsteil PoD; S. 62). Lange, unbewegliche Geißeln stecken in der Gallerte fest oder ragen auch aus ihr heraus. Jede einzelne Zelle ist ansonsten ähnlich wie eine monadale *Chlamydomonas*-Zelle aufgebaut mit einem topfförmigen Chloroplasten, in dem nach Färbung mit Jodkaliumjodid der Ort der Bildung und Lagerung des Reservestoffs



Anders als bei *Tetraspora gelatinosa* sind bei *Chlamydomonas*-Zellen zwei bewegliche Geißeln erkennbar. Durch Färbung mit Jodkaliumjodid ist das Pyrenoid im Chloroplasten gut erkennbar.



Zu Vierergruppen angeordnete Zellen von *Tetraspora gelatinosa*. Durch den Einsatz eines optischen Kontrastierungsverfahrens (Phasenkontrast) werden die Gallertgeißeln sichtbar.



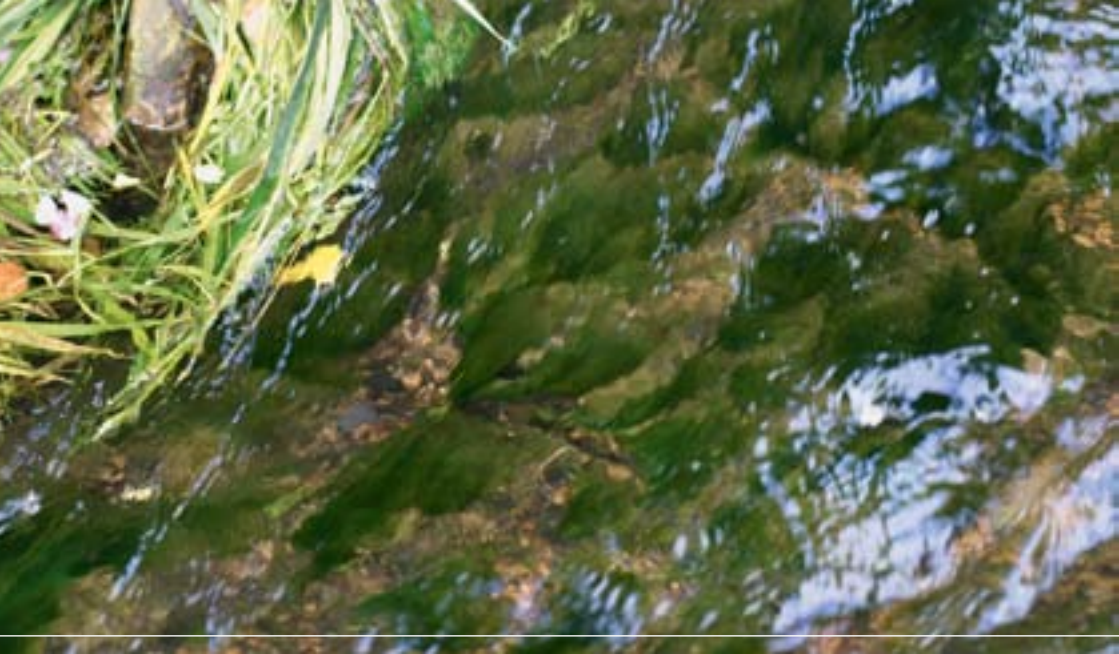
Am Rand des Vegetationskörpers von *Tetraspora gelatinosa* sind die Gallertgeißeln der Zellen besonders gut erkennbar (Phasenkontrast).

(Pyrenoid) als dunkler Fleck deutlich wird. Die Bestimmung dieser Art ist oft schwierig, da die empfindlichen Kolonien häufig nicht typisch ausgebildet sind und auch Arten anderer Gattungen ähnliche Gallertkolonien bilden können.

### Verbreitung und Vorkommen

*Tetraspora gelatinosa* lebt meist angeheftet auf verschiedenen Substraten in stehenden und langsam fließenden Gewässern. Da sie kühlere Wassertemperaturen bevorzugt, ist sie vor allem im Frühjahr und an schattigen Standorten zu finden. Eine Vorliebe für Gewässer einer bestimmten geochemischen Prägung zeigt sie nicht. Sie ist an saprobiell unbelastete bzw. nur gering belastete Gewässer mit niedrigen Nähr-

stoffgehalten gebunden (Stickstoff, Phosphor ► Kapitel PoD; S. 74). In Sachsen ist sie wie auch in den übrigen Bundesländern Deutschlands selten. Die wenigen Nachweise stammen in Sachsen fast alle aus silikatisch geprägten Mittelgebirgsbächen.



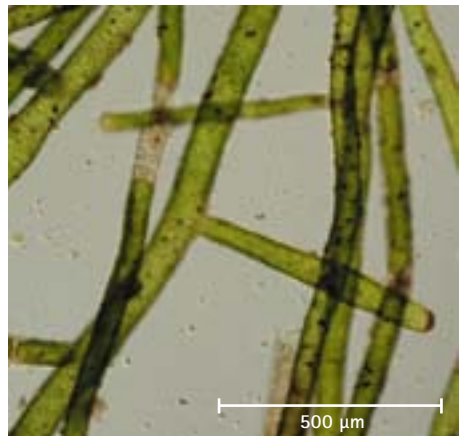
*Vaucheria*-Polster bedecken das Bett des Elsbachs.

# *Vaucheria*

De Candolle 1805

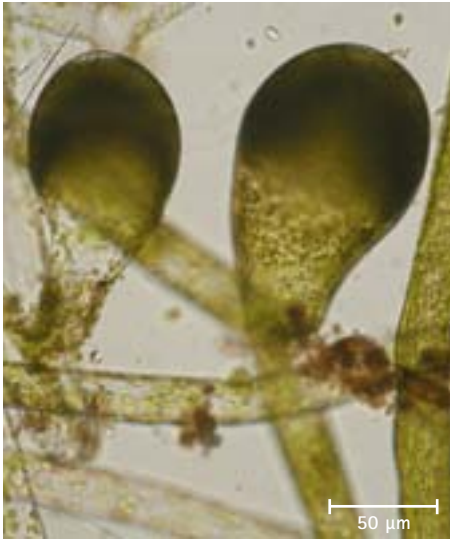
## Beschreibung

Bestände der zu den gelbgrünen Algen gehörenden Gattung *Vaucheria* bilden hellgrüne bis leuchtend grüne, weiche Polster oder auch teppichartige Überzüge. Diese werden aus langen, schlauchartigen, verzweigten Fäden gebildet, die nicht durch Querwände in Zellen gegliedert sind (siphonal). Man kann daher sagen, dass ein Polster aus einer einzigen riesigen Zelle besteht. Die Fäden von *Vaucheria* wachsen sehr schnell an der breit abgerundeten Spitze des Fadens. Ungeschlechtlich vermehrt sich *Vaucheria* durch besonders große, vielkernige Sporen. Die geschlechtliche Fortpflanzung erfolgt durch Abgrenzung von ♀ und ♂ Reproduktionsorganen



Schlauchartige Fäden von *Vaucheria*





Auskeimende vegetative Sporen von *Vaucheria*



*Vaucheria bursata* mit ♂ Spermatozoid bildendem Reproduktionsorgan in der Mitte und ♀ eizellenträgenden Reproduktionsorganen links und rechts davon

vom Faden. Eine Artbestimmung ist nur mit Hilfe dieser Organe möglich, die im Freiland selten zu finden sind. Mit Hilfe von Kulturen können sie aber erzeugt werden. Da dies in der Praxis zu aufwändig ist, wird in dem für Deutschland entwickelten Bewertungsverfahren der Nachweis auf Gattungsniveau genutzt.

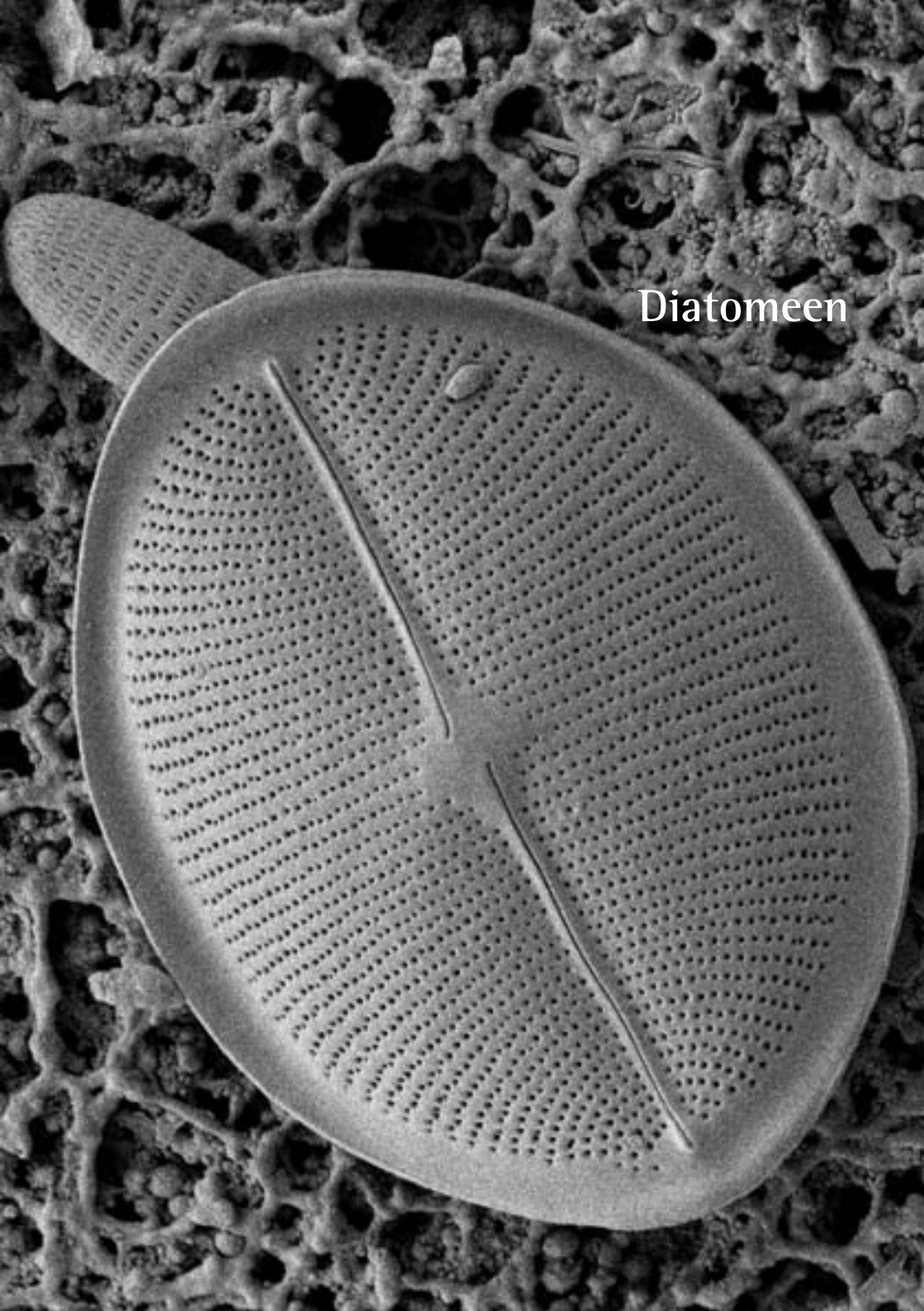
### Verbreitung und Vorkommen

*Vaucheria* lebt in stehenden und fließenden Gewässern vor allem auf Feinsedimenten wie Sand oder Schlamm. Oft kommt sie auch nahe der Mittelwasserlinie an der Luft-Wasser-Grenze oder auf feuchter Erde vor. Sie ist weit verbreitet und häufig in sehr großen Mengen zu finden.

Auch im Brackwasser und an den Küsten ist sie oft dominant. Sie weist die für eine Gattung typische breite Spanne des Vorkommens auf. Bisherige Ergebnisse zeigen aber, dass eine höhere Abundanz meist auch erhöhte Trophie bedeutet (Stickstoff, Phosphor ► Kapitel PoD; S. 74). Daher wird je nach Fließgewässertyp und Abundanz ihr Vorkommen entweder als Störzeiger oder als toleranter Bestandteil der Gewässerflora differenziert betrachtet. Auch in Sachsen ist *Vaucheria* sehr häufig und in fast allen Fließgewässertypen zu finden. Meist sind die Bestände schon mit bloßem Auge erkennbar. Allein bei knapp einem Drittel der Nachweise werden sehr große bis massenhafte Bestände ausgebildet.



Diatomeen



# Diatomeen

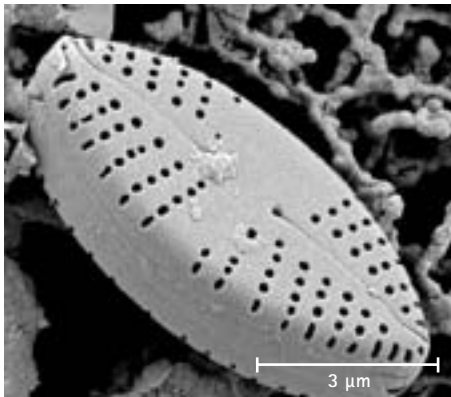
## Kieselalgen

### Definition

Diatomeen sind einzellige Algen, deren Zellwand im Wesentlichen aus Siliziumdioxid besteht. Daher kommt der deutsche Name »Kieselalgen«. Die verkieselte Zellwand wird auch als Frustel bezeichnet und ist wie eine Schachtel aufgebaut. Sie besteht aus einer übergreifenden oberen und einer etwas kleineren unteren Schale. Jede der beiden Schalen besteht – wie die Hälfte einer Schachtel – aus der Schalenfläche und den Schalenseiten, dem sogenannten Zellgürtel. Dieser Aufbau ist der Grund dafür, dass Diatomeen in früheren Zeiten auch als

Schachtellinge bezeichnet wurden. Bei der vegetativen Vermehrung trennen sich die beiden Schalen und bilden jeweils eine neue Schale aus. Die im Süßwasser verbreiteten Arten sind mikroskopisch klein. Die Schalenlängen der kleinsten Arten betragen nur wenige Mikrometer, die meisten Arten sind zwischen 10 und 100 Mikrometer groß.

Im Rahmen des Gewässermonitorings werden Diatomeenanalysen mit Hilfe des Lichtmikroskopes ausgeführt, das die zur Artbestimmung nötigen Merkmale sichtbar macht. Die Feinstrukturen der Schalen werden jedoch im Rasterelektronenmikroskop bei noch höherer Vergrößerung besser verständlich, sodass im Folgenden zur Illustration nahezu ausschließlich rasterelektronische Fotografien abgebildet sind.



Frustel, bestehend aus der oberen und unteren Schale

### Lebensweise der Diatomeen

Diatomeen besiedeln pflanzliche und anorganische Substrate in vielfältiger Form. Während manche Arten sich aktiv fortbewegen können, sind andere auf ihren Substraten mehr oder weniger fest angeheftet. Die Verbindung mit dem Substrat kann auf unterschiedliche Weise erfolgen. Während einige Arten mit ihren Substraten auf der gesamten Schalenfläche verbunden sind und eng anliegen (sogenannte »low profile«-Diatomeen, zum Beispiel *Cocconeis*), sind andere durch basale Gallertpolster



Zickzackförmige Ketten von *Tabellaria* im lebenden Zustand im Lichtmikroskop



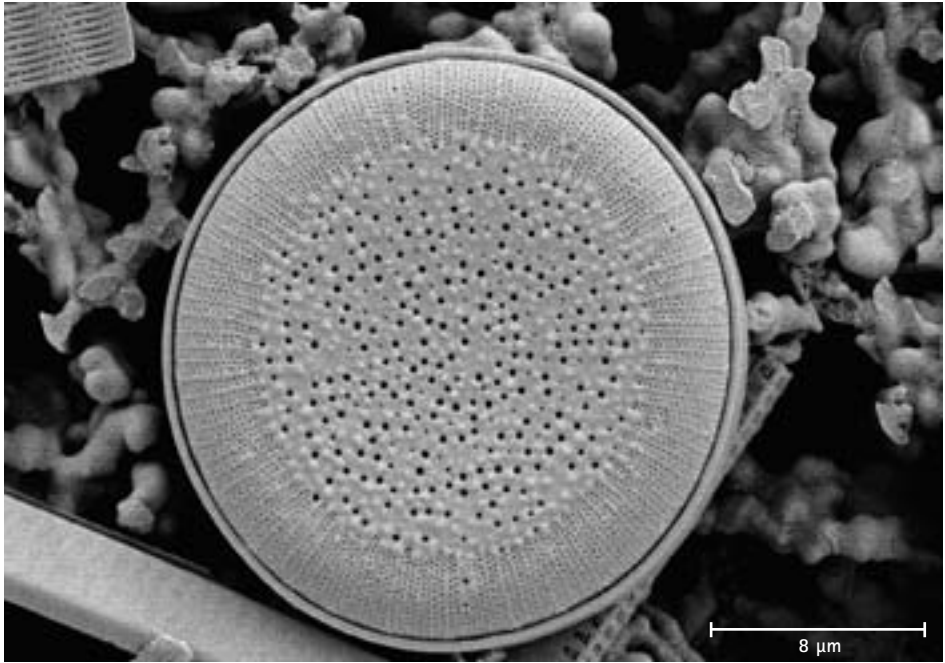
Gallertschläuche von *Encyonema* im lebenden Zustand im Lichtmikroskop

am Fußpol der Zelle angeheftet (zum Beispiel *Rhoicosphenia*) und erheben sich so über die Substratoberfläche. Wieder andere Formen bilden kurze oder längere, verzweigte oder unverzweigte Gallertstiele aus und besitzen den Habitus von Miniaturbäumen (zum Beispiel *Gomphonema*). Manche Arten der Gattung *Encyonema* leben in schlauchförmigen Gallertröhren und ragen mehr oder weniger in den Freiwasserbereich hinein. Aber auch ketten- oder bänderförmige Kolonien, bei denen die Einzelzellen durch Dörnchen oder Gallerten flächig oder punktuell miteinander verbunden

sind, werden ausgebildet (zum Beispiel *Fragilaria*, *Meridion*, *Diatoma*). In strömungsärmeren Bereichen findet sich häufig eine mehrschichtige Architektur, bei der die unterste Lage von dem Substrat eng anliegenden oder kurz gestielten Arten gebildet wird. Diesen unteren Etagen sitzen lang gestielte und bänderbildende Arten auf, die die dreidimensionale Struktur der Gemeinschaften prägen. Bei der Diatomeenanalyse werden die organischen Bestandteile durch Oxidation mit Säuren entfernt. Die verschiedenen Lebensformen sind daher im mikroskopischen Präparat nicht mehr erkennbar.



Gestielte Wuchsformen von *Gomphonema* im lebenden Zustand im Lichtmikroskop

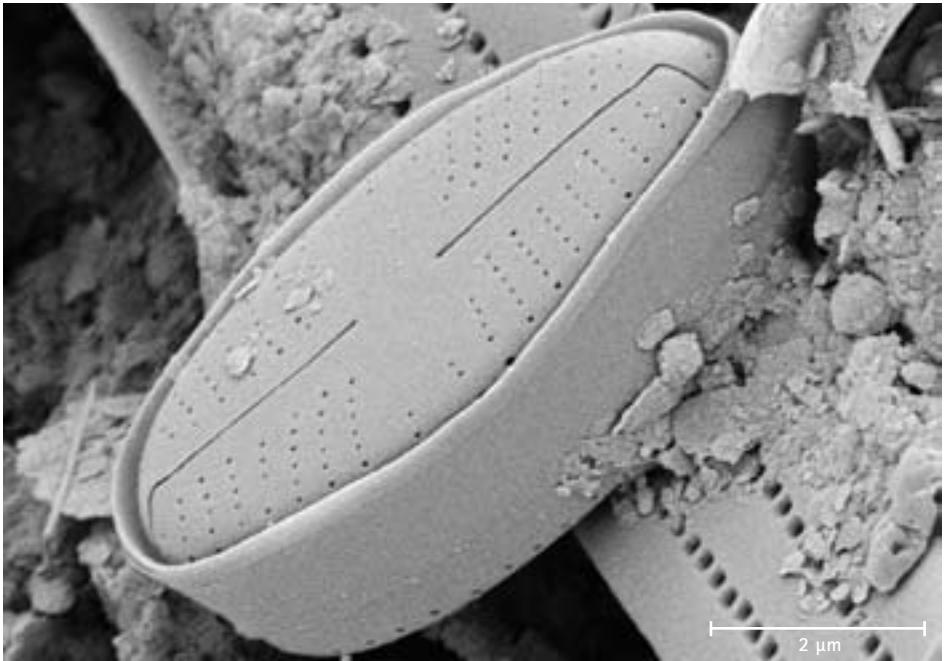


Centrale Diatomee

### Bestimmung von Diatomeen

Die Bestimmung der Diatomeen erfolgt anhand von Größe, Form und Feinstrukturen der Silikatschalen. In der ► Klasse Diatomeen werden zwei Ordnungen unterschieden: Centrales und Pennales. Die Grundform der Centrales ist kreisförmig, die meisten Arten leben frei im Wasser schwebend (planktisch) und werden im deutschen Bewertungsverfahren der ökologischen Qualität (PHYLIB) nicht berücksichtigt. Die pennaten Arten besitzen mehr oder weniger langgestreckte Zellen und leben überwiegend benthisch, das heißt sie siedeln auf verschiedenen Substraten wie zum Beispiel Makrophyten, Steinen, Sand im Uferbereich und auf den Böden von Fließgewässern und Seen. Sie werden deshalb auch als Aufwuchsdiatomeen bezeichnet.

Im mikroskopischen Präparat können sowohl ganze Frusteln (Ober- und Unterschale) vorliegen als auch einzelne Schalen, die durch den Zerfall der Frusteln bei der Säurepräparation (► Präparation; S. 122) entstehen. Die Frusteln können entweder in Schalenansicht oder in der zumeist rechteckigen Gürtelansicht zu sehen sein. Dies ist abhängig von der Form der Frustel – so liegen zum Beispiel die runden Centrales nur selten in der Gürtelansicht. In den allermeisten Fällen ist zur Bestimmung die Schalenansicht erforderlich, da sich die wichtigen Merkmale auf der Schalenfläche befinden. Die strukturärmeren Gürtelansichten können häufig nur in Verbindung mit den zugehörigen Schalenansichten den Arten sicher zugeordnet werden.



Pennate Diatomeen in Schräglage mit Sicht auf die strukturierte Schalenfläche (Schalenansicht) und den strukturlosen Zellgürtel (Gürtelansicht)

## ► Systematik der Diatomeen (Bacillariophyta)

### Ordnungen

#### ■ Centrales

##### Familien der Centrales

- *Thalassiosiraceae*
- *Melosiraceae*
- *Coscinodiscaceae*
- *Hemidiscaceae*
- *Rhizosoleniaceae*
- *Biddulphiaceae*
- *Chaetoceraceae*

#### ■ Pennales

##### Familien der Pennales

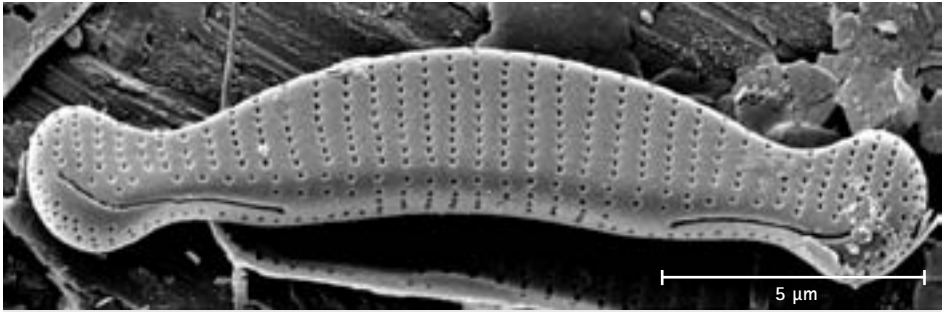
- *Fragilariaceae* (ohne Raphe)
- *Achnantheaceae* (nur eine der beiden Schalen mit Medianraphe)
- *Achnanthidiaceae* (nur eine der beiden Schalen mit Medianraphe)
- *Eunotiaceae* (beide Schalen mit Eunotia-Raphe)
- *Naviculaceae* (beide Schalen mit Medianraphe)
- *Bacillariaceae* (mit Kanalraphe)
- *Surirellaceae* (mit Kanalraphe)
- *Epithemiaceae* (mit Kanalraphe)

Viele pennate Diatomeen besitzen ein Bewegungsorganell, die Raphe, deren Bau als Bestimmungsmerkmal zur Unterscheidung der verschiedenen Familien herangezogen wird. Die Raphe ist ein mehr oder weniger langer schlitzförmiger Wanddurchbruch, der auf der Innenseite der Schale direkt ins Zellinnere mündet. Dabei werden mehrere Bautypen unterschieden: *Eunotia*-Raphe, Medianraphe und Kanalarphe. Diatomeen mit Raphe können sich auf ihren Substraten aktiv fortbewegen und Geschwindigkeiten bis über 20 Mikrometer/Sekunde erreichen. Wie Schiffchen gleiten zum Beispiel Arten der Gattung *Navicula* über den Untergrund, auch plötzliche Richtungswechsel sind möglich. Im Zellinneren unter der Raphe befinden sich kontraktile Mikrofilamente. Die komplexen Mechanismen der Fortbewegung sind jedoch noch nicht vollständig bekannt.

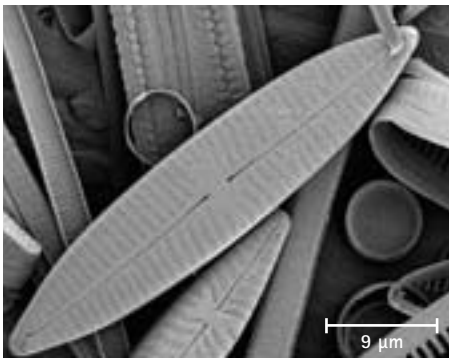
Werden die verschiedenen Familien der Diatomeen im Wesentlichen durch das Fehlen oder Vorhandensein einer Raphe bzw. deren Bautyp unterschieden, so erfolgt die Bestimmung der verschiedenen Gattungen und Arten anhand von Form und Feinstrukturen der Schalen. Bei Letzteren handelt sich zumeist um Durchbrüche der Silikatschale, die vor allem dem Stoffaustausch zwischen Zellinnerem und dem umgebenden Wasser dienen. Für die Bestimmung wichtige Strukturen sind vor allem die Areolen. Dies sind Röhren in der Schale, deren Öffnungen auf der Schalenfläche in einer oder mehreren Reihen angeordnet sind. Ihre Feinstrukturen können nur im Rasterelektronenmikroskop aufgelöst werden. Auf der Schalenfläche erscheinen sie als einzelne Punkte oder Striche. Stehen sie in geringen Abständen, werden sie im Lichtmikroskop als Streifen wahrgenommen.

Von den rund 1.900 in Deutschland vorkommenden Diatomeenarten besitzen nur wenige einen deutschen Namen. Bei diesen handelt es sich ausnahmslos um Arten, die in der frühen Phase der Diatomeenforschung beschrieben wurden. Bezeichnungen wie »Eingeschnürte Sohlen-Kieselalge«, »Gewölbte Algen-Laus« oder »Veränderliche Dosenkette« muten heute etwas altertümlich an und werden im Unterschied zu den Höheren Wasserpflanzen in der modernen Bestimmungsliteratur nicht mehr verwendet.

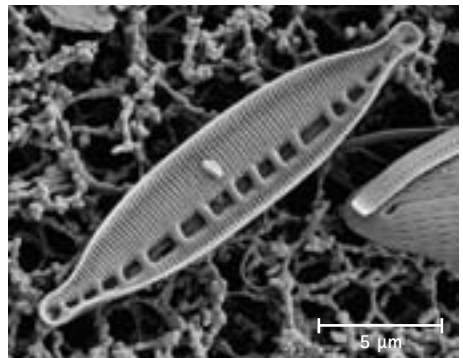




► Die Eunotia-Raphe besteht aus zwei kurzen Ästen, die jeweils nur an den Schalenenden verlaufen (Familie *Eunotiaceae*).

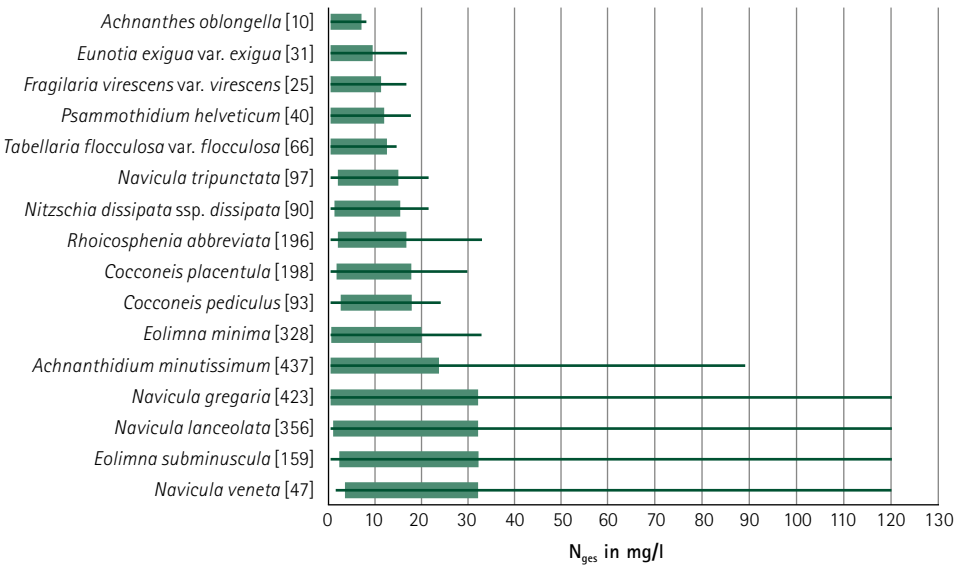
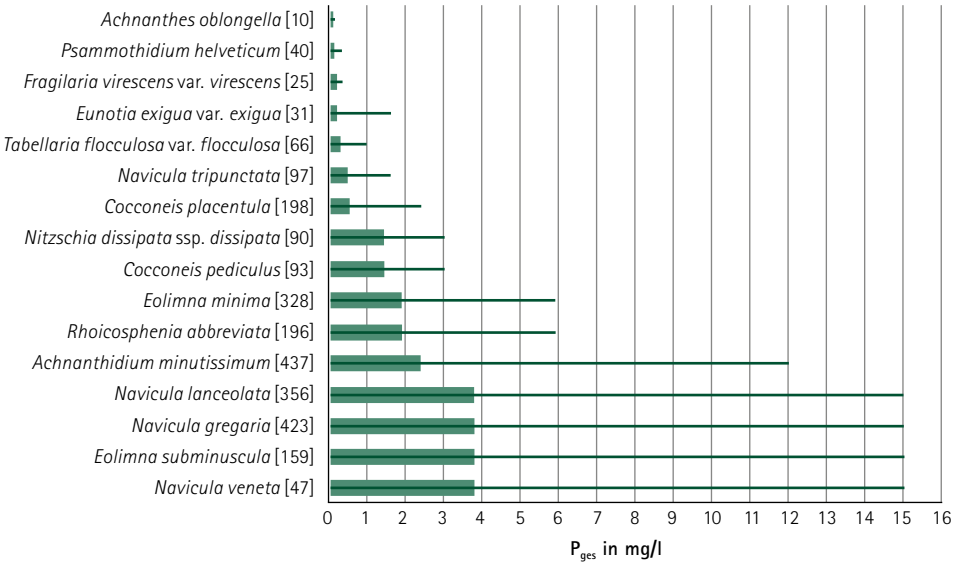


► Medianraphen bestehen aus zwei langen Ästen, die in der Schalenmitte in Längsrichtung verlaufen und im Zentrum durch den sogenannten Zentralknoten unterbrochen sind (Familien *Achnantheaceae*, *Achnanthidiaceae* und *Naviculaceae*). Bei den *Achnantheaceae* und *Achnanthidiaceae* besitzt nur eine der beiden Schalen eine Medianraphe.



► Die kompliziert gebauten Kanalraphen weisen verschiedene Konstruktionsprinzipien auf. Bei der weit verbreiteten Gattung *Nitzschia* wird der über die gesamte Schalenlänge laufende Raphenschlitz von vielen Silikatbrücken überspannt. Diese haben die Funktion von Verstrebungen, die die Stabilität der Frusteln erhöhen.

**Vorkommen ausgewählter Diatomeen in sächsischen Fließgewässern in Abhängigkeit von der Gesamtphosphor- und Gesamtstickstoff-Konzentration (Daten 2005 – 2009)**



Die schmalen Balken zeigen die Spannen der Extremwerte und somit die Toleranzen der Taxa. Die dicken Balken zeigen die Spannen der Mittelwerte und damit die Präferenzen der Taxa. Nach den Artnamen sind die für die Darstellung genutzten Anzahlen der Artnachweise angeben.

## Gewässerbewertung mit Diatomeen

Diatomeen besiedeln nahezu jedes Gewässer und sind auf Grund ihrer hohen Sensibilität gegenüber verschiedenen Zuständen der Gewässerbelastung hervorragende Bioindikatoren. Auf Veränderung der Wasserqualität reagieren sie mit charakteristischen Verschiebungen des Artenspektrums und der Arthäufigkeiten. Dies wurde bereits früh erkannt und schon in den Indikatorlisten von KOLKWITZ & MARSSON (1908) sind verschiedene Diatomeenarten geführt. Indikationsverfahren, die ausschließlich mit Diatomeen arbeiten, wurden jedoch erst im letzten Drittel des 20. Jahrhunderts entwickelt. Zunächst waren dies Methoden zum Nachweis verschiedener Grade von organischer Verschmutzung, die insbesondere in den 1970er- und 1980er-Jahren die Hauptbelastung in Fließgewässern darstellte. Mit zunehmender Verbesserung der Abwasserreinigung rückte in den Folgejahren die Nährstoffbelastung und – damit einhergehend – die Eutrophierung der Gewässer in den Vordergrund. Heute liegen verschiedene deutsche Verfahren zur Trophie-Indikation vor, sowohl für Fließgewässer als auch für Seen. In den ► Diagrammen (S. 120) sind die Toleranzen und Präferenzen einiger in Sachsen weit verbreiteter Arten bezüglich der Nährstoffe Phosphor und Stickstoff dargestellt.

Diatomeen werden auch zum Nachweis verschiedener Versauerungsgrade herangezogen und neben dem Makrozoobenthos als Indikatoren beim Versauerungsmonitoring eingesetzt. Mit dem Halobiensystem existiert zusätzlich ein diatomeen-basiertes Verfahren zur Quantifizierung von Salzbelastung in Gewässern des Binnenlandes. Bei der Verwendung von Diatomeen zu Indikationszwecken sind allerdings stets ihre vergleichsweise kurzen Generationenzeiten zu beachten. So können sich die Gesellschaften auf Grund der hohen Teilungsraten der Zellen rasch

auf veränderte Umweltbedingungen einstellen und integrieren damit über deutlich kürzere Zeiträume als etwa die Makrophyten. In Gewässern mit schnell wechselnden Belastungszuständen ist daher eine mehrmalige Untersuchung der Diatomeenflora im Jahresverlauf erforderlich.

Das zur Umsetzung der WRRL entwickelte PHYLIB-Verfahren ist eine Methode, die erstmals nicht auf die Erfassung spezifischer Belastungen beschränkt ist, sondern einem ganzheitlichen Ansatz folgt. So werden nicht nur bestehende Verfahren zur Indikation von Trophie, Saprobie, Versauerung und Versalzung kombiniert. Als wichtige Komponente geht auch der Vergleich der aktuellen Gesellschaft – erfasst durch Artenzusammensetzung und Arthäufigkeiten – mit der im Referenzzustand zu erwartenden Gemeinschaft in die Bewertung ein. Dabei handelt es sich um eine typspezifische Bewertung, die die unterschiedlichen Referenzgemeinschaften in den deutschen Ökoregionen ebenso berücksichtigt wie die Gewässergröße und die Geologie des Einzugsgebietes (► Kapitel Bioindikation; S. 5 ff.).

Während sich Diatomeen als Indikatoren stofflicher Belastungen hervorragend eignen, existieren keine Verfahren zum Nachweis struktureller Defizite, die sich zum Beispiel durch Gewässerverbau ergeben. Obgleich sich strukturelle Degradationen durch Veränderungen der Fließgeschwindigkeit und Substratverhältnisse auf die Zusammensetzung von Diatomeengesellschaften deutlich auswirken, können diese bislang nicht quantifiziert werden. Hierfür stehen mit den Makrophyten jedoch hervorragende Indikatoren zur Verfügung.



Beispiel einer Probenahme: Abbürsten des Diatomeenaufwuchses von Steinen

## Untersuchung von Diatomeen

### Probenahme

Die Probenahme ist abhängig vom Typ des Untersuchungsgewässers und den jeweils charakteristischen Substraten. So finden sich in den Bachoberläufen im Mittelgebirge vor allem größere Steine, von denen die Diatomeen mit einer Zahnbürste abgetragen werden. Hingegen sind in Bächen im Tiefland sandige, kiesige oder lehmige Substrate vorherrschend, deren oberste Schichten mit einem Löffel vorsichtig entnommen und in das Probengefäß überführt werden. In größeren Flüssen mit Steinschüttungen werden die großen Blöcke im Uferbereich beprobt. Generell gilt, dass der Diatomeenaufwuchs von den vorhandenen Substraten in repräsentativen Anteilen entnommen wird – seien sie natürlichen Ursprungs oder

anthropogen eingebracht. Diatomeen sind in den Gewässern über das ganze Jahr hinweg zu finden. Die Untersuchung zur Bewertung der ökologischen Qualität wird jedoch in den Sommermonaten zeitgleich mit dem übrigen Phytobenthos und den Makrophyten durchgeführt.

### Präparation

Neben Form und Größe werden zur Bestimmung die Feinstrukturen der Schalen herangezogen. Um diese möglichst gut zu erkennen, müssen die organischen Zellbestandteile sowie weitere in der Probe vorhandene, sich bei der Mikroskopie störend auswirkende organische Komponenten entfernt werden. Bei Aufwuchsproben, die einen hohen Anteil von organischem Nicht-Diatomeenmaterial enthalten können, geschieht dies



Aus dem Gewässer entnommener und in ein Becherglas überführter Diatomeenaufwuchs (Rohprobe)



Diatomeensuspension nach der Säurebehandlung (10 ml-Schnapdeckelglas)



Beschriftetes Dauerpräparat

durch Oxidation mit Säuren (Salz- und Schwefelsäure). Eine ausführliche Verfahrensanleitung kann SCHAUMBURG et al. (2006, 2011) entnommen werden.

Aus der Säurepräparation geht eine von organischen Bestandteilen befreite Diatomeensuspension hervor. Diese wird in der gewünschten Dichte auf ein Deckgläschen aufgetropft, welches nach Eintrocknen der Suspension mit einem speziellen Einschlussmittel auf einen Objektträger aufgeklebt wird. Das beschriftete Diatomeenpräparat kann danach unter dem Mikroskop ausgewertet werden und ist bei sorgfältiger Lagerung über Jahrzehnte hinweg haltbar.

### Mikroskopische Auswertung

Im Mikroskop werden bei 1000-facher Vergrößerung im Präparat mindestens 400 Schalen auf Artniveau bestimmt. Die Häufigkeiten werden dann für jede Art in Form prozentualer Anteile berechnet und in einer Artenliste dargestellt. Die Arten sind über die DV-Nummern der deutschen Taxaliste codiert, die alle in Deutschland nachgewiesenen Gewässerorganismen enthält (BAYERISCHES LANDESAMT FÜR UMWELT 2003, 2011).

## Beispiel einer Artenliste: Arten und Häufigkeiten in der artenarmen Großen Pyra (September 2009)

DV-Nr.	Arten	Schalen	Prozent
6213	<i>Eunotia bilunaris</i> var. <i>bilunaris</i>	2	0,4
6975	<i>Eunotia exigua</i> var. <i>exigua</i>	295	51,7
6214	<i>Eunotia incisa</i>	12	2,1
6369	<i>Eunotia minor</i>	1	0,2
6169	<i>Fragilaria virescens</i> var. <i>virescens</i>	8	1,4
26914	<i>Pinnularia subcapitata</i> var. <i>subcapitata</i>	165	28,9
26031	<i>Psammothidium helveticum</i>	68	11,9
26091	<i>Psammothidium subatomoides</i>	4	0,7
36222	<i>Tabellaria flocculosa</i>	16	2,8

Die Diatomeengesellschaften sind in der Regel deutlich artenreicher als die Gemeinschaften des übrigen Phytobenthos und der Makrophyten. In schwach bis mäßig belasteten wie auch in unbelasteten Gewässern finden sich durchschnittlich etwa 40 Arten bei der Zählung, in seltenen Fällen werden bis zu 100 verschiedene Diatomeenarten nachgewiesen. Nur in stark belasteten Gewässern – sei es durch Versauerung wie in der Großen Pyra (► Kapitel Große Pyra; S. 164) oder durch starke organische Verschmutzung – herrscht extreme Artenarmut.

### Bewertung der ökologischen Qualität

In den verschiedenen Indikationsverfahren sind den Arten Kenngrößen zugeordnet, die ihre Toleranz gegenüber verschiedenen Belastungszuständen (Trophie, Saprobie, Versauerung, Versalzung) beschreiben. Anhand der an der jeweiligen Gewässerstelle vorhandenen Arten, ihren Häufigkeiten und Kenngrößen bezüglich der ge-

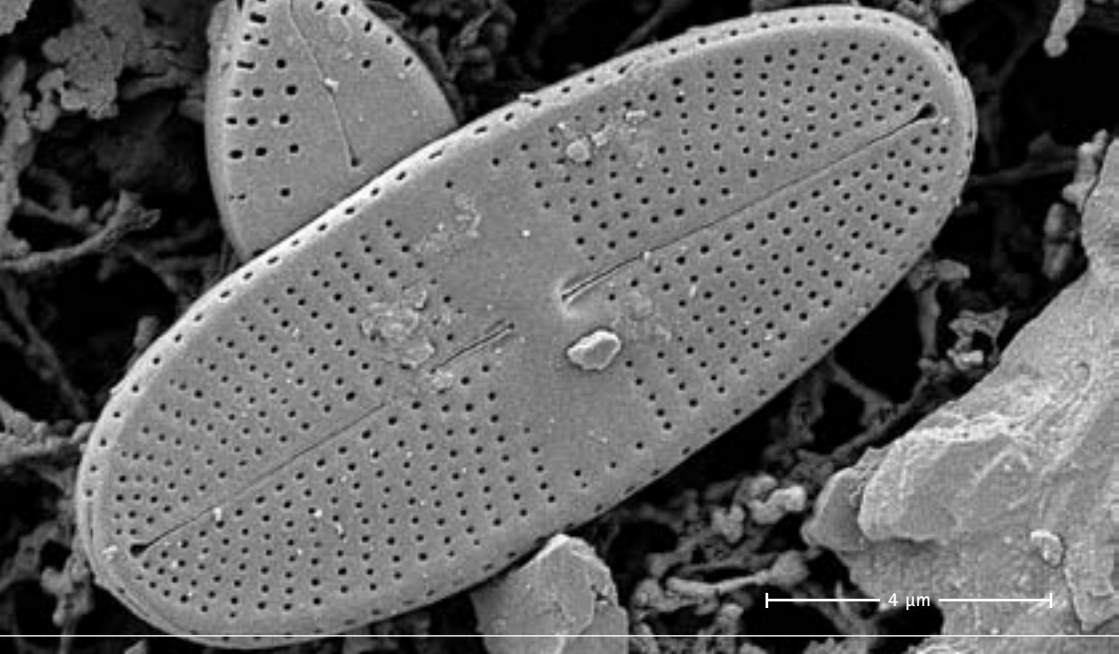
nannten Belastungsfaktoren können der trophische Status, das Vorhandensein und Ausmaß von Versauerung oder Versalzung sowie die Gewässergüte im traditionellen Sinne (organische Verschmutzung) ermittelt werden. Im PHYLIB-Verfahren wird zusätzlich ein Vergleich der aktuellen Gesellschaft mit der im Referenzzustand zu erwartenden Gemeinschaft angestellt und der prozentuale Anteil der jeweiligen Referenzarten ermittelt. Aus der Verrechnung der verschiedenen Werte ergibt sich dann die ökologische Qualität der untersuchten Gewässerstelle.

#### ► Bewertungsmodule im PHYLIB-Verfahren

- Häufigkeit von Referenzarten
- Trophieindex und Saprobienindex
- Häufigkeit von Versauerungszeigern
- Halobienindex (Versalzung)

A scanning electron micrograph (SEM) showing several diatoms. The central focus is a large, elongated, spindle-shaped diatom with a highly perforated, lattice-like surface. It is surrounded by other diatoms of various shapes, including some with more complex, porous structures and others with smoother surfaces. The background is dark, highlighting the intricate details of the diatom's silica-based cell walls.

Artenbeschreibungen  
Diatomeen



Raphenschale von *Achnanthes oblongella*

## *Achnanthes oblongella*

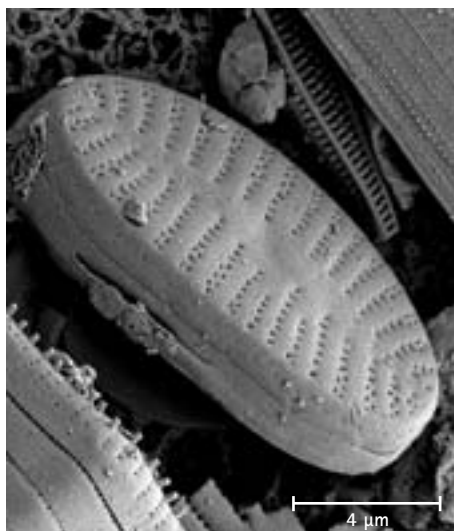
Oestrup 1902

### Beschreibung

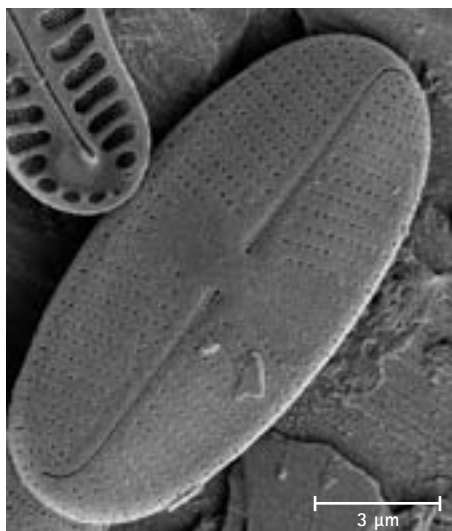
Nur eine der beiden Schalen besitzt eine Raphe, die in der Schalenmitte von Pol zu Pol verläuft. Im Elektronenmikroskop sind die Areolen auf der Raphenschale als zarte, einreihig angeordnete, rundlich bis quer verlängerte Poren erkennbar. Im Lichtmikroskop erscheinen die Areolenreihen als Streifen. Charakteristisch ist die unterschiedliche Strukturierung der beiden Schalen. So besitzt die Raphenschale feine, radial gestellte Areolenreihen. Auf der raphenlosen Schale hingegen sind die Areolen auffallend grober und die Reihen weiter voneinander entfernt gestellt. *Achnanthes oblongella* tritt häufig gemeinsam mit *Psammothidium helveticum* auf, bei der beide Schalen die gleiche Struktur aufweisen. Liegen

ganze Frusteln vor, können die beiden Arten anhand der unterschiedlich strukturierten raphenlosen Schalen leicht unterschieden werden. Probleme bereitet jedoch mitunter die Differenzierung, wenn nur Raphenschalen auftreten. Als Merkmale werden dann der stärker radiale Verlauf der Areolenreihen sowie die unterschiedliche Ausprägung der polnahen Raphenenden herangezogen.





Raphenlose Schale von *Achnanthes oblongella*



Raphenschale der morphologisch ähnlichen Art *Psammothidium helveticum*

### Verbreitung und Indikatoreigenschaften

*A. oblongella* ist in ihrem Vorkommen auf kleinere Fließgewässer und Standgewässer der Silikatregionen beschränkt, in denen sie nicht selten Massenvorkommen ausbildet. Die Art reagiert bereits auf eine geringe organische Verschmutzung wie auch auf Nährstoffbelastung mit drastischen Vitalitätsverlusten. Im Rahmen der Bioindikation wird sie vor allem als Indikator des Säurezustands herangezogen. So liegt ihr Verbreitungsschwerpunkt in schwach bis mäßig versauerten Bächen, wo sie häufig gemeinsam mit *Psammothidium helveticum* und verschiedenen *Eunotia*- und *Pinnularia*- Arten auftritt. Im Unterschied zu *P. helveticum* wird eine starke Versauerung jedoch nicht toleriert.

### Indikatoren permanent stark versauerter Gewässer

- *Eunotia exigua*
- *Eunotia incisa*
- *Eunotia rhomboidea*
- *Eunotia tenella*
- *Pinnularia silvatica*
- *Pinnularia sinistra*
- *Pinnularia subcapitata*
- *Psammothidium helveticum*



*Achnanthes thermalis* aus dem Cospudener See, Schale mit median verlaufender Raphe

## *Achnanthes thermalis* (Rabenhorst) Schönfeldt 1907

### Beschreibung

Die systematische Stellung von *Achnanthes thermalis* ist noch nicht abschließend geklärt. So besteht Grund zur Annahme, dass die Art nicht der Gattung *Achnanthes* zugehört, sondern *Achnantheidium*, mit der sie in wesentlichen Merkmalen übereinstimmt. Wie diese weist *A. thermalis* einen linear-lanzettlichen Umriss auf. In der Gürtelansicht wird die starke Krümmung der Zelle sichtbar. Eine der beiden Schalen besitzt eine in der Mitte verlaufende Raphe, während die andere Schale keine Raphe ausbildet. Von ähnlichen Arten der Gattung *Achnantheidium* kann *A. thermalis* vor allem durch die fehlenden Areolenreihen (Streifen) im zentralen Bereich der raphenlosen Schale unterschieden werden.

### Verbreitung und Indikatoreigenschaften

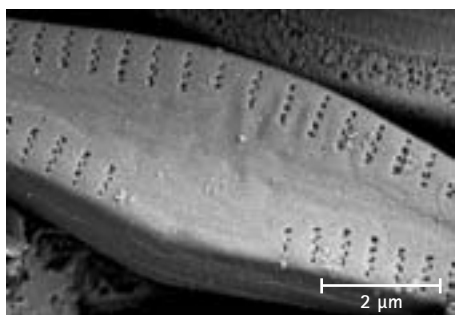
*A. thermalis* wurde in deutschen Gewässern bisher nur selten gefunden, scheint jedoch in Tagebaurestseen Sachsens einen Verbreitungsschwerpunkt zu besitzen und darf dort als floristische Besonderheit gelten. Namensgebend ist ihre Präferenz sehr elektrolytreicher Gewässer. So ist sie bislang vor allem aus Mineral- und Thermalquellen bekannt geworden. In Sachsen wurde *A. thermalis* häufig im Cospudener See südlich von Leipzig nachgewiesen – zeitweise als dominante Art der Diatomeengesellschaften. Funde in einem Bergbaurestsee in der Slowakei (HINDAKOVA 2009) lassen jedoch eine weitere Verbreitung vermuten, obgleich die Art auf alkalische, sehr elektrolytreiche Gewässer beschränkt



Gürtelansichten mit typischer Schalenkrümmung



Innenansicht der Raphenschale

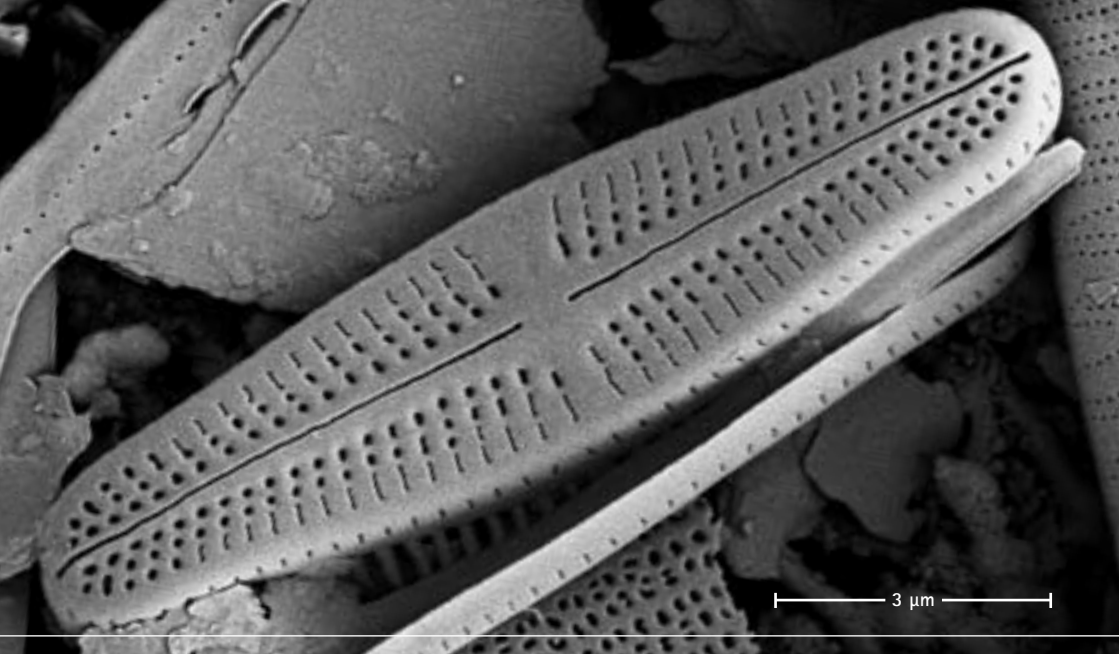


Zentralbereich der raphenlosen Schale

zu sein scheint. Bei der Bewertung der ökologischen Qualität spielt sie auf Grund ihrer Seltenheit aus bundesdeutscher Sicht keine Rolle und wird nicht als Indikator geführt.

#### Nachweise in Sachsen

- Cospudener See
- Harthsee
- Haselbacher See
- Kulkwitzer See
- Zwickauer Mulde (selten)



Raphenschale von *Achnanthydium minutissimum*

# *Achnanthydium minutissimum*

## (Kützing) Czarnecki 1994

### Beschreibung

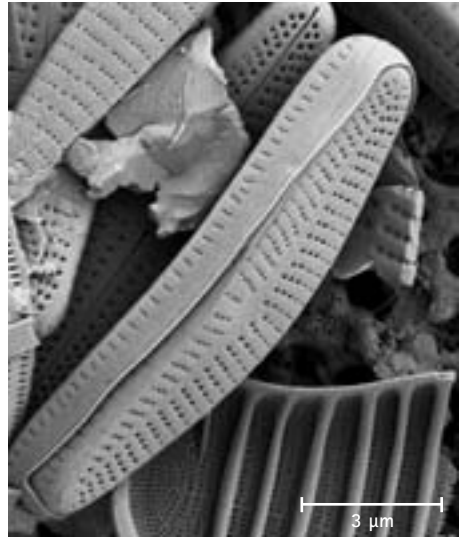
Arten der Gattung *Achnanthydium* weisen einen linear-lanzettlichen Umriss auf. Als wichtiges Bestimmungsmerkmal wird in der Gürtelansicht die mehr oder weniger starke Krümmung der Zellen sichtbar. Eine der beiden fein areolierten Schalen besitzt eine in der Mitte verlaufende Raphe, während die andere Schale keine Raphe ausbildet. *Achnanthydium* wurde bis vor wenigen Jahren als Untergattung von *Achnanthes* geführt und ist in den älteren Bestimmungswerken unter dieser zu finden. *Achnanthydium minutissimum*, früher als *Achnanthes minutissima* bezeichnet, stellt in deutschen Gewässern den wichtigsten Vertreter dar und ist Teil eines Komplexes sehr ähnlicher und häufig schwer bestimmbarer Formen.

### Verbreitung und Indikatoreigenschaften

*A. minutissimum* repräsentiert nicht nur den am weitesten verbreiteten Vertreter der Gattung, sondern zählt im Rahmen des Gewässermonitorings zu den häufigsten Diatomeenarten schlechthin. Sie ist in nahezu allen Gewässertypen zu finden, nur mäßig bis stark saure und organisch belastete Gewässer werden gemieden. Infolge ihrer geringen Größe verfügt sie über eine hohe Teilungsrate und kann daher Standorte als Erstkolonist schnell und in hoher Zahl besiedeln. So finden sich häufig Massenvorkommen auf jungen Schilfhalmen in Seen oder nach Versauerungsschüben in silikatisch geprägten Bächen der Mittelgebirge. Als Indikator der Trophie ist *A. minutissimum* wenig geeignet, da sie nahe-

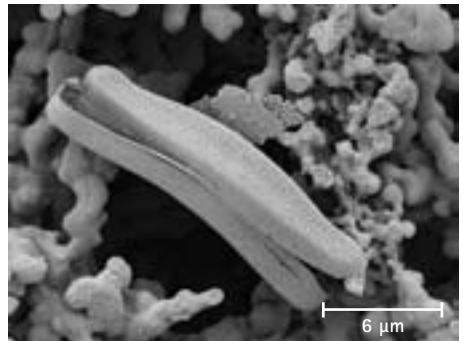


Raphenlose Schale

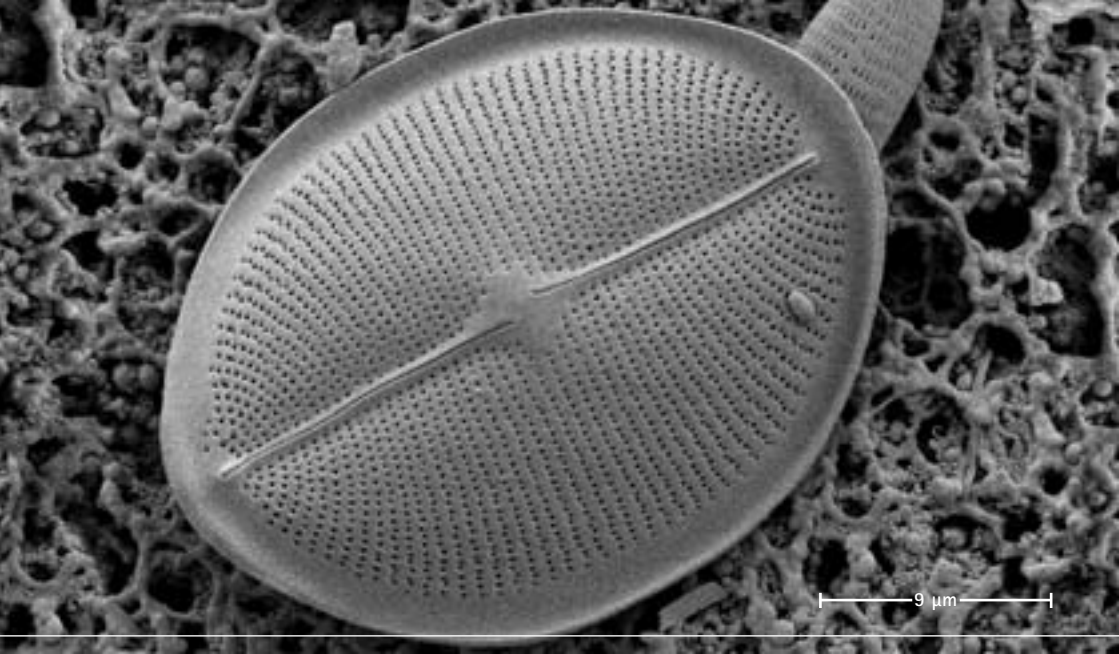


Frustel mit Ansicht auf Schalenfläche und Gürtel

zu über das gesamte Trophiespektrum hinweg vitale Populationen ausbildet. Auf organische Belastung reagiert sie jedoch sensibel. Bereits unter den Bedingungen der  $\beta$ - $\alpha$ -Mesosaprobie ist ihr Wachstum gehemmt. Bei höherer Belastung wird sie durch das ähnliche *Achnantheidium saprophilum* ersetzt.



Ansicht einer »geöffneten« Frustel



*Cocconeis pediculus*, Innenansicht der außen konkav gewölbten Raphenschale

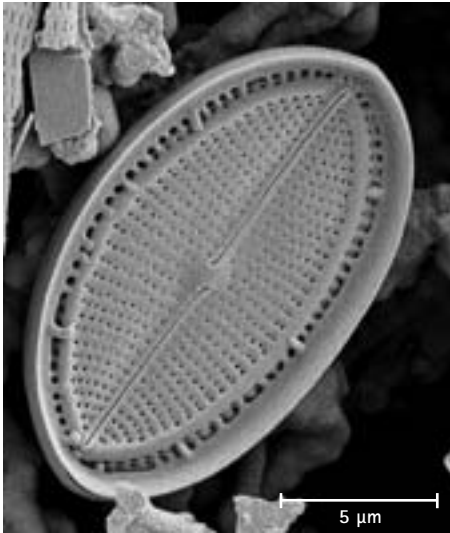
## *Cocconeis pediculus* | *Cocconeis placentula*

Ehrenberg 1838

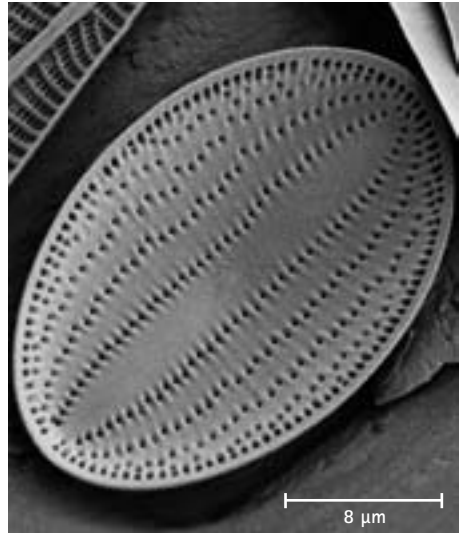
### Beschreibung

Die Gattung *Cocconeis* gehört zur Familie der *Achnantheaceae*, deren wesentliches Merkmal der Besitz von nur einer Raphenschale mit Medianraphe ist. Die andere Schale ist raphenlos und abweichend strukturiert. Von den Gattungen *Achnanthes* und *Achnantheidium* unterscheidet sich *Cocconeis* vor allem durch den elliptischen Umriss. Alle Arten leben epiphytisch und können auf Höheren Wasserpflanzen und anderen Algen große Dichten erreichen. Dabei sitzen die Zellen ihren Substraten mit den Raphenschalen wie Schildläuse auf. In deutschen Binnengewässern leben 10 Arten, von denen *Cocconeis pediculus* und *Cocconeis placentula*

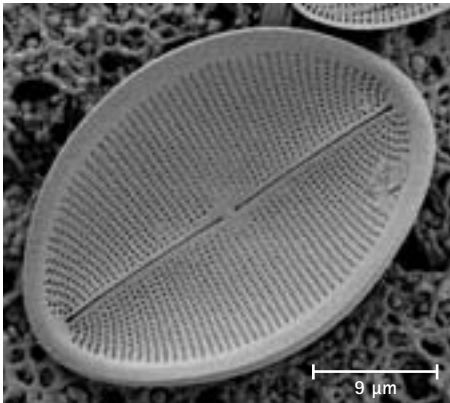
die beiden häufigsten darstellen. Unterschieden werden die beiden Arten durch die Form der Frusteln. Während *C. placentula* relativ flache Schalen besitzt, sind die Frusteln von *C. pediculus* deutlich gewölbt. Dies ist auch im Lichtmikroskop leicht zu erkennen. Die unterschiedliche Form der Zellen sowie die epiphytische Lebensweise kommen in den deutschen Namen zum Ausdruck. So wird *C. placentula* als »Flache Algenlaus«, *C. pediculus* hingegen als »Gewölbte Algenlaus« bezeichnet.



Innenansicht der Raphenschale von *Cocconeis placentula*



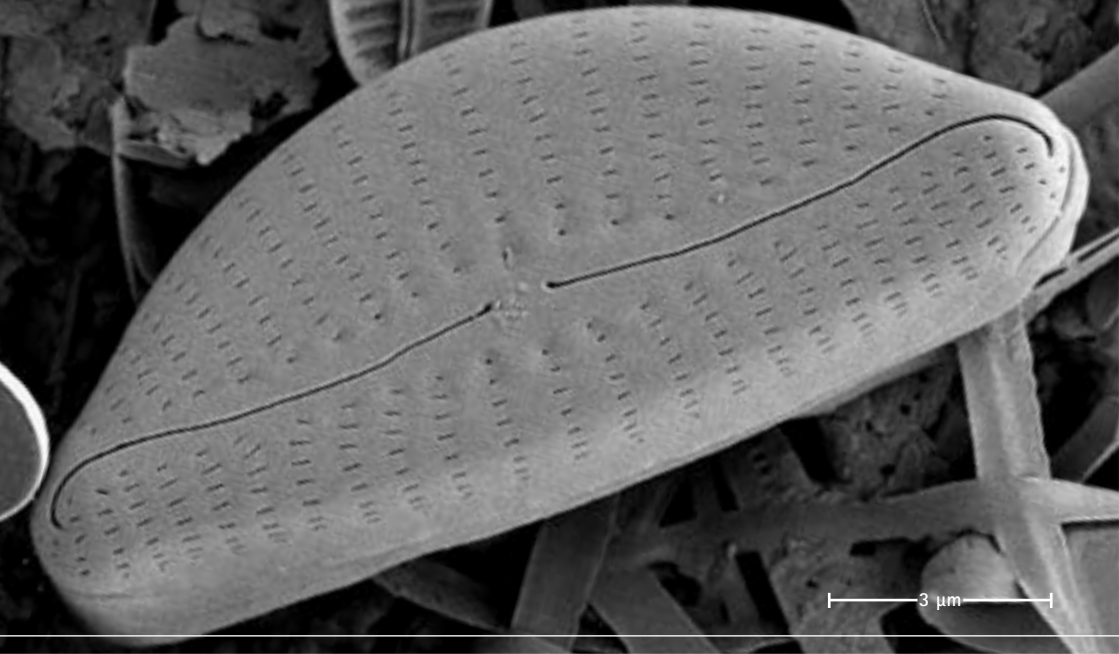
Innenansicht der raphenlosen Schale von *Cocconeis placentula*



Außenansicht der Raphenschale von *Cocconeis pediculus*

### Verbreitung und Indikatoreigenschaften

Beide Arten gehören zu den häufigsten Diatomeen in sächsischen Gewässern und sind in nahezu allen Gewässertypen zu finden. Als Aufwuchs auf pflanzlichen Substraten bilden sie besonders in den Sommer- und Herbstmonaten häufig Massenentwicklungen aus. Während *C. pediculus* weitgehend auf eutrophe Gewässer beschränkt ist, zeigt sich das trophische Spektrum von *C. placentula* weiter gespannt. So ist diese, auch morphologisch sehr variable Art ebenfalls in weniger belasteten Gewässern individuenreich zu finden, zum Beispiel in Bächen der Silikatregionen.



*Encyonema ventricosum*

## *Encyonema ventricosum*

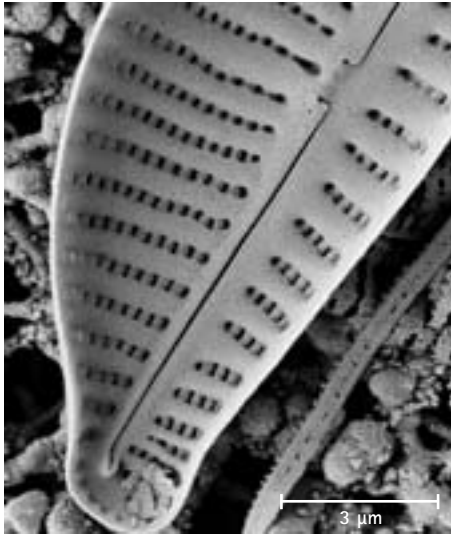
(C. Agardh) Grunow 1885

### Beschreibung

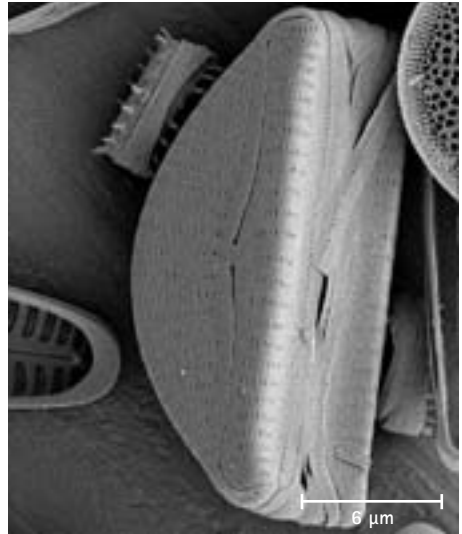
*Encyonema* wurde früher neben anderen Gattungen zu *Cymbella* gestellt und ist in älteren Bestimmungsbüchern noch unter dieser zu finden. Gemeinsames Merkmal ist die Form der Frusteln, die eine stärker gewölbte (konvexe) Rückenseite und eine schwächer gewölbte oder gerade Bauchseite besitzen. Ein derartiger Schalenumriss wird als dorsiventral bezeichnet. Die kahn-ähnliche Form war auch namensgebend, denn *Cymbella* ist vom lateinischen Wort *cymba* (= Kahn, Nachen) abgeleitet. In der modernen Systematik ist die Gattung *Cymbella* in mehrere Gattungen gesplittet, die sich vor allem durch den Bau ihrer Raphen unterscheiden. Die Gat-

tung *Encyonema* zeichnet sich dadurch aus, dass die Raphenenenden in der Schalenmitte nach dorsal, das heißt zum Rücken hin abbiegen. An den Schalenenden sind sie nach ventral, also zur Bauchseite hin gekrümmt. Am Wuchsort leben die meisten Arten in Gallertschläuchen (► Lebensweise im Einführungsteil Diatomeen; S. 114) oder gallertigen Überzügen auf verschiedenen, vor allem pflanzlichen Substraten. *Encyonema ventricosum* zählt mit Schalenlängen von 9 bis 29 µm zu den mittelgroßen Arten der Gattung und ist Teil eines Formenkomplexes, der früher als *Cymbella silesiaca* bestimmt wurde.

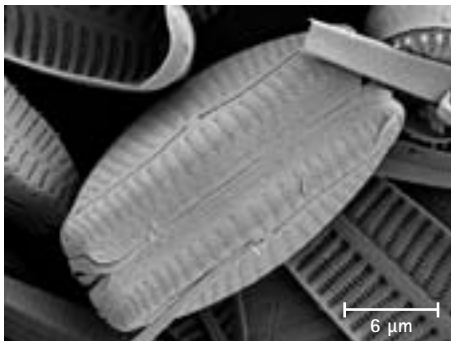




Innenansicht einer Schale mit nach dorsal abbiegenden zentralen Raphenenden



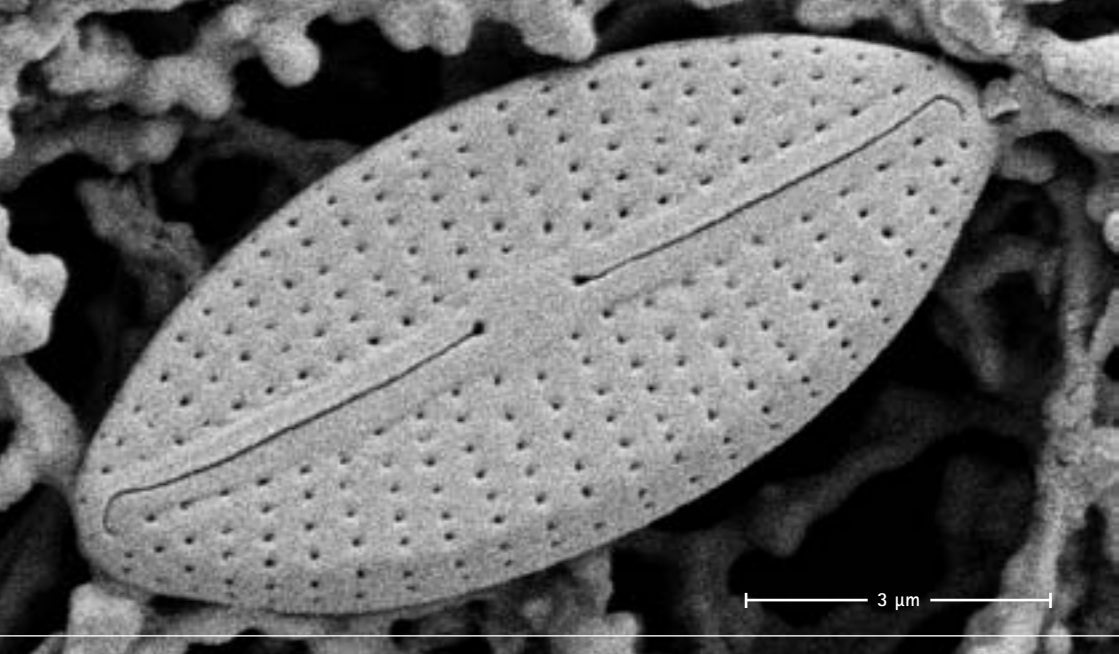
Frustel mit Ansicht auf Schalenfläche und Gürtel



Ansicht einer »geöffneten« Frustel

### Verbreitung und Indikatoreigenschaften

*E. ventricosum* ist eine der häufigsten Arten der Gattung und bevorzugt kalk- und nährstoffreichere Gewässer, in denen mäßig hohe Dichten erreicht werden können. Bemerkenswert ist ihre Toleranz gegenüber organischer Belastung, so zeigt sich die Art vital bis in die  $\alpha$ -mesosaprobe Zone und ist in saprobiell stärker belasteten Bächen und Flüssen ein charakteristisches Florenelement. Hingegen bieten ihr nährstoffarme und/oder saure Gewässer keine Lebensgrundlage.



*Eolimna subminuscula*

## *Eolimna subminuscula*

(Manguin) Moser, Lange-Bertalot & Metzeltin 1998

### Beschreibung

Die Gattung *Eolimna* gehört zur Familie *Naviculaceae* und wurde früher zur Gattung *Navicula* gezählt. In deutschen Gewässern leben nur wenige Arten, von denen *Eolimna subminuscula* neben *E. minima* die häufigste darstellt. Mit Schalenlängen unter 13 µm gehört sie zu den kleinen Diatomeen, die Schalenumrisse sind elliptisch bis elliptisch-lanzettlich. Wie bei allen *Naviculaceae* besitzen beiden Schalen eine in der Schalenmitte verlaufende Raphe (Medianraphe). Die Areolenreihen verlaufen über die gesamte Schalenbreite bis nah an die Schalenmitte heran und sind im zentralen Schalenbereich nicht verkürzt wie bei *E. minima*.

### Verbreitung und Indikatoreigenschaften

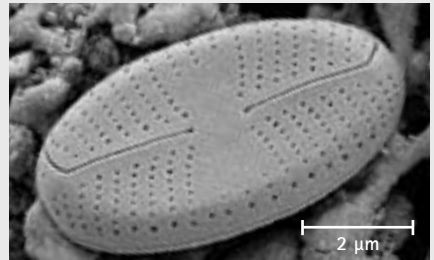
*E. subminuscula* ist in Fließgewässern weit verbreitet und ein zuverlässiger Indikator für organische Belastung. Mit geringer Schwankungsbreite liegt der ökologische Schwerpunkt in stärker verschmutzten Bächen und Flüssen, selbst polysaprobe Verhältnisse werden noch toleriert. In biologisch gereinigtem Abwasser kann die Art Gesellschaftsanteile bis zu 90% erreichen und ist ein wichtiger Bestandteil von »Kläranlagen-Gesellschaften«, zu denen auch die rechts genannten Diatomeen (► Indikatoren organischer Belastung) zählen. Über eine ähnlich hohe Toleranz verfügt *E. minima*, die zweite in deutschen Gewässern häufige Art der Gattung.

### ► Indikatoren organischer Belastung

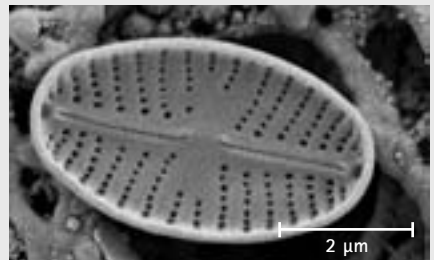
- *Craticula accomoda*
- *Craticula molestiformis*
- *Eolimna subminuscula*
- *Halamphora veneta*
- *Luticola goeppertiana*
- *Mayamaea atomus*
- *Mayamaea saprophila*
- *Navicula veneta*
- *Nitzschia capitellata*
- *Nitzschia communis*
- *Nitzschia umbonata*
- *Sellaphora seminulum*

Diese ist jedoch auch in organisch unbelasteten oder nur leicht verschmutzten Gewässern zu finden und daher als Indikator weniger gut geeignet.

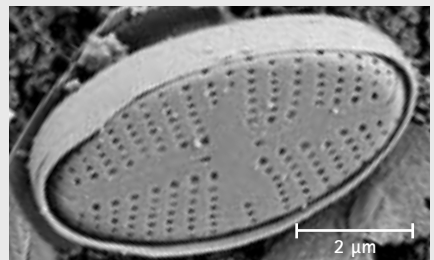
## Weitere Art



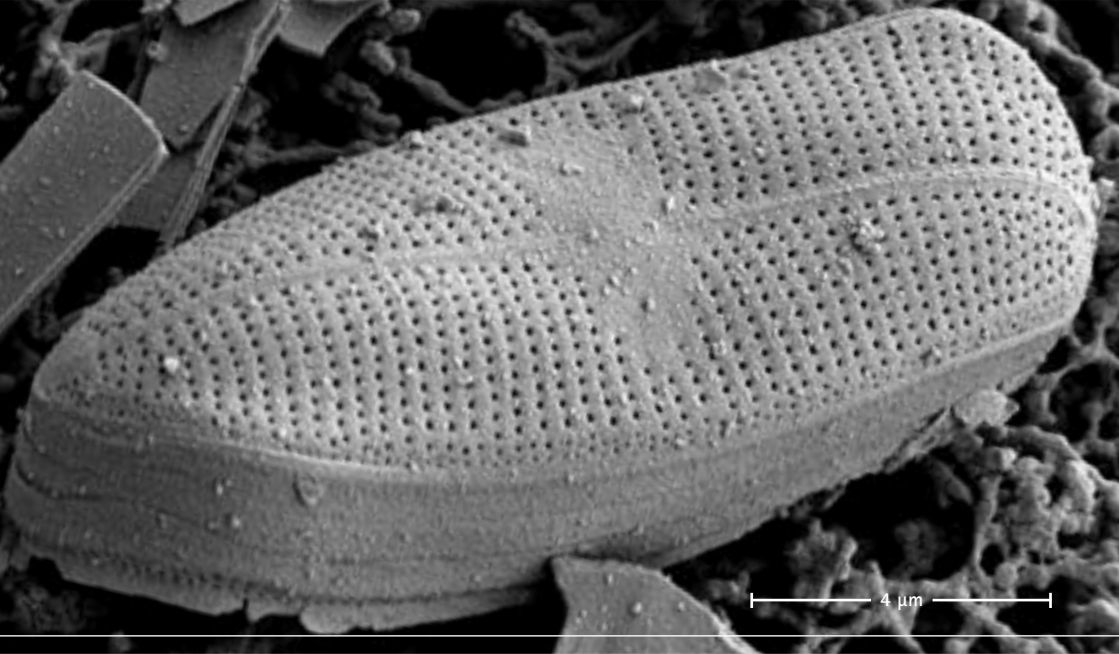
*Eolimna minima*, Außenansicht



*Eolimna minima*, Innenansicht



*Eolimna minima* mit Sicht auf Schale und Gürtel



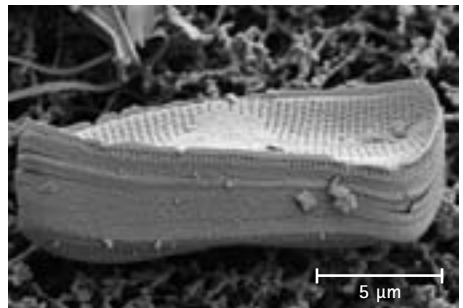
Raphenschale mit dem für die Gattung typischen sigmoiden Raphenverlauf

## *Eucoconeis alpestris* (Brun) Lange-Bertalot 1999

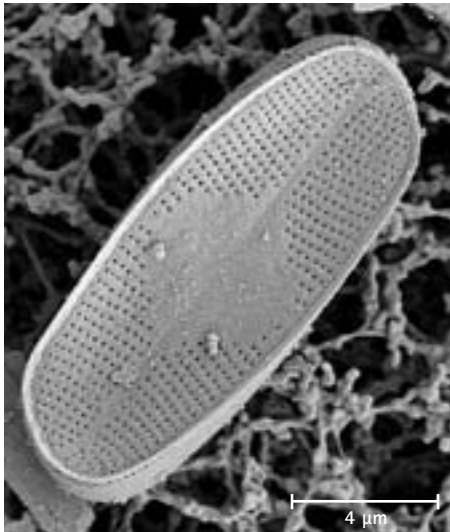
### Beschreibung

Die Gattung *Eucoconeis* gehört zur Familie der *Achnantheaceae*, die sich dadurch auszeichnet, dass nur eine der beiden Schalen einer Frustel eine Raphe besitzt. Diese verläuft in der Schalenmitte (Medianraphe) und ist an den beiden Schalenenden in entgegengesetzter Richtung abgebogen, sodass sich eine auffällige S-förmige Gestalt ergibt. *Eucoconeis* zählt zu den artenarmen Gattungen – in Deutschland wurden bisher lediglich 7 Arten nachgewiesen. Von den übrigen Arten der Gattung ist *Eucoconeis alpestris* anhand des Schalenumrisses, der einem Parallelogramm ähnelt, gut zu unterscheiden. Charakteristisch ist die unterschiedlich starke Wölbung der Schalenflächen, die im Raster-Elek-

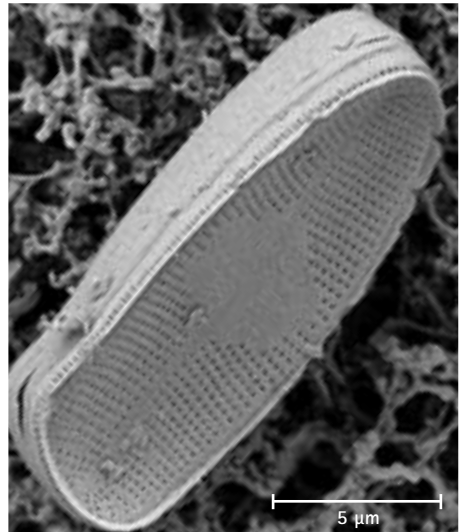
tronenmikroskop besonders deutlich in der Gürtelansicht hervortritt. Im Lichtmikroskop sind – je nach Fokus – die vertieften bzw. erhöhten Bereiche als unscharfe Areale zu erkennen.



Frustel in Gürtelansicht



Raphenlose Schale



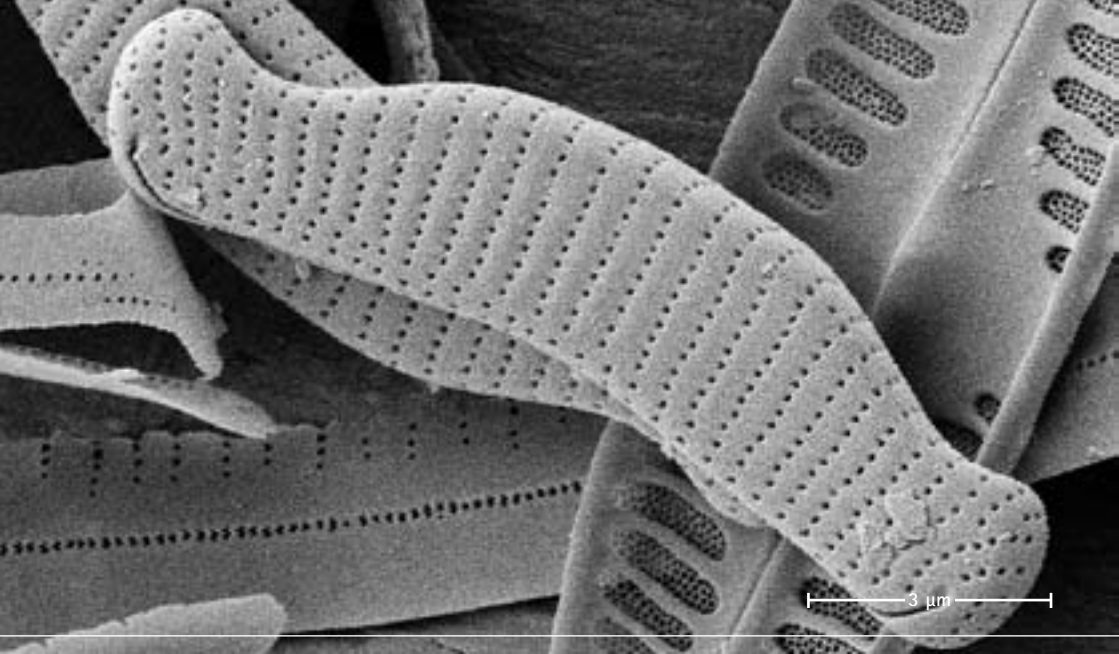
Sicht auf raphenlose Schale und Gürtel

### Verbreitung und Indikatoreigenschaften

Wie der Name bereits deutlich macht, besitzt *E. alpestris* ihren Verbreitungsschwerpunkt in alpinen und subalpinen Gewässern. In Sachsen zählt sie wie die übrigen Arten der Gattung zu den seltenen Diatomeen und wurde bisher nur in stehenden Gewässern nachgewiesen. Dabei ist sie auf die nährstoffärmsten Seen beschränkt und gilt als ausgezeichneter Indikator für oligotrophe Zustände und die höchste ökologische Qualität. Dies gilt auch für die übrigen Arten der Gattung, die alle in hohem Maße sensibel auf Eutrophierung reagieren. *Euocconeis* ist damit ein seltenes Beispiel für eine Gattung innerhalb der Diatomeen, die ausschließlich Oligotrophie-Zeiger umfasst.

### Nachweise in Sachsen

- Cospudener See
- Erikasee
- Harthsee
- Haselbacher See
- Kiessee Laußig
- Kulkwitzer See
- Olbersdorfer See
- Speicher Dreiweibern

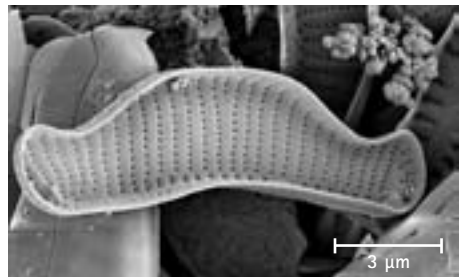


*Eunotia exigua*

## *Eunotia exigua* (Brébisson) Rabenhorst 1864

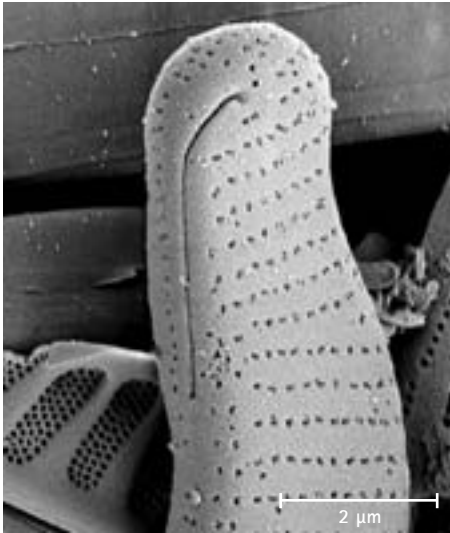
### Beschreibung

Die Gattung *Eunotia* lässt sich anhand ihrer Schalenform gut von allen anderen Gattungen unterscheiden. Die Schalen besitzen eine stärker gewölbte Rückenseite und eine Bauchseite mit konvexem oder geradem Verlauf. Die Form ist namensgebend für die Gattung, denn eunotos (griechisch) bedeutet »mit starkem Rücken versehen«. Infolge ihrer mehr oder weniger starken Krümmung liegen die Schalen häufig in der rechteckigen Gürtelansicht, die bei den meisten Arten der Gattung schwer zu bestimmen ist. Ein weiteres charakteristisches Merkmal, das *Eunotia*-Arten von allen anderen Diatomeen unterscheidet, ist der Bau der Raphe. Diese ist im Unterschied zu anderen Gattungen mit Raphe

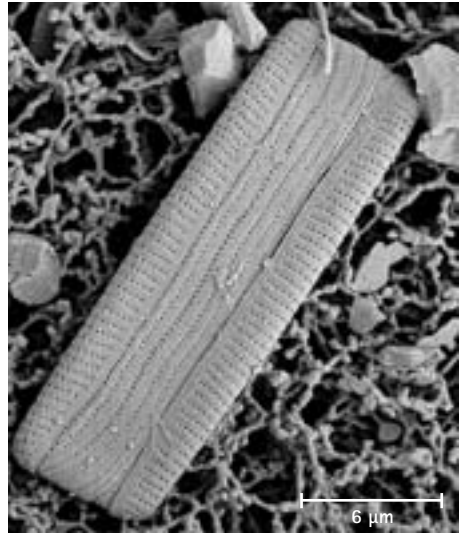


Innenansicht einer Schale

sehr kurz und auf die beiden Pole beschränkt. Sie liegt nahezu im gesamten Verlauf auf dem Schalenmantel oder auf der Schalenkante und ist daher nur in der Gürtelansicht an den Schalenenden sichtbar.



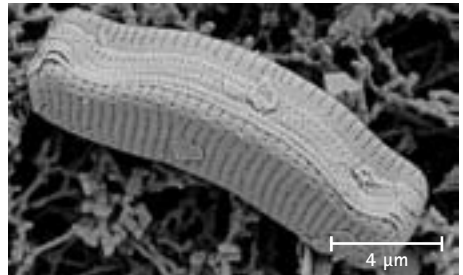
Schalenpol mit Raphé



Gürtelansicht der Rückenseite

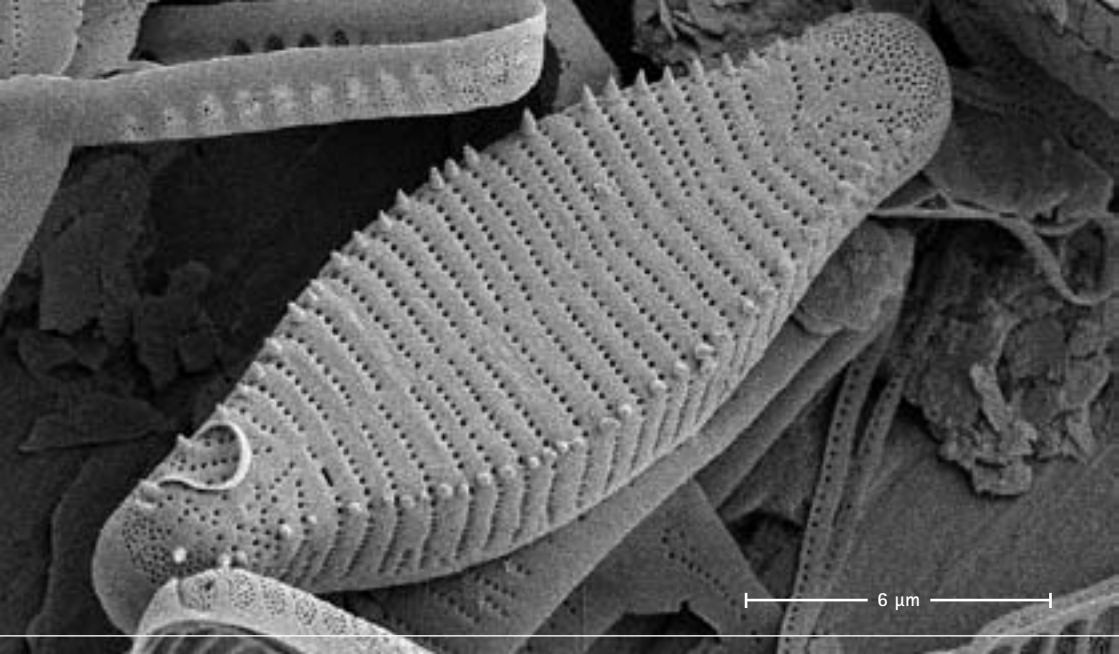
### Verbreitung und Indikatoreigenschaften

Die meisten Arten der Gattung *Eunotia* sind wichtige Indikatoren für eine sehr gute oder gute ökologische Qualität und besitzen eine enge Bindung an natürlich saure, oligotrophe oder dystrophe Lebensräume. Aber die Gattung schließt auch wichtige Zeiger anthropogener Versauerung ein. Von diesen gilt *Eunotia exigua* als herausragende Indikatorart und prägt in durch sauren Regen oder Braunkohleabbau versauerten Gewässern die Gesellschaften. Sind die Gewässer nur temporär oder periodisch auftretenden Säureschüben ausgesetzt, treten zumeist noch zahlreiche andere, mehr oder weniger säuretolerante Arten hinzu. Mit sinkenden pH-Werten nimmt die Häufigkeit von *E. exigua* jedoch



Sicht auf Schale und Gürtel

deutlich zu. In permanent stark versauerten Bächen der Mittelgebirge und Seen kann sie Gesellschaftsanteile bis zu 100% erreichen, wobei pH-Werte bis zu 2 toleriert werden.



*Fragilaria virescens* in Schalenansicht. Deutlich sichtbar sind die abgebrochenen, dörnchenförmig erscheinenden Verbindungselemente.

## *Fragilaria virescens*

Ralfs 1843

### Beschreibung

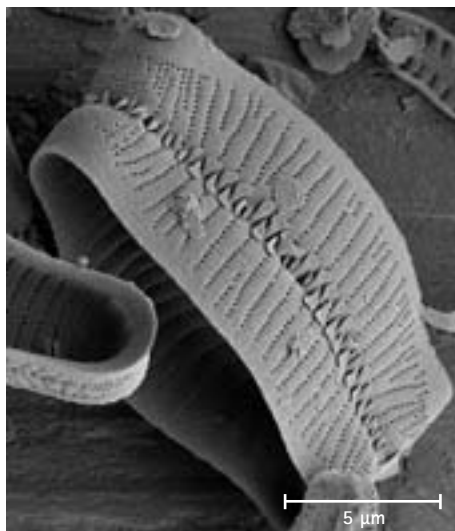
Die Gattung *Fragilaria* gehört zur Familie *Fragilariaceae*, die sich von anderen pennaten Diatomeen durch das Fehlen einer Raphe unterscheidet. Die einzelnen Zellen sind durch Verbindungselemente am Schalenrand zu Bändern verbunden. Der Name der Gattung leitet sich vom lateinischen Begriff *fragilis* (= zerbrechlich) ab und bezieht sich auf die Zerbrechlichkeit der bandförmigen Kolonien. Denn durch die Säurepräparation zerfallen die Bänder meist in Einzelzellen oder sind nur fragmentarisch erhalten. Die Gattung stellt im Süßwasser die artenreichste Gattung der raphenlosen Diatomeen dar und weist im Schalenumriss und -feinbau eine große Vielfalt auf. Das Spektrum reicht von kleinen,

elliptischen Schalen bis hin zu langen nadelförmigen Formen, die vorwiegend im Plankton leben. Die hier behandelte *Fragilaria virescens* nimmt in ihrer Schalenform eine mittlere Stellung ein, ihre bandförmigen Aggregate sind auch im präparierten Zustand oft erhalten.

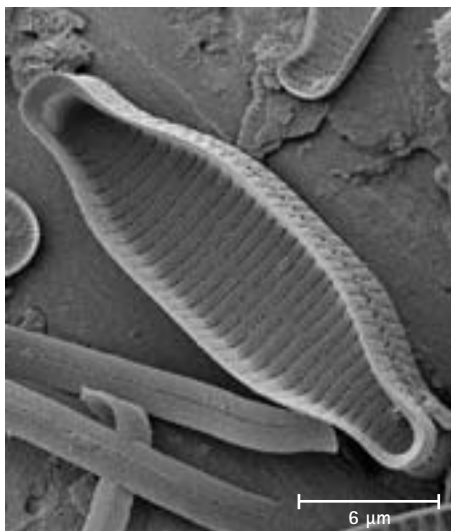
### Verbreitung und Indikatoreigenschaften

*F. virescens* kommt nur in einem engen Spektrum von Gewässern vor und ist auf Grund dieser Stenökologie als Indikator hervorragend geeignet. Die Art besiedelt ausschließlich elektrolytarme, schwach saure bis neutrale Gewässer auf Silikatböden. Auf Eutrophierung reagiert sie sehr sensibel mit deutlichen Vitalitätsverlusten und verschwindet schon bei mäßiger Nährstoffbelastung





Schalen zweier Zellen in Gürtelsicht mit intakten plattenförmigen Verbindungselementen

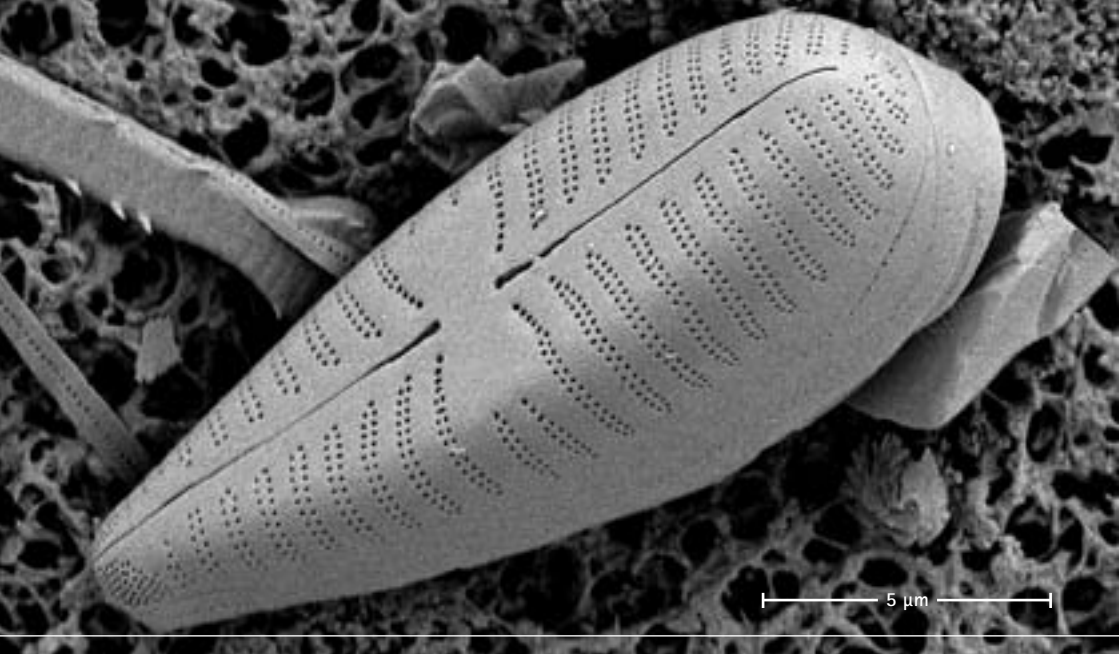


Innenansicht der Schale

vollständig. In deutschen Bewertungsverfahren ist sie daher als Indikator für eine sehr gute Qualität eingestuft. In versauerungssensiblen Gewässern wird sie auch als Indikator für verschiedene Grade von anthropogener Versauerung herangezogen: So wird eine schwache Versauerung toleriert, permanent oder zeitweise stark versauerte Gewässer bieten ihr jedoch keine Lebensgrundlage mehr.

#### Häufige Vorkommen in Sachsen

- Große Pyra
- Pöbelbach
- Rote Pockau
- Schwarze Pockau
- Weißbach
- Wilde Weißeritz
- Wilzsch
- Wolfsbach



Sicht auf Schale und Teile des Gürtels

## *Gomphonema olivaceum* (Hornemann) Brébisson 1838

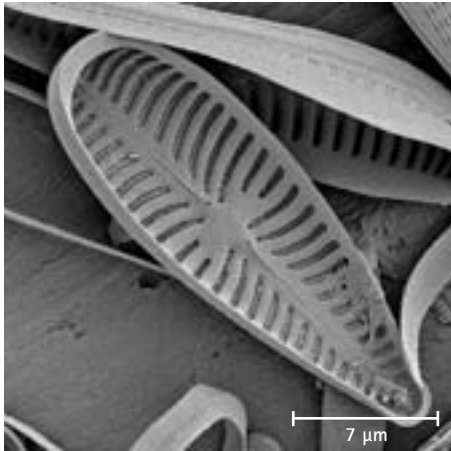
### Beschreibung

Charakteristisches Merkmal der Gattung *Gomphonema* ist der keulenförmige Schalenumriss. Zwar existieren noch weitere Diatomeen mit Keulenform, bei diesen handelt es sich jedoch durchweg um artenarme Gattungen, die in Sachsen bisher nur selten nachgewiesen wurden. Eine Ausnahme stellt lediglich die weit verbreitete *Rhoicosphenia abbreviata* (► Kapitel *Rhoicosphenia abbreviata*; S. 152) dar. Von dieser sind die Arten der Gattung *Gomphonema* durch die auf beiden Schalen vollständig ausgebildete Medianraphe, deren Äste bis zur Schalenmitte reichen, leicht zu unterscheiden. Innerhalb der Gattung stellt *Gomphonema olivaceum* eine der leicht bestimmbareren Arten dar und kann von

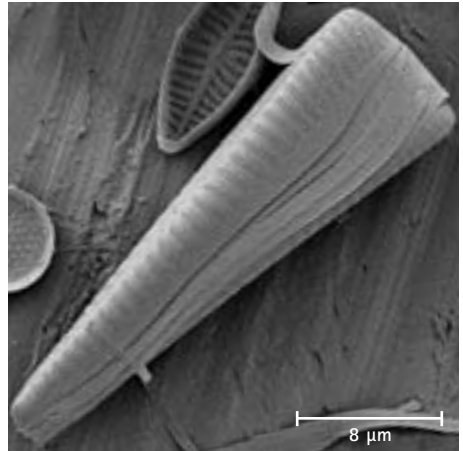
entfernt ähnlichen Formen anhand des oval-keulenförmigen Umrisses und der stark bogig verlaufenden Streifen leicht differenziert werden. Selbst Gürtelansichten können noch relativ sicher bestimmt werden. Im lebenden Zustand sind die Zellen über Gallertstiele, die über Porenfelder am Fußpol ausgeschieden werden, mit dem Substrat verbunden (► Lebensweise im Einführungsteil Diatomeen; S. 114).

### Verbreitung und Indikatoreigenschaften

*G. olivaceum* ist eine der häufigsten Arten der Gattung und in fast allen im Rahmen des Monitorings untersuchten Gewässertypen verbreitet. Der Schwerpunkt liegt in meso- und eutrophen Gewässern, in denen oft hohe Gesellschaftsan-



Innenansicht einer Schale



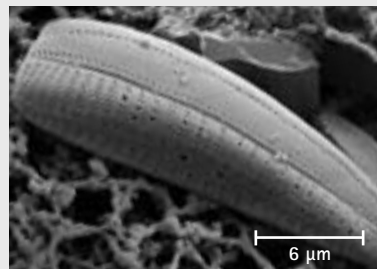
Gürtelansicht von *Gomphonema olivaceum* mit weit in die Gürtelfläche einlaufenden Areolenreihen

### Häufige Begleitarten

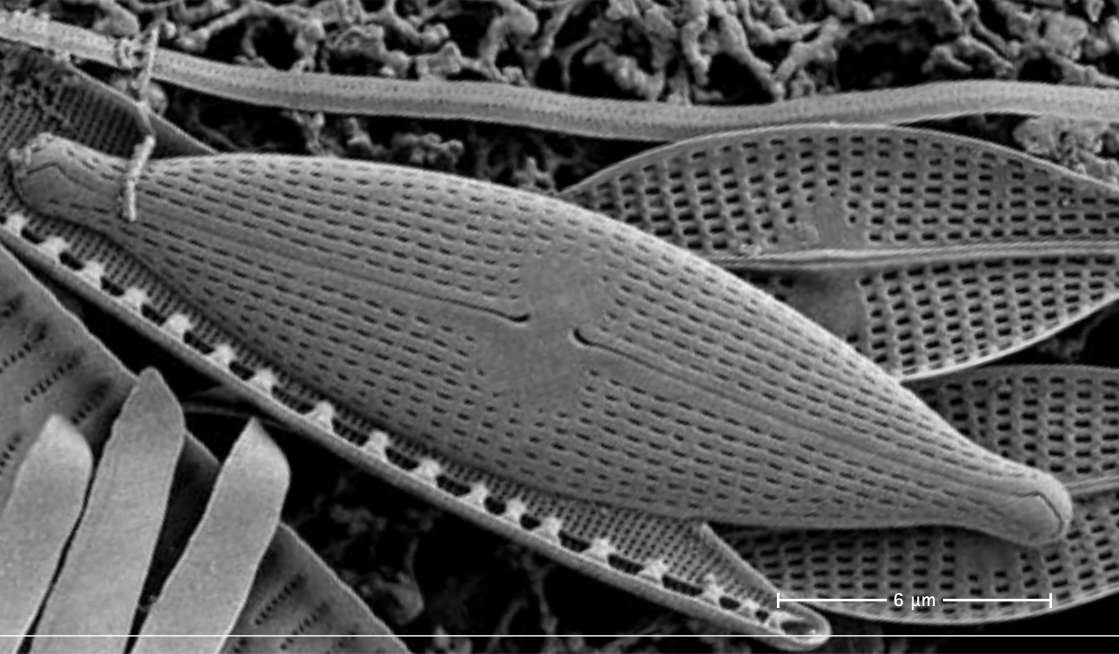
- *Achnanthydium minutissimum*
- *Cocconeis placentula*
- *Encyonema ventricosum*
- *Gomphonema minutum*
- *Navicula cryptotenella*
- *Navicula tripunctata*
- *Rhoicosphenia abbreviata*

teile erreicht werden. Dagegen meidet die Art saure und elektrolytarme Gewässer. Gegenüber organischer Verschmutzung zeigt sie sich relativ tolerant,  $\alpha$ -mesosaprobe Bedingungen und schlechter werden allerdings nicht mehr toleriert.

### Weitere Art



Die häufig assoziierte *Rhoicosphenia abbreviata* besitzt gleichfalls einen keilförmigen Schalen-umriss. In Gürtelansicht wird jedoch die Krümmung der Frustel deutlich, die sie von Arten der Gattung *Gomphonema* unterscheidet.



*Navicula gregaria* in Schalenansicht

## *Navicula gregaria*

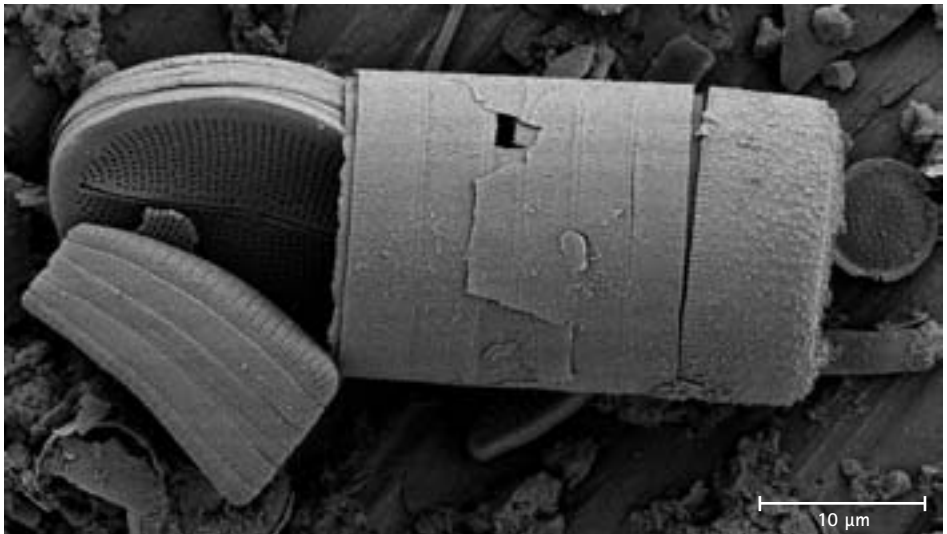
Donkin 1861

### Beschreibung

Der Name *Navicula* ist vom lateinischen Wort *navis* abgeleitet, das »Schiffchen« bedeutet und bezieht sich auf den bei allen Arten mehr bis weniger lanzettlichen Schalenumriss. Jede der beiden Schalen einer Frustel besitzt eine Medianraphe, die in der Schalenmitte durch den Zentralknoten unterbrochen ist und dadurch in zwei Äste geteilt wird. Die in Reihen angeordneten Areolen sind strichartig verlängert und werden – spezifisch für die Gattung – als Lineolae bezeichnet. Bei fein areolierten Arten sind die einzelnen Lineolae im Lichtmikroskop nicht mehr auflösbar und werden als Streifen wahrgenommen. Als artspezifische Merkmale von *Navicula gregaria* gelten vor allem die köpfchenartig vor-

gezogenen Enden und das Strukturmuster der Areolenreihen (Streifen), die nur wenig schräg gestellt und im mittleren Bereich der Schale deutlich verkürzt sind. Die zentralen Enden der Raphe sind zur entgegengesetzten Seite gekrümmt wie ihre an den Polen befindlichen Enden. Werden der Raphenverlauf und die Stellung der Streifen nicht beachtet, bestehen Verwechslungsmöglichkeiten vor allem mit *N. veneta*.

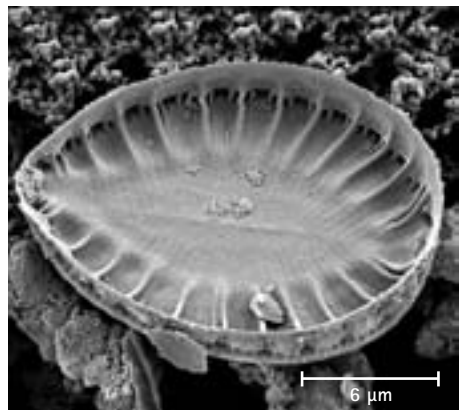
Im Foto oben sind die an ihren Enden nach unterschiedlichen Seiten abgekrümmten Raphenäste erkennbar. Im rechten Bildteil sind zwei teilweise verdeckte Innenansichten zu sehen.



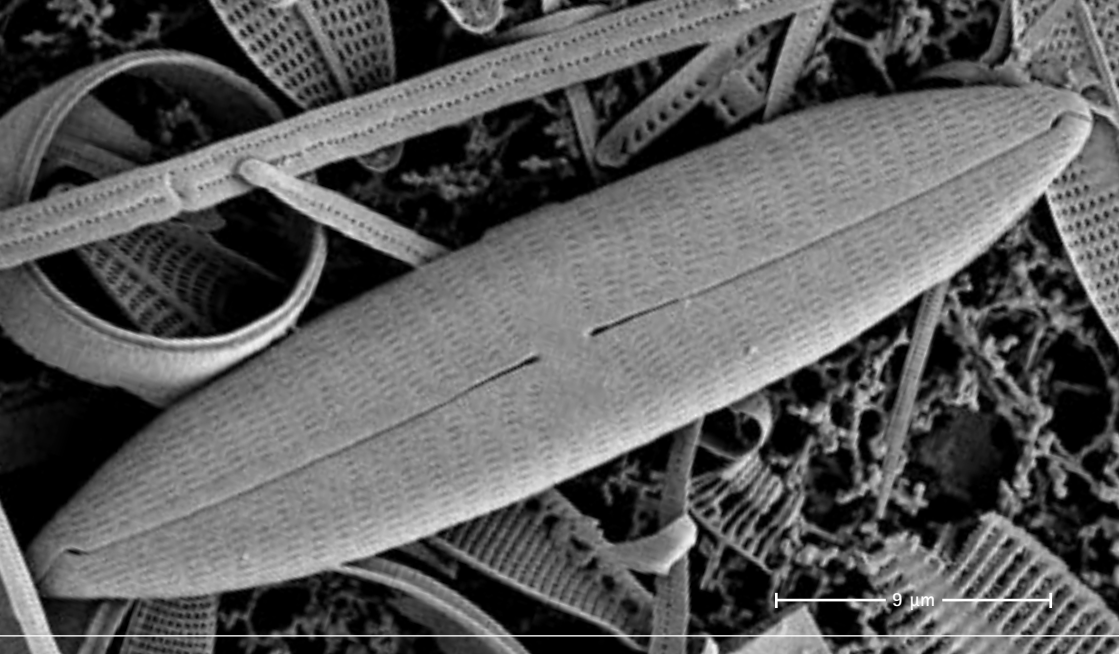
Drei häufige Begleitarten in eutrophen Gewässern: *Cocconeis pediculus* (links oben), *Rhoicosphenia abbreviata* (links unten) und die zentrale *Melosira varians*

### Verbreitung und Indikatoreigenschaften

In deutschen Gewässern ist *N. gregaria* eine der häufigsten Diatomeen überhaupt und in nahezu allen Gewässertypen anzutreffen. Massenvorkommen sind vor allem in Bächen und Flüssen der Mittelgebirge zu beobachten, wo sie häufig gemeinsam mit ► *N. lanceolata* (S. 148) auftritt. Die ökologische Amplitude ist weit gespannt. So siedelt die Art nahezu über das gesamte Trophie-spektrum. Ihre Toleranz gegenüber organischer Verschmutzung reicht bis in die  $\alpha$ -mesosaprobe Zone. Sie ist daher häufig in den verarmten Gesellschaften abwasserbelasteter Wuchsorte zu finden. Aber auch in unbelasteten Bächen wird sie stetig beobachtet.



Häufige Begleitart in organisch belasteten Fließgewässern: *Surirella brebissonii* (Innenansicht)



*Navicula tri-punctata* mit Medianraphe und in Reihen angeordneten, strichartig verlängerten Areolen (Lineolae)

## *Navicula lanceolata* | *Navicula tri-punctata* (C. Agardh) Ehrenberg 1838 | (O.F. Müller) Bory 1822

### Beschreibung

Als typische Vertreter der Gattung *Navicula* besitzen beide Arten einen mehr oder weniger lanzettlichen, schiffchenförmigen Schalenriss. Im Unterschied zu *Navicula gregaria* werden keine Köpfchen ausgebildet. Jede der beiden Schalen einer Frustel besitzt eine in der Mitte verlaufende Raphe (Medianraphe). Diese ist im zentralen Bereich der Schale durch den Zentralknoten unterbrochen und dadurch in zwei Raphenäste geteilt. Charakteristisch für die Gattung sind die strichartig verlängerten Areolen, die als Lineolae bezeichnet werden. Bei fein areolierten Arten sind die einzelnen Lineolae im Lichtmikroskop nicht mehr auflösbar und werden als Streifen wahrgenommen. *Navicula*

*lanceolata* und *Navicula tri-punctata* sind typische Vertreter der Gattung und unterscheiden sich vor allem durch den Schalenriss und die Stellung der Areolenreihen. So besitzt *Navicula tri-punctata* lineare Schalen mit relativ geraden Streifen. Die zentral gelegene Area hat eine annähernd rechteckige Form und ist über die halbe Schalenbreite quer verlängert. Hingegen sind die Schalen von *N. lanceolata* deutlich lanzettlich, die Streifen verlaufen im mittleren Schalenteil bogenförmig, die Zentralarea ist mehr oder weniger rundlich.



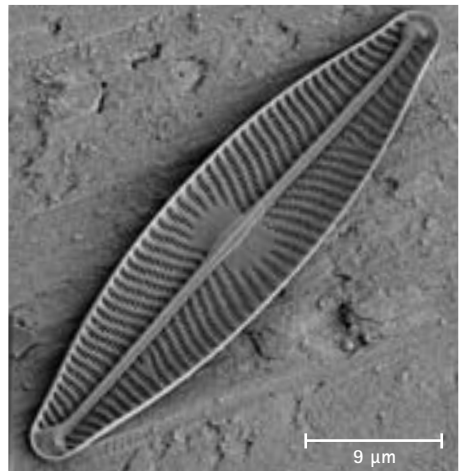
*Navicula tri-punctata*, Innenansicht



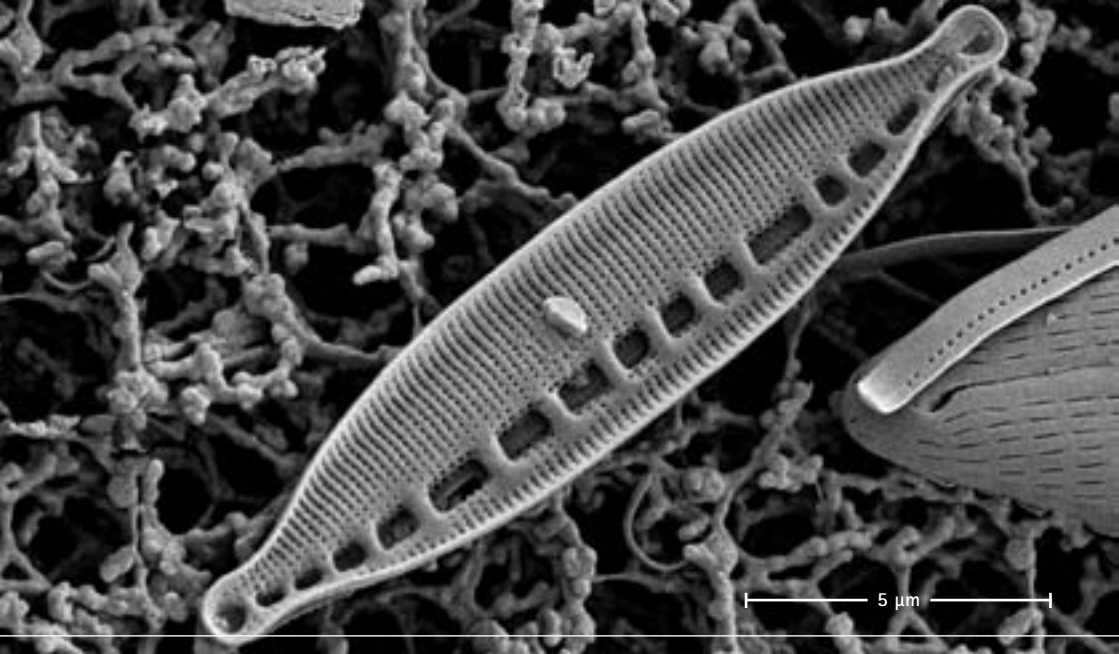
*Navicula lanceolata*, Außenansicht

### Verbreitung und Indikatoreigenschaften

*N. lanceolata* und *N. tri-punctata* zählen zu den häufigsten Vertretern der Gattung und sind in allen nährstoffreichen Gewässern weit verbreitet. *N. lanceolata* besiedelt bevorzugt Fließgewässer und bildet in den Winter- und Frühjahrsmonaten häufig Massenvorkommen aus, besonders in den Flüssen der Mittelgebirge. Beide Arten zählen zu den Eutrophierungszeigern, reagieren jedoch sensibel auf organische Verschmutzung über den  $\beta$ - $\alpha$ -meso-saprobien Belastungsgrad hinaus.



*Navicula lanceolata*, Innenansicht



Innenansicht einer Schale mit deutlich erkennbaren Fibulae, die den Raphenkanal überbrücken.

## *Nitzschia dissipata* (Kützing) Grunow 1862

### Beschreibung

Die Gattung *Nitzschia* zählt zur Familie *Bacillariaceae*, die kompliziert gebaute Kanalaraphen besitzt. Bei diesen wird der über die gesamte Schalenlänge laufende Raphenschlitz von vielen kurzen Silikatbrücken überspannt, den sogenannten Fibulae. Sie haben die Funktion von Verstrebungen, die die Stabilität der Frusteln erhöhen. Die Fibulae sind zumeist auch lichtmikroskopisch gut sichtbar und stellen neben der Schalenform und der Dichte der Areolenreihen (Streifen) ein wichtiges Bestimmungsmerkmal dar. Bei *Nitzschia dissipata* verläuft der Raphenkanal nicht am Rand der Schale wie es für die meisten *Nitzschia*-Arten typisch ist, sondern ist ein wenig zur Schalenmitte hin verschoben. Der

Raphenspalt liegt auf einem Kiel, der sich etwas über die Schalenfläche erhebt. An diesem befestigt ist eine dünne Silikatfolie, das Conopeum, das den Raphenspalt und die Fibulae überdeckt. Auf Grund der exzentrischen Lage der Raphe in Kombination mit der mittleren Schalenlänge zählt *N. dissipata* zu den leichter bestimmbareren Vertretern der sehr artenreichen Gattung.

### Verbreitung und Indikatoreigenschaften

In nährstoffreicheren Gewässern ist *N. dissipata* eine der häufigsten Diatomeen. Das ökologische Optimum liegt in eutrophen Fließgewässern und Seen, wo sie ein charakteristischer Bestandteil nährstoffliebender Gesellschaften ist. Besonders in Flüssen und Strömen sind unabhängig von der





Frustel mit Conopeum

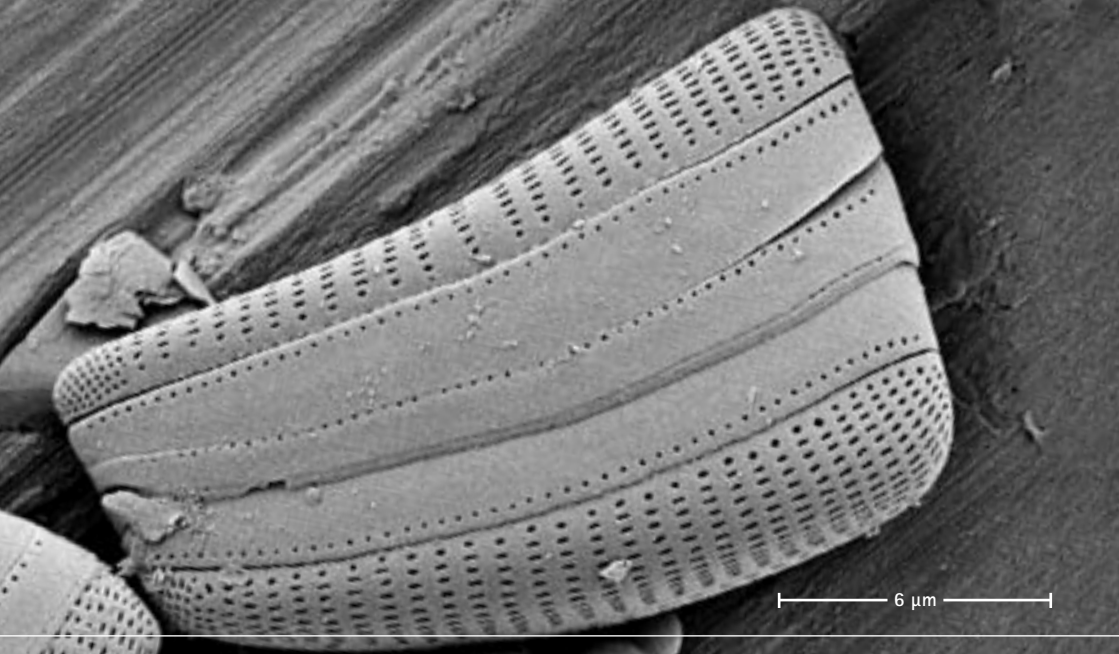
### Häufige Vorkommen in Sachsen

- Bahrebach
- Bierlichtbach
- Birnenitzer Dorfbach
- Elbe
- Goldbach
- Kaitzbach
- Ketzerbach
- Kleine Spree
- Kleine Triebisch
- Kührenscher Bach
- Landwasser
- Lausitzer Neiße
- Schwarzer Schöps
- Spree
- Weiße Elster
- Wyhra

Ökoregion häufig Massenvorkommen zu beobachten. Während *N. dissipata* als Indikatorart für hohe Trophiegrade gilt, reagiert sie auf organische Belastung über die Güteklasse II hinaus mit deutlichen Vitalitätsverlusten. In oligotrophen und mesotrophen Gewässern ist die Art nur sehr selten zu beobachten.

### Häufige Begleitarten

- *Cocconeis pediculus*
- *Encyonema ventricosum*
- *Gomphonema minutum*
- *Navicula gregaria*
- *Navicula lanceolata*
- *Navicula tripunctata*
- *Nitzschia fonticola*
- *Rhoicosphenia abbreviata*



*Rhoicosphenia abbreviata* in der Gürtelansicht

## *Rhoicosphenia abbreviata*

(C. Agardh) Lange-Bertalot 1980

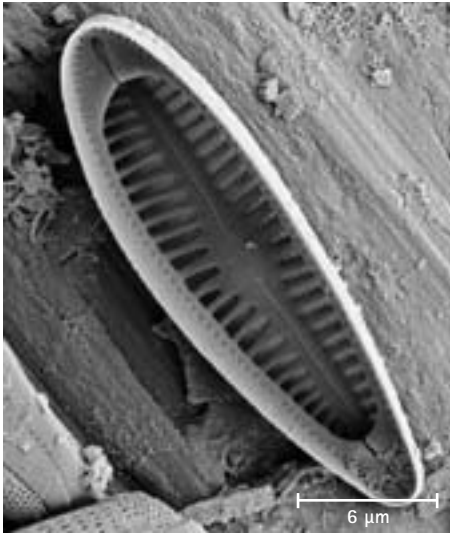
### Beschreibung

*Rhoicosphenia abbreviata* besitzt eine Kombination von Schalenmerkmalen, die die Art nahezu unverwechselbar machen. Die keilförmigen Frusteln zeigen einen breiteren Kopfpol, einen schmaleren Fußpol und ähneln im Umriss der Gattung *Gomphonema*. Im Unterschied zu dieser sind die Frusteln in Gürtelansicht jedoch deutlich gekrümmt. Die Form der Schalen war auch namensgebend. So bedeutet rhoicos im Griechischen »krumm« und sphen ist das Wort für »Keil«. Im lebenden Zustand sind die Zellen mit Gallertpolstern oder kurzen Stielchen, die über Porenfelder am Fußpol ausgeschieden werden, dem Substrat angeheftet. Auf beiden Schalen sind in

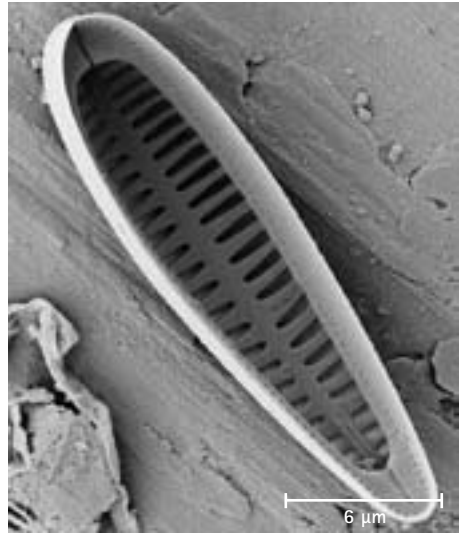
der Schalenmitte verlaufende Medianraphen ausgebildet. Auf der konkav gekrümmten Schale reichen die Raphenäste nahezu bis zur Schalenmitte, auf der konvexen Schale sind sie stark verkürzt. Die verkürzten Raphen sind auch im Lichtmikroskop gut zu erkennen. Infolge ihrer deutlichen Krümmung liegen die Frusteln im Präparat häufig in der Gürtelansicht.

### Verbreitung und Indikatoreigenschaften

Der Verbreitungsschwerpunkt der Gattung *Rhoicosphenia* liegt im marinen Bereich. In deutschen Binnengewässern stellt *Rhoicosphenia abbreviata* den einzigen Vertreter dar. Die Art siedelt bevorzugt epiphytisch, d. h. auf anderen

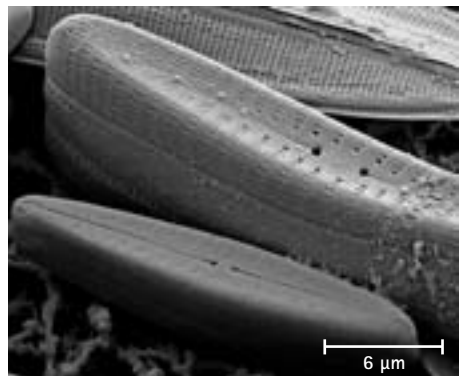


Innenansicht der konkaven Schale mit Raphenästen bis zur Schalenmitte

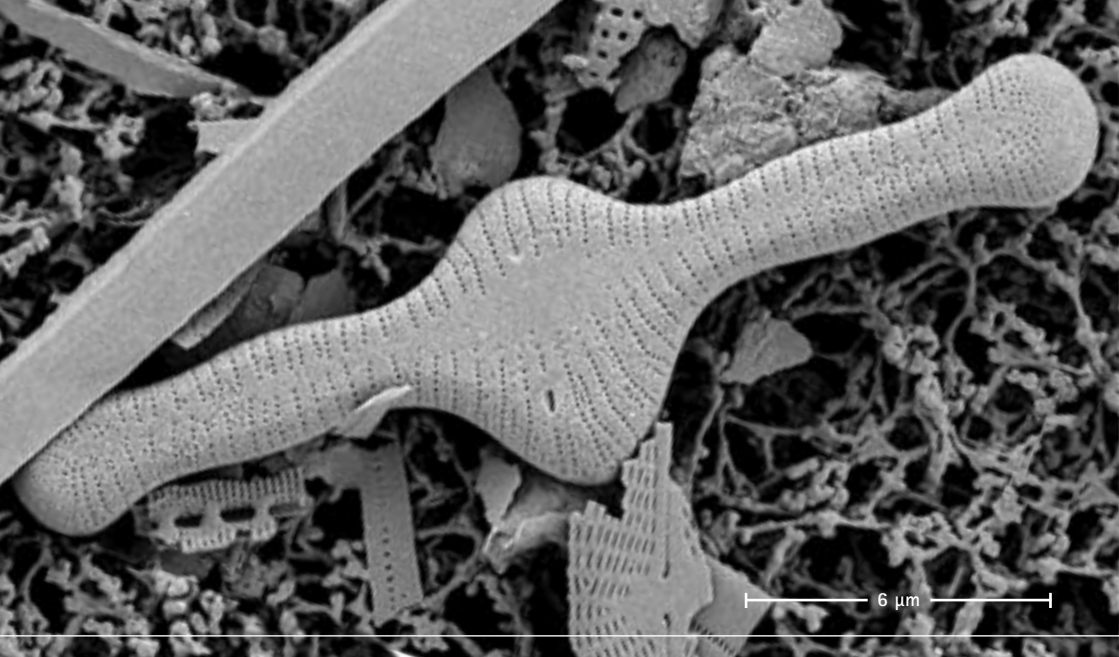


Innenansicht der konvexen Schale mit verkürzten Raphenästen

Wasserpflanzen und bildet auf diesen häufig Massenvorkommen aus, besonders in elektrolyt-reichen Gewässern. Bei mäßig hoher bis hoher Trophie ist sie eine der häufigsten Diatomeen und wird im Rahmen der Gewässerüberwachung in allen Gewässertypen mit hoher Stetigkeit angetroffen. Auch gegenüber organischer Verschmutzung zeigt sie sich relativ tolerant,  $\alpha$ -mesosaprobe Bedingungen und schlechter werden allerdings nicht mehr toleriert. Auf Grund der Präferenz hoher Trophiegrade gilt sie in den allermeisten Gewässertypen als Störzeiger.



*Rhoicosphenia abbreviata* (obere Bildhälfte) und *Gomphonema* spec. (untere Bildhälfte)



*Tabellaria flocculosa* mit zentralem Lippenfortsatz und Porenfeldern an den Enden

## *Tabellaria ventricosa* | *Tabellaria flocculosa* Kützing 1844 | (Roth) Kützing 1844

### Beschreibung

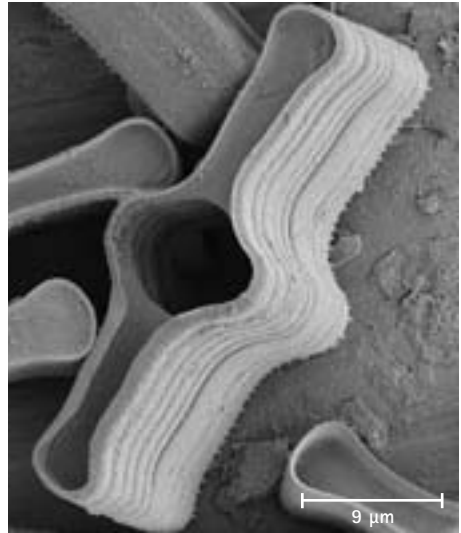
Mit fünf bekannten Arten ist *Tabellaria* eine extrem artenarme Gattung. Obwohl mit *T. flocculosa* und *T. ventricosa* nur zwei Arten im Diatomeenaufwuchs häufiger zu finden sind, stellt die Gattung auf Grund der Schalenformen ein sehr auffälliges Element der deutschen Diatomeenflora dar. Die Frusteln sind länglich, besitzen schwach kopfige Enden und eine aufgetriebene Schalenmitte. Die Gattung gehört zu den *Fragilariaceae*, keine der beiden Schalen besitzt eine Raphe. Ein wichtiges Bestimmungsmerkmal ist der Lippenfortsatz, ein Wanddurchbruch, der auf der Innenseite der Schale eine lippenförmige Gestalt besitzt. Bei *T. flocculosa* ist er in der zentralen Auftreibung positioniert, bei *T. ventricosa* befindet er sich hin-

gegen im Bereich der beiden Schalenenden. Charakteristisch ist die große Zahl von Zwischenbändern, die die obere und untere Schale verbinden. Sie bedingen eine große Breite des Zellgürtels. Die Frusteln liegen im mikroskopischen Präparat daher häufig in der Gürtelansicht und erscheinen dann quadratisch oder länglich-rechteckig. Im lebenden Zustand sind die Zellen über Gallerten verbunden und bilden zickzackförmige Ketten. Die Gallerten werden über die an den Enden gelegenen Porenfelder ausgeschieden (► Lebensweise im Einführungsteil Diatomeen; S. 114).

*T. flocculosa* besitzt im zentralen Bereich einen Lippenfortsatz. Zu erkennen sind die in Reihen angeordneten Areolen und die an den Enden gelege-



*Tabellaria ventricosa* mit punktförmig erscheinenden Lippenfortsätzen an den Schalenenden (siehe Pfeile)

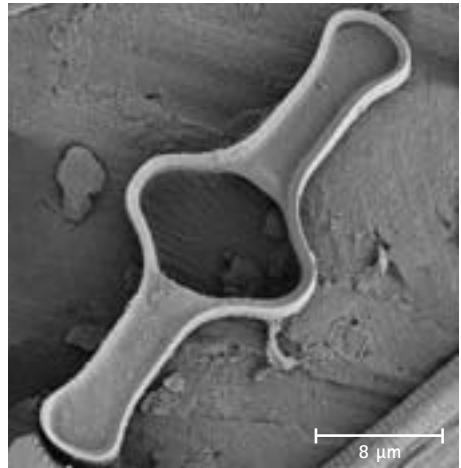


Zwischenbänder

nen Porenfelder. Über diese werden Gallerten ausgeschieden, die die Zellen miteinander verbinden.

### Verbreitung und Indikatoreigenschaften

*T. flocculosa* ist mit weiter Amplitude bezüglich Kalkgehalt und Trophie stellenweise individuenreich im Aufwuchs von Fließgewässern zu finden. Besonders langschalige Populationen treten aspektbildend im Plankton von stehenden Gewässern auf. Die Verbreitung von *T. ventricosa* ist deutlich enger umgrenzt. So ist sie nur in Bächen der Silikatregionen zu finden, aus kalkarmen Seen liegen vereinzelte Nachweise vor. Die Habitate sind nährstoffarm, meist moorbeeinflusst und sauer. Die Art ist ein Indikator der sehr guten ökologischen Qualität.

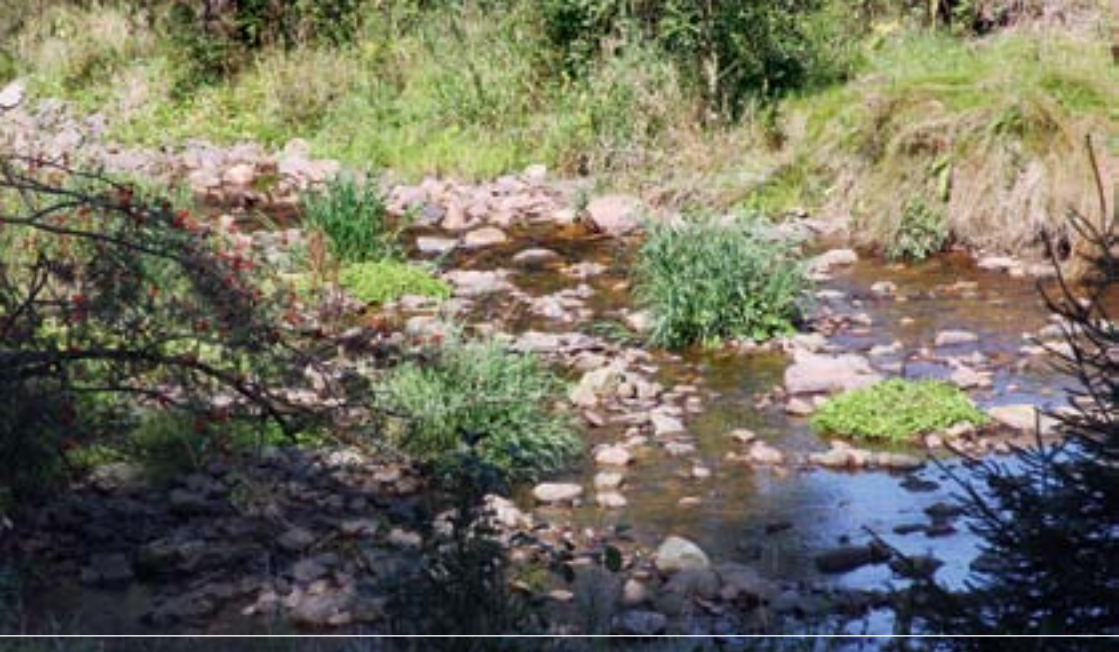


Innenansicht



# Anwendungsbeispiele





Die Schwarze Pockau ist an der Probestelle 8 m breit und weniger als 30 cm tief.

## Schwarze Pockau oberhalb Neusorge

### Kurzbeschreibung

Die Schwarze Pockau, ein linksseitiger Nebenfluss der Flöha, entspringt in 890 m üNN im Böhmisches Erzgebirge im Grenzgebiet der Tschechischen Republik. Im Quellbereich des 33 km langen Wildbaches befinden sich Hochmoore und Moorwiesen. Durch Einträge von Feinsubstanzen und Huminstoffen aus diesen Mooren ist das Wasser bräunlich gefärbt. Anschließend fließt die Schwarze Pockau durch Wiesen und lockere Kiefernbestände an einigen Ortschaften vorbei. Hier bildet der Wasserlauf zugleich die Staatsgrenze. Unterhalb der Ortschaft Kühnhaide fließt sie durch den Fichtenwald des Naturschutzgebietes Schwarzwassertal. Dieser Wald wird oberhalb der Messstelle bei Neusorge von Wiesen und bachbe-

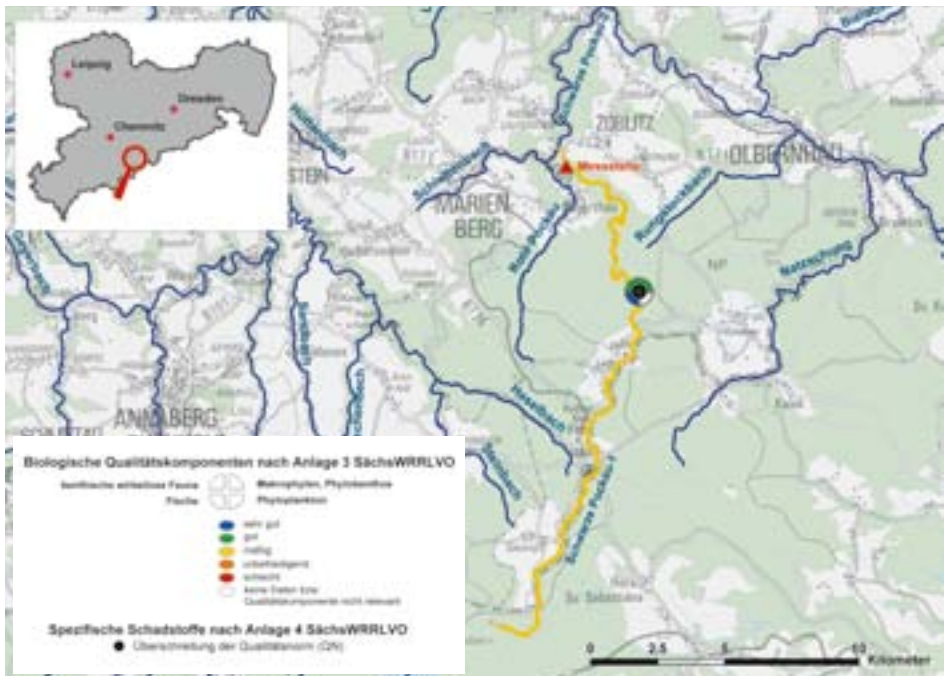
gleitenden Auengehölzen abgelöst. Die Schwarze Pockau gilt bis zum Zufluss der Roten Pockau als grobmaterialreicher, silikatisch geprägter Mittelgebirgsbach (LAWA-Fließgewässertyp 5). Nach dem Zufluss der Roten Pockau erhöhen sich Durchfluss und Einzugsgebietsgröße, die Schwarze Pockau wird zum silikatisch geprägten Mittelgebirgsfluss (LAWA-Fließgewässertyp 9). Auf Grund des Typwechsels wird die Schwarze Pockau in die beiden Wasserkörper Schwarze Pockau-1 und -2 unterteilt. Die hier betrachtete Messstelle OBF 37910 »oberhalb Neusorge« befindet sich am Ende des Wasserkörpers Schwarze Pockau-1.



Die Schwarze Pockau-1 (Fließgewässertyp 5) verläuft gemäß dem Leitbild je nach Talbodengefälle meist eher gestreckt, gewunden oder auch geringfügig mäandrierend durch Kerb-, Mulden- und Sohlintäler. Sie ist ein schnell und turbulent fließendes, meist sehr flaches Gewässer und wird charakterisiert durch Wechsel von flachen Abschnitten (Schnellen) mit kurzen, tiefen, ruhigen Abschnitten (Stillen). Die Gewässer-  
 sohle besteht zum größten Teil aus Schotter und Steinen, die häufig in großen Flächen Bänke bilden. Auch Blöcke oder Felsrippen sind vorhanden. Feinkörnigere Substrate befinden sich in den Stillen und an den Gleithängen, die an den inneren Kurven der Mäander ausgebildet sind. Totholz und Wurzelballen verändern häufig die Strömungsbedingungen im Gewässer. Insgesamt handelt es sich beim Typ 5 um ein sehr dyna-

misches Gewässer mit sehr großen Abflussschwankungen und einzelnen Extremabflüssen im Jahresverlauf. Auf Grund der geologischen Beschaffenheit des Einzugsgebietes sind solche Gewässer silikatisch geprägt. Der Gewässertyp neigt zur Versauerung (POTTGIESSER & SOMMERHÄUSER 2008).

Hinsichtlich der Nährstoffgehalte schwanken die Jahresmittelwerte um die für die Grenze »sehr gut – gut« für Typ 5 angenommenen Hintergrundwerte von 0,05 mg/l für Gesamtphosphor und 0,04 mg/l für Ammonium-Stickstoff (LAWA 2007). Das geringfügig beeinflusste Gewässer befindet sich hinsichtlich der Nährstoffe nahe des Referenzzustandes. Allerdings kann es zeitweise zu leichten Beeinträchtigungen durch Nährstoffeinträge kommen, da der Schwarzen



Kartenausschnitt mit Lage und Verlauf der Schwarzen Pockau-1 (gelb). Im Kreisdiagramm sind die Bewertungen der Biologischen Qualitätskomponenten laut WRRL angegeben.

Pockau Abwässer aus verschiedenen Kläranlagen im Einzugsgebiet und Mischwassereinleitungen zugeführt werden. Gleiches gilt für die saprobielle Belastung, die als Modul innerhalb des Bewertungsverfahrens für Makrozoobenthos mit »gut« bewertet wurde. Für eine Bewertung der Schwarzen Pockau-1 mit Hilfe der Qualitätskomponenten Makrophyten und Phytobenthos stehen Daten aus mehreren Probenahmejahren zur Verfügung.

### Makrophyten

In der Schwarzen Pockau-1 wurden sechs verschiedene Makrophyten-Arten nachgewiesen. Hierbei handelt es sich um drei Moose und drei Sumpfpflanzen. Es dominieren die Moose, die alle dem Leitbild silikatisch geprägter Mittelgebirgsbäche entsprechen. Da Störzeiger fehlen, entspricht die Zusammensetzung der Makrophytenvegetation der sehr guten ökologischen Zustandsklasse.



Dem Leitbild entspricht *Platyhypnidium riparioides*.



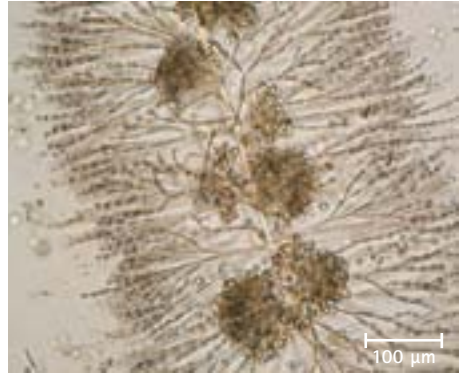
Bei den Makrophyten dominieren die Wasser Moose.

### Makrophyten in der Schwarzen Pockau oberhalb Neusorge

Art	Häufigkeit	Wuchsform	Anmerkung
<i>Platyhypnidium riparioides</i>	verbreitet	Moos (Bryide)	Wasser Moos, das dem Leitbild entspricht
<i>Scapania undulata</i>	verbreitet	Moos (Bryide)	Wasser Moos, das dem Leitbild entspricht
<i>Hygrohypnum ochraceum</i>	verbreitet	Moos (Bryide)	Wasser Moos, das dem Leitbild entspricht
<i>Nasturtium officinale</i>	selten	Sumpfpflanze (Helophyt)	
<i>Veronica beccabunga</i>	selten	Sumpfpflanze (Helophyt)	
<i>Agrostis stolonifera</i>	selten	Sumpfpflanze (Helophyt)	

## PoD

Für das PoD werden in Mittelgebirgen nur silikatische und karbonatische Ausprägungen unterschieden. Die Schwarze Pockau-1 wird dem biozönotischen PoD-Typ »silikatisch geprägte Fließgewässer des Mittelgebirges« zugeordnet. In allen Jahren waren Algengesellschaften des PoD mit 15 bis 21 Taxa artenreich vertreten. Für die silikatische Prägung des Gewässers spricht das Vorkommen der Blualge *Homoeothrix janthina*, und auf eine geringe saprobielle und trophische Belastung weisen die makroskopisch auffälligen Bestände mehrerer sensibler Rotalgenarten hin. So konnte an allen Terminen das für nährstoffarme, saubere Gebirgsbäche typische *Batrachospermum helminthosum* nachgewiesen werden. Auch die größeren Bestände von *Chamaesiphon starmachii* und *Tetraspora gelatinosa* sind nur an Standorten mit sehr geringer Verschmutzung und Nährstoffbelastung vorhanden. Allerdings verschlechtert sich das Bild im Laufe der Jahre etwas, da typspezifische Zeigerarten in ihrer Abundanz abnehmen. 2010 traten zusätzlich in größerer Abundanz erstmals meso- bis eutraphente Taxa auf, die auch eine erhöhte saprobi-



Die Rotalge *Batrachospermum helminthosum* ist nur an wenigen Standorten in Deutschland zu finden.

elle Belastung ertragen (*Chamaesiphon incrustans*, *Chamaesiphon polymorphus*). Jedoch lag der Indexwert im Jahr 2010 noch nahe der Grenze zur sehr guten ökologischen Zustandsklasse. In diesem Jahr war das Gewässer zusätzlich durch starke Hochwässer beeinträchtigt. Anhand der Algen des PoD wurde die ökologische Zustandsklasse in den Jahren 2008 und 2009 mit sehr gut und 2010 mit gut angegeben.

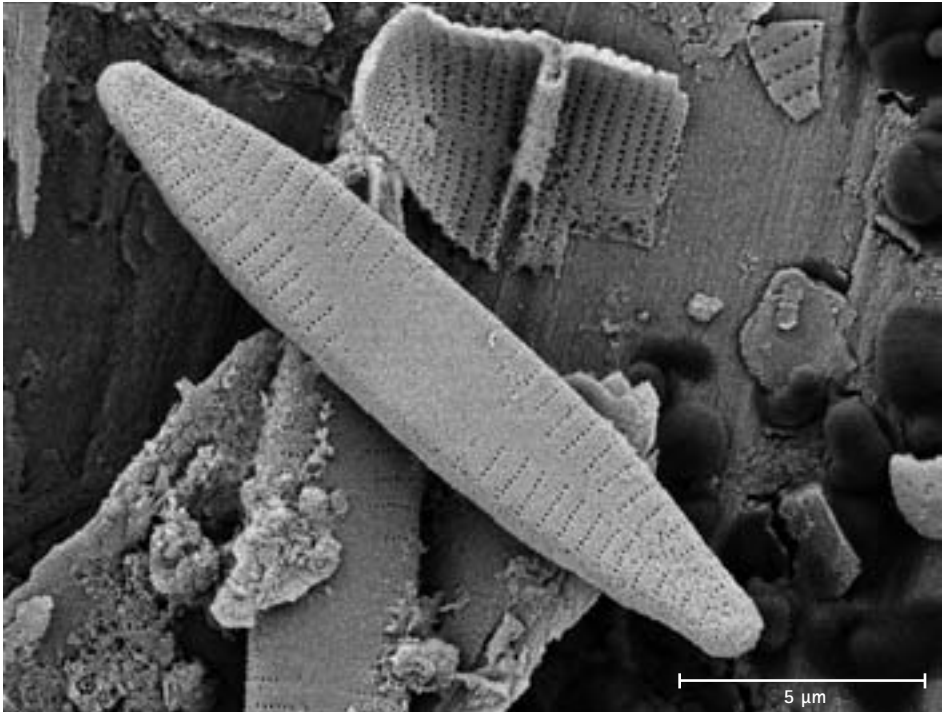


Die von *Chamaesiphon starmachii* gebildeten Flecken sprechen für eine geringe saprobielle und trophische Belastung.

## Diatomeen

Die Schwarze Pockau-1 wird dem Diatomeentyp »Fließgewässer des Buntsandsteins und des Grundgebirges mit einem Einzugsgebiet kleiner 100 km<sup>2</sup>« zugeordnet, der die LAWA-Typen 5, 5.1 und Typ 11 (nur Mittelgebirgsanteil) zusammenfasst. Die vorgefundenen Diatomeengesellschaften sind typisch für einen nährstoffarmen, organisch weitgehend unbelasteten und allenfalls schwach versauerten Mittelgebirgsbach. Mit bis zu 45 nachgewiesenen Taxa sind die Gesellschaften artenreich und werden von typischen Refe-

renzarten der Silikatregionen dominiert. Die größten Dichten erreicht der Artenkomplex um *Fragilaria gracilis*, als häufige Begleitarten sind weitere versauerungssensible Diatomeen assoziiert (zum Beispiel *Gomphonema parvulum*, *Achnantheidium minutissimum*). Auch Indikatoren oligotropher Gewässer sind zahlreich vertreten, unter ihnen vereinzelt Arten der Roten Liste. Störzeiger sind nur zeitweise und in sehr geringer Individuenzahl nachzuweisen. Anhand der Diatomeen ist die Schwarze Pockau-1 als sehr gut zu bewerten.



*Fragilaria gracilis* ist eine weit verbreitete Referenzart silikatisch geprägter Bäche.

## Gesamtbewertung

Auf Basis der Beurteilung mithilfe aller pflanzlichen Komponenten kommt man für die Schwarze Pockau-1 zu dem Ergebnis einer sehr guten bis guten ökologischen Zustandsklasse. Dabei zeigen PoD und Diatomeen bereits geringfügige saprobielle und trophischen Beeinträchtigungen für verschiedene Jahre an, wie sie durch kurzfristige Einträge durch Abwasser- und Mischwassereinträge im Verlauf des Baches entstehen. Wesentlich stabiler in der Bewertung sind die im Sediment wurzelnden Makrophyten. Das Bewertungsergebnis wird durch die Qualitätskomponenten der benthischen wirbellosen Fauna mit einer guten und der Fische mit einer sehr guten Zustandsklasse bestätigt. Nach dem worst-case-Prinzip (► Kapitel Bioindikation; S. 5 ff.) würde sich eine gute Gesamtbewertung für den ökologischen Zustand des Wasserkörpers ergeben. Zurzeit führen aber Überschreitungen der Umweltqualitätsnormen für Arsen zu einer Abwertung der ökologischen Zustandsklasse auf »mäßig«, in der Karte dargestellt mit einem schwarzen Punkt. Da bei zukünftigen Bewertungen natürliche Hintergrundkonzentrationen stärker berücksichtigt werden, ist eventuell eine Relativierung dieser Bewertung zu erwarten.

## Maßnahmen

Für ein Gewässer wie die Schwarze Pockau-1, das hinsichtlich der biologischen Qualitätskomponenten gute bis sehr gute Zustandsklassen erreicht, sind zunächst keine Maßnahmen erforderlich. Zu berücksichtigen sind aber Überschreitungen von Umweltqualitätsnormen bestimmter Schadstoffe, hier Arsen, die zu einer Abwertung des ökologischen Zustandes auf »mäßig« führen. Neben den Quellen dieser Schadstoffe sollten auch die Quellen der saprobiellen und trophischen Belastung identifiziert werden, um die gewässertypspezifische Flora dauerhaft zu erhalten. Die Schwarze Pockau als Ausflugs-, Wander- und Angelgebiet mit Kanu-Wildwasserfahrtstrecke besitzt einen hohen Freizeitwert und kann zumindest aus floristischer Sicht als eines der Vorzeigegewässer in Sachsen betrachtet werden.

## Einzel- und Gesamtbewertungen für Makrophyten und Phytobenthos

(MP = Makrophyten, PoD = Phytobenthos ohne Diatomeen, Diat = Diatomeen, Ges = Gesamt)

	MP	PoD	Diat	Ges
2008		■	■	■
2009	■	■	■	■
2010	■	■	■	■

ÖZK	1	2	3	4	5
Farbcode	■	■	■	■	■

Farbcode der ökologischen Qualitätsklassen (ÖZK) nach WRRL



Die Große Pyra ist ein strukturell naturnahes Mittelgebirgsgewässer.

## Große Pyra bei Sachsendgrund

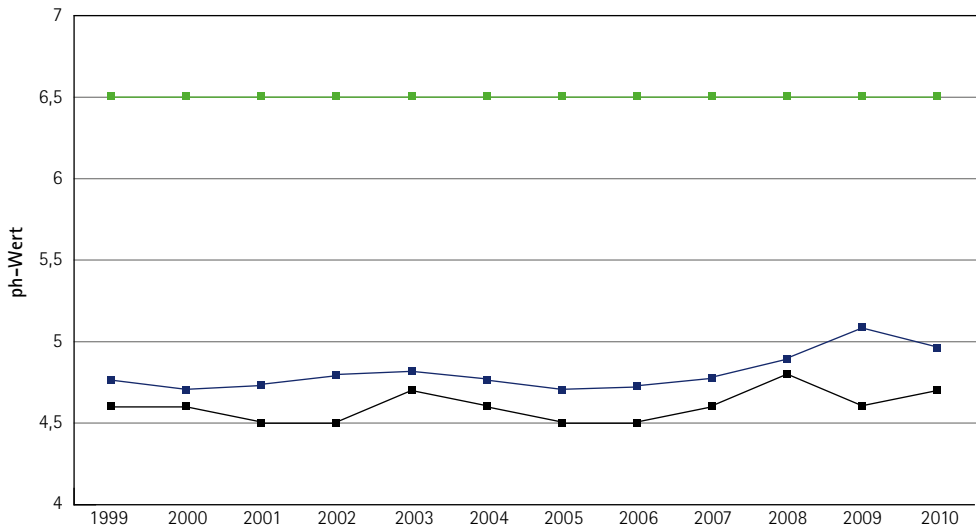
### Kurzbeschreibung

Die Große Pyra, ein rechtsseitiger Nebenfluss der Zwickauer Mulde, entspringt am Kamm des Westerzgebirges in 930 m üNN an der deutsch-tschechischen Grenze. Dabei entwässert der Oberlauf das unter Naturschutz stehende Hochmoor des Großen Kranichsees. Das Wasser der Großen Pyra ist daher durch Huminsäuren braun gefärbt. Bis zur Probestelle nach rund 3,5 km Verlauf bei der Ortschaft Sachsendgrund münden einige kleinere Zuflüsse in die Große Pyra. Geprägt wird das Einzugsgebiet des Gewässers durch den geologischen Untergrund mit elektrolytarmen Urgesteinen und reichen Erzvorkommen, die teilweise bis an die Erdoberfläche ragen. Vorherrschend ist der Eibenstocker Granit, er-

gänzt durch Gneis. Daher sind die Böden sehr schwach gepuffert und die pH-Werte der Großen Pyra natürlicherweise geringer als in Gewässern in Einzugsgebieten mit kalkhaltigem Untergrund.

Die Große Pyra zählt zu den grobmaterialreichen, silikatisch geprägten Mittelgebirgsbächen (LAWA-Fließgewässertyp 5), deren Leitbild für die Schwarze Pockau bereits beschrieben wurde. Zu der geringen natürlichen Pufferkapazität im Einzugsgebiet eines solchen Gewässers kommt im Erzgebirge/Vogtland eine massive, über mehrere Jahrzehnte andauernde, durch den Menschen verursachte Belastung durch stark schwefelhaltige Emissionen von Braunkohlekraftwerken, vor allem aus dem Böhmischem Becken, aber auch





Jahresmittelwerte (dunkelblau) und Minimalwerte (schwarz) des pH in der Großen Pyra in den Jahren 1999 bis 2010. Grün ist der Orientierungswert (Grenze gut – mäßig) für Fließgewässer des Typ 5 nach LAWA 2007 für pH als Minimumwert eingezeichnet.

Für eine Bewertung der Großen Pyra mit Hilfe der Qualitätskomponente Makrophyten und Phyto-benthos stehen Daten aus mehreren Probenahme-jahren zur Verfügung.

### Makrophyten

In der Großen Pyra bei Sachsengrund wurden drei verschiedene Makrophyten-Arten nachge-wiesen. Hierbei handelt es sich ausnahmslos um

Moose, die dem Leitbild silikatisch geprägter Mittelgebirgsbäche (LAWA-Typ 5, Makrophyten-typ MRS) entsprechen. Da Störzeiger fehlen, entspricht die Zusammensetzung der Makro-phytenvegetation dem sehr guten ökologischen Zustand, allerdings bilden Makrophyten auf Grund ihrer weiten ökologischen Amplitude Versauerungserscheinungen weniger stark ab als Algen.

### Makrophyten in der Großen Pyra bei Sachsengrund

Art	Häufigkeit	Wuchsform	Anmerkung
<i>Scapania undulata</i>	häufig	Moos (Bryide)	Wassermoose, das dem Leitbild entspricht
<i>Marsupella emarginata</i>	selten	Moos (Bryide)	Wassermoose, das dem Leitbild entspricht
<i>Racomitrium aciculare</i>	verbreitet	Moos (Bryide)	Wassermoose, das dem Leitbild entspricht





In der Großen Pyra kommen nur Wassermoose vor, die dem Leitbild des Gewässertyps entsprechen. Dazu gehört zum Beispiel das Bach-Spatenmoos (*Scapania undulata*).

### Phytobenthos ohne Diatomeen (PoD)

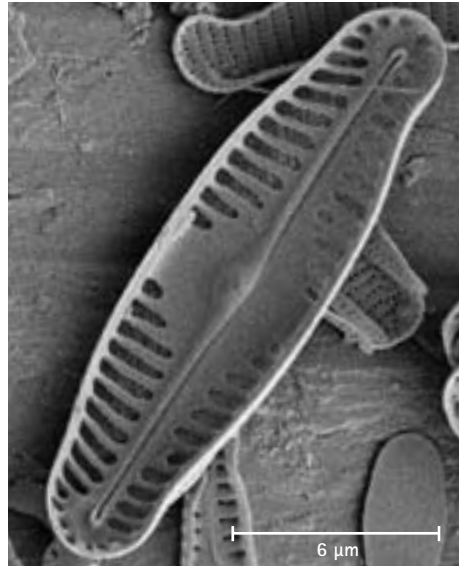
Für ein silikatisch geprägtes Fließgewässer des Mittelgebirges ist die Artenzahl mit ein bis sieben Taxa sehr gering. Im Vergleich weist die Schwarze Pockau aus dem gleichen Fließgewässertyp 15 bis 21 Taxa auf. Dabei dominierten in fast allen Jahren die grünen Fäden von *Stigeoclonium*, die in diesem Fall die Schwermetallbelastung anzeigt. Eine gewässertypspezifische Algenflora ist nur rudimentär vorhanden. So wurden die charakteristischen Rotalgenarten nur selten mit ihren frühen Entwicklungsstadien gefunden. Der ökologische Zustand wird daher durch das PoD als schlecht bis unbefriedigend bewertet. Im Jahr 2010 war die Algenflora des PoD allerdings diverser, und eine Charakterart silikatischer Gewässer, *Homoeothrix janthina*, trat makroskopisch in Erscheinung. Es bleibt abzuwarten, ob sich dieser positive Trend verstärkt oder ob es sich um kurzfristige Schwankungen in der Zusammensetzung der Algenflora handelt.



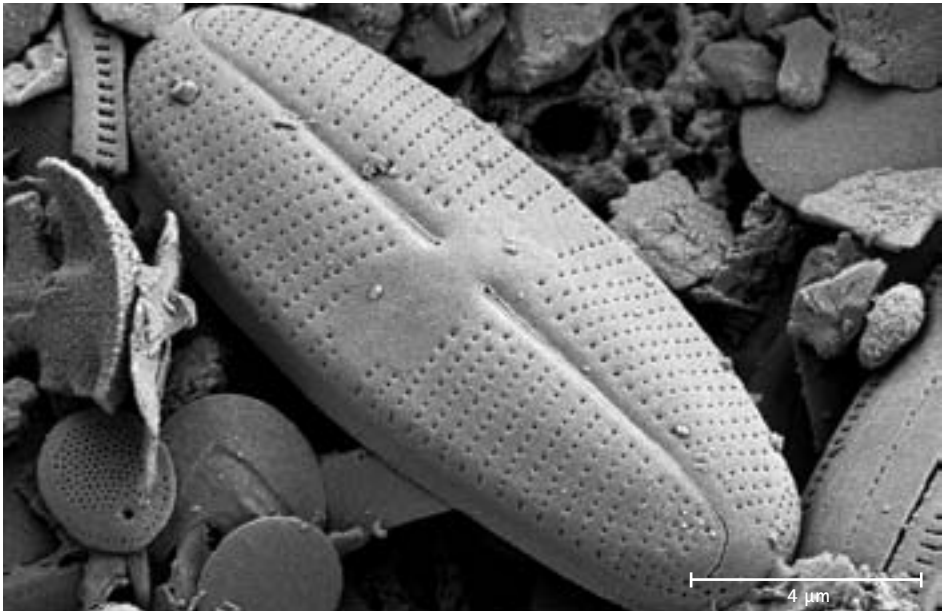
Die Grünalge *Stigeoclonium* bedeckt große Teile des Wasserbetts.

## Diatomeen

Die Diatomeenflora der Großen Pyra (Diatomeen-Typ »Fließgewässer des Buntsandsteins und des Grundgebirges mit Einzugsgebiet kleiner 100 km<sup>2</sup>«) wird im Rahmen des Monitoringprogramms regelmäßig untersucht und ist durch die Versauerung stark belastet. So werden selten mehr als 10 Arten angetroffen, was in dieser Gruppe einer extremen Artenarmut entspricht. Die Gesellschaften werden von Versauerungszeigern geprägt, die meist extreme Dominanzen ausbilden. Neben *Eunotia exigua*, die als die Charakterart anthropogener Versauerung gilt, sind dies insbesondere *Pinnularia subcapitata* und *Psammothidium helveticum*. Die im (unversauerten) Referenzzustand zu erwartenden typischen Moordiatomeen sind nur in wenigen Proben und in geringer Zahl anzutreffen. Infolge der periodisch starken Versauerung wird der ökologische Zustand anhand der Diatomeen als unbefriedigend bewertet.



*Pinnularia subcapitata* (Innenansicht einer Schale, oben) und *Psammothidium helveticum* (unten) sind Charakterarten anthropogener Versauerung.



## Gesamtbewertung

Obwohl die Große Pyra im Oberlauf weder durch organische Abwässer verschmutzt noch nährstoffbelastet ist, ergibt sich eine unbefriedigende ökologische Zustandsklasse für die Gewässerflora. Ursache ist die periodisch auftretende starke Versauerung infolge der jahrzehntelangen Beeinflussung der Böden durch schwefelhaltige Niederschläge, die wegen der geringen Pufferkapazitäten des Einzugsgebiets nicht neutralisiert werden können und immer noch auf das Gewässer einwirken. Dies zeigen an der Großen Pyra besonders eindringlich die Algen des PoD und der Diatomeen. Das Bewertungsergebnis wird durch die Qualitätskomponenten der benthischen wirbellosen Fauna (mäßig) und der Fische (unbefriedigend) bestätigt. Auf Basis aller biologischen Komponenten wird der ökologische Zustand nach dem worst-case-Prinzip (► Kapitel Bioindikation; S. 5 ff.) als unbefriedigend beurteilt.

## Maßnahmen

Nach den Vorgaben der WRRL sind für die Sanierung der Großen Pyra Maßnahmen erforderlich, die sie wieder in einen guten ökologischen Zustand führen. Die getroffenen Maßnahmen zur Luftreinhaltung können nur langfristig wirken. In den letzten 15 Jahren haben sich die Kenngrößen für die Versauerung deutlich verbessert. Die Qualitätskomponente des Makrozoobenthos zeigt schon eine deutlich größere Artenvielfalt als Mitte der 1980er-Jahre. Langfristige Untersuchungen sind notwendig, um eine mögliche Regeneration der Primärproduzenten festzustellen.

## Einzel- und Gesamtbewertungen für Makrophyten und Phytobenthos

(MP = Makrophyten, PoD = Phytobenthos ohne Diatomeen, Diat = Diatomeen, Ges = Gesamt)

	MP	PoD	Diat	Ges
2008	■	■	■	■
2009	■		■	■
2010	■	■	■	■

ÖZK	1	2	3	4	5
Farbcode	■	■	■	■	■

Farbcode der ökologischen Qualitätsklassen (ÖZK) nach WRRL



Die Dahle-3 ist ein kleiner Sand- und lehmgeprägter Tieflandfluss.

## Dahle bei Außig

### Kurzbeschreibung

Die Dahle ist ein typisches Gewässer der Ökoregion Norddeutsches Tiefland, die mit Höhen unter 200 m eine deutlich eiszeitlich geprägte Oberflächengeologie aufweist. Der linksseitige Nebenfluss der Elbe entspringt nördlich von Schmannewitz in rund 196 m üNN im Landschaftsschutzgebiet Dahleener Heide. Bis zum Ort Dahlen fließt die Dahle als kiesgeprägter Tieflandbach mit relativ großem Gefälle (Wasserkörper Dahle-1) in südliche Richtung. Ab Dahlen fließt sie etwas gemächlicher als sandgeprägter Tieflandbach (Dahle-2) nach Osten. Mit dem Zufluss der Luppa vergrößert sich das Einzugsgebiet auf 133 km<sup>2</sup> und die Dahle wird als Wasserkörper Dahle-3 zum kleinen sand- und lehmge-

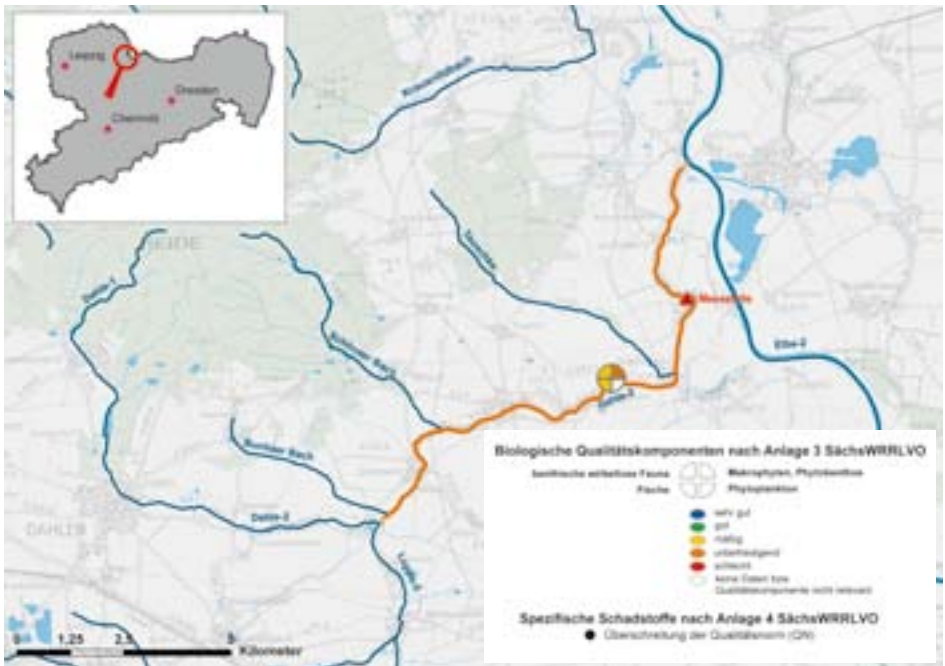
prägten Tieflandfluss (LAWA-Fießgewässertyp 15), der in nordwestlicher Richtung der Elbe zufließt und dort gegenüber der brandenburgischen Stadt Mühlberg auf 85 m üNN mit einem Einzugsgebiet von 230 km<sup>2</sup> mündet. Sie ist auf Grund ihrer ursprünglichen geologischen Prägung als silikatisch anzusehen. Durch die jahrhundertelange Nutzung des Einzugsgebietes ist das Gewässer aber inzwischen karbonatisch überprägt.

Der Gewässertyp 15 ist der am weitesten verbreitete Flusstyp im Norddeutschen Tiefland und entspricht dem Bild des klassischen Tieflandflusses. Im Leitbild sind die sand- und lehmgeprägten Tieflandflüsse gewunden bis mäandrierend

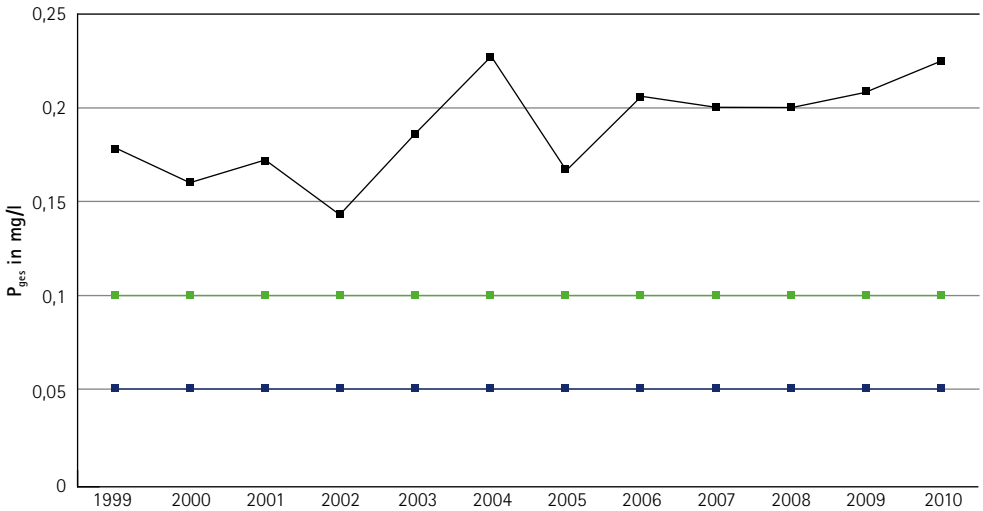
mit dominierenden Sand oder Lehmfraktionen. Daneben können auch Kiese nennenswerte Anteile erreichen. Totholz, Erlenwurzeln, Wasserpflanzen und Falllaub stellen wichtige Sekundärhabitats dar (POTTGIESSER & SOMMERHÄUSER 2008).

Die Messstelle liegt im unteren Drittel des Wasserkörpers Dahle-3, unterhalb der Ortschaft Außig. Im Einzugsgebiet überwiegen Ackerflächen, in geringerem Umfang auch Grünland. Gewässerbegleitende Gehölze kommen bis auf den waldgeprägten Oberlauf – ca. 10 % der Lauflänge – nur sporadisch vor. Die Siedlungsbereiche sind überwiegend dörflich geprägt. Teichnutzung im Einzugsgebiet der Dahle und deren Zuflüsse findet hauptsächlich im Nebenschluss statt.

Die Orientierungswerte als theoretische Grenze zwischen dem guten und mäßigen ökologischen Zustand (LAWA 2007) werden für den Pflanzenlimitierenden Parameter Gesamt-Phosphor permanent, zeitweise sogar um mehr als das Doppelte, überschritten. Es kann zu Sauerstoffzehrungen und Ammoniumbelastungen sowie erhöhten Wassertemperaturen kommen.



Kartenausschnitt mit Lage und Verlauf der Dahle-3 (orange). Im Kreisdiagramm sind die Bewertungen der Biologischen Qualitätskomponenten laut WRRL angegeben.



Mittelwert der Gesamtphosphorkonzentration in der Dahle bei Außig von 1999 bis 2010 in mg/l (schwarze Linie)  
Orientierungswert (grüne Linie) und Hintergrundwert (blaue Linie, sehr gut – gut Grenze) für die Gesamtphosphorkonzentration nach LAWA 2007 für den Fließgewässertyp 15

Für eine Bewertung der Dahle mit Hilfe der Qualitätskomponenten Makrophyten und Phytobenthos werden hier Daten aus einem Probenahmejahr an der Messstelle Außig dargestellt.

### Makrophyten

In der Dahle bei Außig wurden fünf verschiedene Makrophyten-Arten nachgewiesen. Hierbei bestimmen Arten mit einer breiten ökologischen Amplitude das Bild, von denen drei Arten als »Eutrophierungszeiger« eingestuft sind. Eine dieser Arten, das

Kamm-Laichkraut (*Potamogeton pectinatus*), ist dominant. Die hohen Anteile dieser Art und das gleichzeitige Fehlen von anspruchsvollen Arten indizieren Belastungen in Folge von Eutrophierung und bilden somit die hohen Gesamt-Phosphorwerte ab. Zudem weist die geringe Zahl der Wuchsformen auf strukturelle Belastungen hin. Aktuell erreicht die Dahle bei Außig nicht den guten ökologischen Zustand. Dem Leitbild der Dahle bei Außig entspricht eine arten- und wuchsformenreiche Schwimm- bzw. Tauchblatt-Gesellschaft.

### Makrophyten der Dahle bei Außig

Art	Häufigkeit	Wuchsform	Anmerkung
<i>Callitriche hamulata</i>	selten	Peplide	
<i>Elodea canadensis</i>	verbreitet	Elodeide	Eutrophierungszeiger
<i>Potamogeton crispus</i>	selten	Parvopotamide	Eutrophierungszeiger
<i>Potamogeton pectinatus</i>	häufig	Parvopotamide	Eutrophierungszeiger
<i>Ranunculus fluitans</i>	selten	Myriophyllide	



In der Dahle dominiert das Kamm-Laichkraut (*Potamogeton pectinatus*). Die großen Anteile dieser Art weisen auf Eutrophierung hin.



Eine starke Entwicklung grüner Fadenalgen, wie die von *Cladophora rivularis*, ist typisch für ein Gewässer mit stärkerer trophischer Belastung.

### Phytobenthos ohne Diatomeen (PoD)

In der Dahle wurde eine starke Algenentwicklung festgestellt, die vor allem aus einer grünen Fadenalge (*Cladophora rivularis*) bestand. Diese Algen bedeckten einen großen Teil des Gewässers im Untersuchungsabschnitt. Als Begleitarten traten vor allem eutraphente Zieralgen (Desmidiaceen) auf. Insgesamt wurden 8 Taxa nachgewiesen. Damit ist der Standort artenarm. Das entspricht dem Leitbild eines Tieflandgewässers, welches im Vergleich zu einem Mittelgebirgsgewässer auf Grund der Armut an Substraten benthischen Algen wenig Raum bietet. Alle vorkommenden Arten sind charakteristisch für karbonatisch geprägte Gewässer oder in geochemischer Hinsicht tolerant. Eine saprobielle Verschmutzung kann nicht nachgewiesen werden. Am Standort herrschen deutlich eutrophe Verhältnisse, denn fast alle vorkommenden Taxa sind an solche Verhältnisse angepasst (► eutraphente Arten). Für eine stärkere Eutrophierung des Gewässers spricht neben der Artenzusammensetzung

#### ► Eutraphente Desmidiaceen-Arten in der Dahle

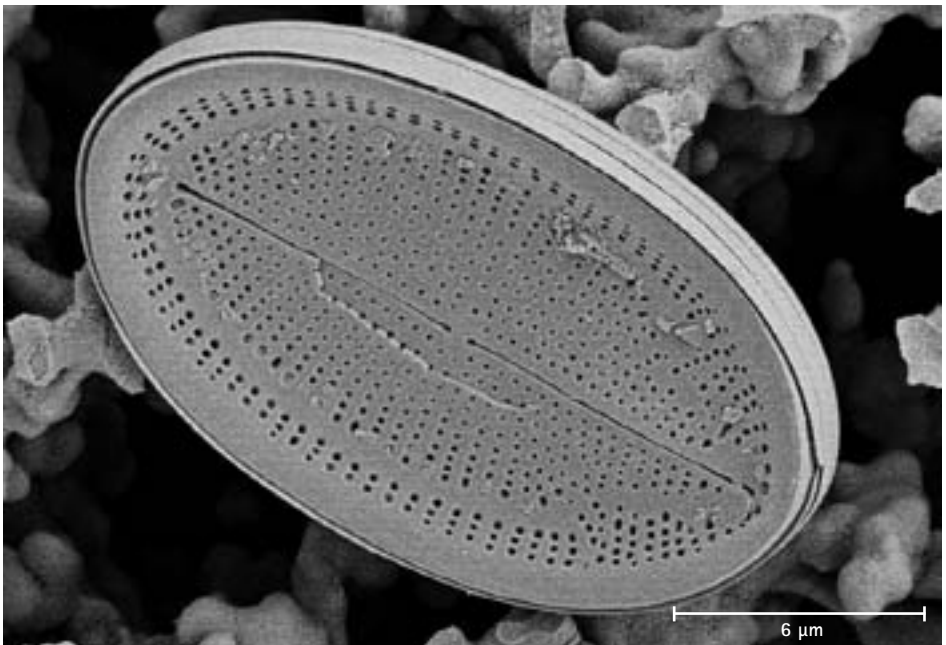
- *Closterium ehrenbergii*
- *Closterium moniliferum*
- *Closterium praelongum* var. *brevius*

zung die erhöhte Abundanz von *Cladophora rivularis*. Die Entwicklung der Desmidiaceen-Flora ist ein Zeichen der geringen Fließgeschwindigkeit am Standort, wie es dem ruhig fließenden Strömungsbild dieses Fließgewässertyps und einer reichen Makrophyten- und Fadenalgenentwicklung entspricht. Die Bewertung für die Dahle bei Außig anhand der Algen des PoD zeigt auf Grund der massiven trophischen Belastung eine unbefriedigende ökologische Zustandsklasse an.

## Diatomeen

Mit bisher 25 nachgewiesenen Arten ist die Diatomeenflora der Dahle-3 mäßig artenreich und wird von typischen Sandbesiedlern dominiert. Diese sind auf Grund ihrer geringen Größe und ihrer Wuchsform in besonderem Maß an das Leben auf Sandkörnern angepasst. Zumeist handelt es sich um festsitzende oder wenig bewegliche Formen, die sich durch ein geringes Höhenprofil sowie hohe Adhäsionskräfte auszeichnen, die eine starke Anhaftung an das Substrat gewährleisten. Dadurch sind die betreffenden Arten an die häufige Umlagerung der Sandkörner in besonderer Weise adaptiert. Auch die Schalenlänge ist als Anpassungsfaktor von Bedeutung. So handelt es sich überwiegend um kleine Arten, die in Höhlungen und Spalten siedeln

können. Die in der Dahle häufige *Amphora pediculus* zählt zu den am weitesten verbreiteten Sandbesiedlern. Auf Eutrophierung reagiert sie mit Vitalitätssteigerungen, saprobielle Belastungen werden jedoch nur bis zum  $\beta$ - $\alpha$ -mesosaprobien Grad toleriert. Als häufige Begleitarten treten weitere belastungstolerante Arten hinzu (zum Beispiel *Cocconeis placentula*, *Planothidium frequentissimum*). Neben der starken Nährstoffbelastung deuten die Vorkommen der saprophylen *Eolimna subminuscula* und *Mayamaea atomus* var. *permitis* auf einen merklichen Einfluss organischer Verschmutzung hin. Die multiple stoffliche Belastung kommt in der Bewertung deutlich zum Ausdruck und resultiert in einer unbefriedigenden ökologischen Qualität.



*Cocconeis placentula* ist besonders in den Sommer- und Herbstmonaten mit individuenreichen Populationen anzutreffen.



## Gesamtbewertung

Die starke Nährstoffbelastung des Einzugsgebietes durch kommunale Abwässer und landwirtschaftliche Nutzung spiegelt sich in der unbefriedigenden ökologischen Zustandsklasse für die Gewässerflora wider. Hohe Nährstoffkonzentrationen und fehlende Beschattung verstärken das Wachstum autotropher Arten. Entsprechend sind Makrophyten und Phytobenthos die empfindlichste Komponente, die die Gesamtbewertung des ökologischen Zustands für die Dahle-3 bestimmt. Fische und benthische wirbellose Fauna werden etwas besser mit »mäßig« bewertet, hier wirken auch erhöhte Temperaturen, Ammoniumbelastungen und zeitweilige Sauerstoffdefizite schädigend auf die Artenzusammensetzung.

## Maßnahmen

Nach den Vorgaben der WRRL sind für die Erreichung des guten ökologischen Zustands der Dahle in erster Linie Maßnahmen zur Nährstoffreduzierung und Beschattung erforderlich. Der noch immer zu geringe Anschlussgrad an die öffentliche Abwasserbehandlung der Gemeinden im Einzugsgebiet der Dahle in Kombination mit der zum Teil intensiven landwirtschaftlichen Ackernut-

zung der Flächen sind vermutlich die Hauptgründe für die deutliche Nährstoffbelastung, die durch geeignete Maßnahmen reduziert werden kann. Zurzeit wird der Neubau einer Kläranlage bei der Ortschaft Laas im Einzugsgebiet der Dahle-3 geplant. Für weitere Siedlungen ist vorrangig die dezentrale Abwasserbehandlung durch Kleinkläranlagen in Planung. Weiterhin besteht noch Spielraum bei der Umsetzung von Maßnahmen zur Reduzierung der Nährstoffeinträge aus der Landwirtschaft, da zurzeit nur auf ca. 32 % der Ackerflächen die dauerhaft konservierende Bodenbearbeitung, gefördert durch die Richtlinie AuW/2007, eingesetzt wird. Gewässerrandstreifen sollten verstärkt mit standortgerechten Gehölzen bepflanzt werden, um die Nährstoffeinträge durch Bodenerosion von den Ackerflächen zu reduzieren, gleichzeitig das Gewässer zu beschatten und die Lebensraumvielfalt im und am Gewässer zu erhöhen. Zuständig für Gehölzbepflanzungen im Rahmen der Gewässerunterhaltung ist an der Dahle ab der Ortschaft Schmannewitz die Landes-talsperrenverwaltung des Freistaates Sachsen, für die Zuflüsse und den Oberlauf der Dahle im Bereich der Dahleener Heide die jeweilige Gemeinde.

## Einzel- und Gesamtbewertungen für Makrophyten und Phytobenthos

(MP = Makrophyten, PoD = Phytobenthos ohne Diatomeen, Diat = Diatomeen, Ges = Gesamt)

	MP	PoD	Diat	Ges
2005	■	■	■	■

ÖZK	1	2	3	4	5
Farbcode	■	■	■	■	■

Farbcode der ökologischen Qualitätsklassen (ÖZK) nach WRRL



Der Kulkwitzer See wird als Badegewässer genutzt.

# Kulkwitzer See

## Entstehung und Nutzung

Der Kulkwitzer See liegt in der Nähe von Leipzig-Grünau und ist ein Tageausee, der ab Mitte der 1960er-Jahre durch Grundwassereigenaufgang geflutet wurde. 1973 wurde der Kulkwitzer See als Naherholungsgebiet ausgewiesen. Der Endwasserspiegel war etwa 1980 erreicht. Es gibt neben einem großen Campingplatz ausgedehnte Liegewiesen. Der Kulkwitzer See wird verschiedentlich durch Wassersport genutzt (Baden, Surfen, Segeln, Tretboot, Wasserski). Der Kulkwitzer See ist als EU-Badegewässer ausgewiesen und als Tauchgewässer bundesweit bekannt.

## Limnologie

Der Kulkwitzer See hat eine Fläche von 159 ha. Die maximale Tiefe liegt bei 30 bzw. 26 m (Nord- bzw. Südbecken), die Uferlänge beträgt 4,5 km. Die beiden Teilbecken sind durch einen nur 3 – 4 m tiefen Damm voneinander getrennt. Der Kulkwitzer See ist ein oligotropher, kalziumreicher, stabil geschichteter See mit einer mittleren Verweilzeit von 30 Jahren. Mit elektrischen Leitfähigkeiten um  $2.000 \mu\text{S}/\text{cm}$  zählt er zu den elektrolytreichen und stark vom Grundwasser beeinflussten Gewässern.

## Makrophyten

Der Kulkwitzer See zeichnet sich durch einen außerordentlichen Artenreichtum an Makrophyten aus. Bisher wurden 26 Makrophyten-Arten nachgewiesen. Bemerkenswert sind vor allem die Armeleuchteralgen, die mit 10 Arten vertreten sind. Die meisten Arten sind Indikatoren für eine geringe Trophie.

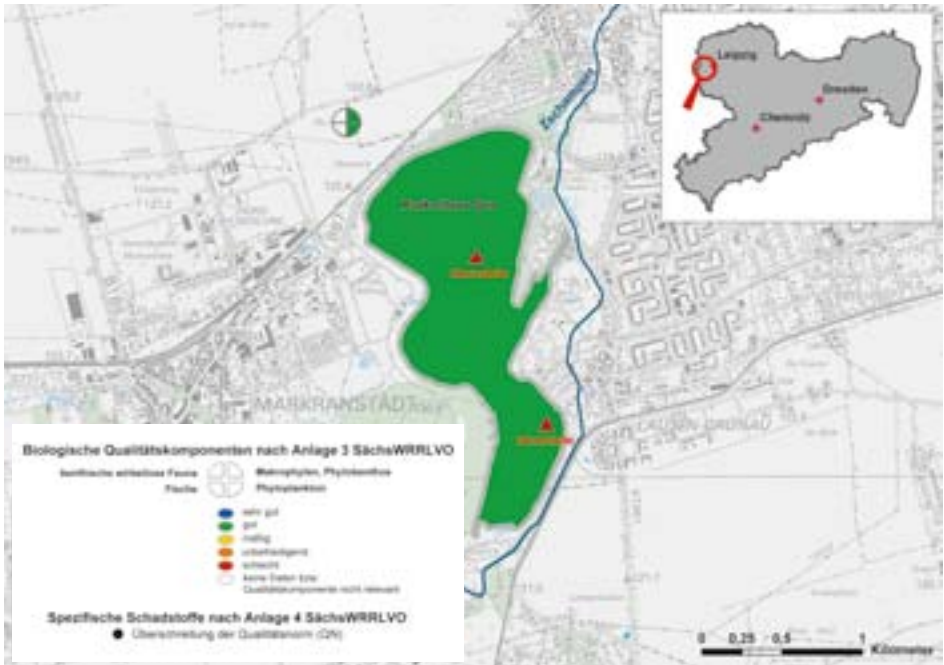
Die Armeleuchteralgen bilden große Unterwasserwiesen und reichen in Tiefen von bis fast 20 m. Der große Anteil der Armeleuchteralgen entspricht dem Leitbild eines oligotrophen, kalziumhaltigen, stabil geschichteten Sees (Klarwassersee mit Sichttiefen bis über 10 m).

## PoD

Das Phytobenthos ohne Diatomeen geht bisher nicht in die Bewertung von Seen ein.

## Makrophyten im Kulkwitzer See

<i>Chara aspera</i>	Rauhe Armeleuchteralge
<i>Chara contraria</i>	Gegensätzliche Armeleuchteralge
<i>Chara globularis</i>	Zerbrechliche Armeleuchteralge
<i>Chara hispida</i>	Steifhaarige Armeleuchteralge
<i>Chara intermedia</i>	Kurzstachelige Armeleuchteralge
<i>Chara vulgaris</i>	Gewöhnliche Armeleuchteralge
<i>Nitella mucronata</i>	Stachelspitzige Glanzleuchteralge
<i>Nitella opaca</i>	Dunkle Glanzleuchteralge
<i>Nitellopsis obtusa</i>	Stern-Glanzleuchteralge
<i>Tolypella glomerata</i>	Kleine Baumeleuchteralge



Kartenausschnitt mit Lage des Kulkwitzer Sees (grün). Im Kreisdiagramm sind die Bewertungen der Biologischen Qualitätskomponenten laut WRRL angegeben.



Die Steifhaarige Armeleuchteralge (*Chara hispida*), ein Indikator für gute Wasserqualität, bildet im Kulkwitzer See große Bestände.



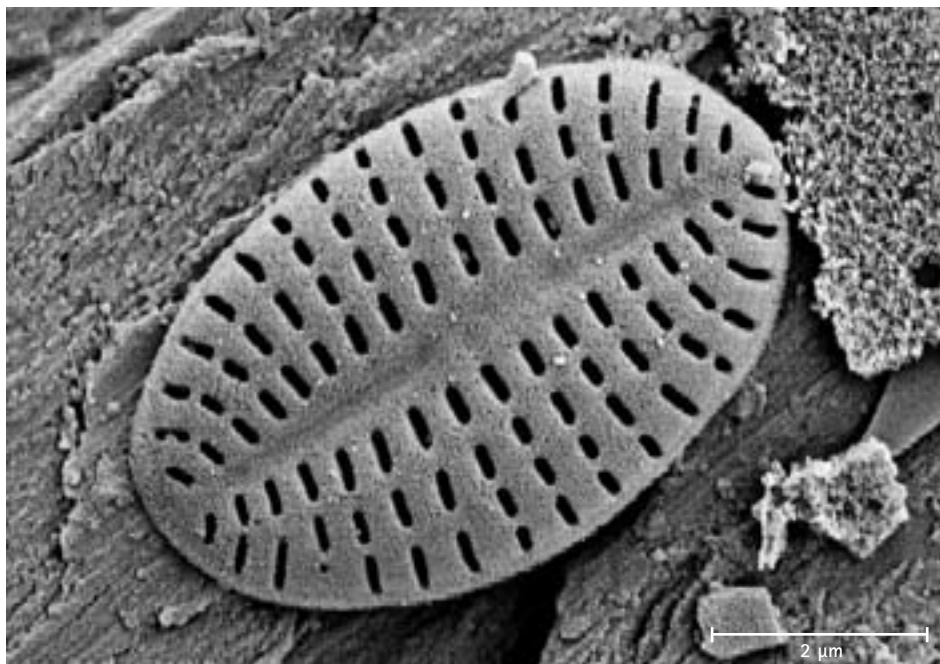
Glanzleuchteralgen (*Nitella mucronata* und *Nitella opaca*) wachsen in Tiefen von bis zu fast 20 m. Dies ist nur in Klarwasserseen möglich.

### Diatomeen

Mit über 200 bisher nachgewiesenen Arten beherbergt der Kulkwitzer See eine sehr artenreiche Diatomeenflora. Die hohe ökologische Qualität des Gewässers kommt in den Gesellschaften deutlich zum Ausdruck. ► So sind zahlreiche sensible, auf nährstoffarme Gewässer beschränkte Arten zu finden, unter ihnen auch Vertreter der deutschen Roten Liste. Diese weisen ihren Verbreitungsschwerpunkt in oligotrophen Alpen- und Voralpenseen auf und stellen in Sachsen eine floristische Besonderheit dar. Hohe Individuendichten werden im Kulkwitzer See allerdings nicht erreicht – die Gesellschaften werden vielmehr von wenig indikativen Arten dominiert. Die beiden häufigsten Formen sind *Achnantheidium minutissimum* und *Cocconeis*

#### ► Indikatoren für Oligo- bis Mesotrophie mit Vorkommen im Kulkwitzer See

- *Amphora oligotraphenta*
- *Brachysira neoexilis*
- *Cymboppleura amphicephala*
- *Cymboppleura subaequalis*
- *Denticula kuetzingii*
- *Encyonopsis cesatii*
- *Eucoconceis flexella*
- *Eucoconceis laevis*
- *Gomphonema lateripunctatum*
- *Navicula densilineolata*
- *Navicula praeterita*
- *Navicula subalpina*



*Cocconeis neothumensis* ist eine häufige Art in kalziumhaltigen Seen und bildet auf den Böden der Uferzonen häufig Massenbestände.

*neothumensis*, zwei sehr kleinschalige Arten. Auf Grund ihrer geringen Größe besitzen sie hohe Teilungsraten und können daher auf ihren jeweiligen Substraten (Steine, Sand, Makrophyten) in kurzer Zeit hohe Dichten ausbilden. Eine Besonderheit ist das Vorkommen von *Achnanthydium thermalis* (► Artbeschreibung; S. 128) einer in Deutschland sehr seltenen Art, die jedoch in Taegauseen Sachsens einen Verbreitungsschwerpunkt zu besitzen scheint. Die Art bevorzugt sehr elektrolytreiche Gewässer und wurde bisher vor allem in Mineral- und Thermalquellen gefunden.

### Gesamtbewertung

Für künstliche Gewässer gilt das gute ökologische Potenzial als bestmögliche Bewertungsstufe, die Gesamtbewertung weist dieses aus.

### Maßnahmen

Derzeit sind keine akuten Maßnahmen zur Qualitätsverbesserung erforderlich. Tauchkartierungen von Makrophyten aus dem Jahr 2011 geben jedoch erste Hinweise auf negative Einflüsse durch Substrataufwirbelungen, die in Zusammenhang mit der Nahrungsaufnahme von benthivoren Cypriniden (karpfenartigen Fischen) diskutiert werden.

Generell müssen Nutzung und Bewirtschaftung mit besonderer Rücksicht auf das empfindliche Ökosystem erfolgen, um das Verschlechterungsverbot nach der Europäischen Wasserrahmenrichtlinie einhalten zu können.

# Verwendete und empfohlene Literatur

- BACKHAUS, D. (1968): Ökologische Untersuchungen an den Aufwuchsalgen der obersten Donau und ihrer Quellflüsse, II. Die räumliche und zeitliche Verteilung der Algen. Arch. Hydrobiol. Suppl. 34 (Donauforschung III): 24–73.
- BAUMANN, M. & M., STETZKA, K. M. (1999): Die Wassermoosvegetation in anthropogen verschieden beeinflussten Bächen des Erzgebirges. Limprichtia 12: 164 S.
- BAYERISCHES LANDESAMT FÜR UMWELT (2003/2011): Taxaliste der Gewässerorganismen Deutschlands zur Kodierung biologischer Befunde. Informationsberichte des Bayerischen Landesamtes für Wasserwirtschaft 1/03 und Fortschreibung. Stand: September 2011, [http://www.lfu.bayern.de/wasser/gewaesserqualitaet\\_fluesse/qualitaetssicherung/index.htm](http://www.lfu.bayern.de/wasser/gewaesserqualitaet_fluesse/qualitaetssicherung/index.htm)
- BAYERISCHES LANDESAMT FÜR UMWELT (LfU) (2007, 2011): Software zur Bewertung von Makrophyten und Phytobenthos in Fließgewässern und Seen, Versionen 2.6-DV-Tool und 4.0-b30-DV-Tool-weiterentwSEEN. [http://www.lfu.bayern.de/wasser/gewaesserqualitaet\\_seen/phylib\\_deutsch/index.htm](http://www.lfu.bayern.de/wasser/gewaesserqualitaet_seen/phylib_deutsch/index.htm)
- BICK, H. (1982): Bioindikatoren und Umweltschutz. Dechiana-Beihefte 26: 2–5.
- BLOEMENDAHL, F. H. J. L. & ROELOFS, J. G. M. (1988): Waterplanten en waterkwaliteit. Natuur-historische Bibliotheek van de KNNV 45, Utrecht, 189 S.
- BÖHNERT, W., GUTTE, P. & SCHMIDT, P. A. (2001): Verzeichnis und Rote Liste der Pflanzengesellschaften Sachsens. Materialien zu Naturschutz und Landschaftspflege. Landesamt für Umwelt und Geologie (Hrsg.), Dresden, 303 S.
- BUNDESAMT FÜR NATURSCHUTZ (Hrsg.) (1996): Rote Liste der gefährdeten Pflanzen Deutschlands. Schriftenreihe für Vegetationskunde 28, 744 S.
- CASPER, S. J. & KRAUSCH, H.-D. (1980/1981): Pteridophyta u. Anthophyta, 1. & 2. Teil. In: Ettl, H., Gerloff, J. & Heynig, H. (Hrsg.): Süßwasserflora von Mitteleuropa, Bd. 23 & 24. G. Fischer, Stuttgart, 942 S.
- COESEL, P. F. M. & MEESTERS, K. J. (2007): Desmids of the Lowlands, Mesotaeniaceae and Desmidiaceae of the European Lowlands. KNNV Publishing, Zeist, 351 S.
- DOEGE A. (2008): Rote Liste Armleuchteralgen Sachsens, Sächsisches Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie (Hrsg.): <https://publikationen.sachsen.de/bdb/artikel/11433>
- EUROPÄISCHE UNION (2000): Richtlinie 2000/60/EG des Europäischen Parlamentes und des Rates vom 23. Oktober 2000 zur Schaffung eines Ordnungsrahmens für Maßnahmen der Gemeinschaft im Bereich der Wasserpolitik. Amtsblatt der Europäischen Gemeinschaft L 327 vom 22. Dezember 2000.
- FRAHM, J. P. (1998): Moose als Bioindikatoren. Quelle und Meyer, Wiesbaden, 187 S.
- FRIEDL, T. & RYBALKA, N. (2012): Systematics of the Green Algae: a brief introduction to the current status. U. LÜTTGE et al. (Hrsg.), Progress in Botany 73: 259–280, Springer Verlag, Berlin, Heidelberg.
- FRIEDRICH, G. (1973): Ökologische Untersuchungen an einem thermisch anomalen Fließgewässer (Erft/Niederrhein). Schriftenreihe der Landesanstalt für Gewässerkunde und Gewässerschutz des Landes Nordrhein-Westfalen 33, 125 S.
- GUNKEL, G. (Hrsg.) (1994): Bioindikation in aquatischen Ökosystemen. G. Fischer, Jena, 540 S.
- GUTOWSKI, A., HOFMANN, G., LEUKART, P., MELZER, A., MOLLENHAUER, M., SCHMEDITJE, U., SCHNEIDER, S. & TREMP, H. (1998): Trophiekartierung von aufwuchs- und makrophytendominierten Fließgewässern. Informationsberichte des Bayerischen Landesamtes für Wasserwirtschaft. Heft 4/98: 501 S.

- GUTOWSKI, A. & FOERSTER, J. (2007): Benthische Algen ohne Kieselalgen und Armeleuchteralgen – Feldführer. Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz des Landes Nordrhein-Westfalen (LANUV) (Hrsg.) Arbeitsblatt 2, Recklinghausen, 90 S., [www.lanuv.nrw.de/veroeffentlichungen/arbeitsblatt/arbla2/lanuvvarbla2.pdf](http://www.lanuv.nrw.de/veroeffentlichungen/arbeitsblatt/arbla2/lanuvvarbla2.pdf)
- GUTOWSKI, A. & FOERSTER, J. (2009): Benthische Algen ohne Kieselalgen und Armeleuchteralgen – Bestimmungshilfe. Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz des Landes Nordrhein-Westfalen (LANUV) (Hrsg.) Arbeitsblatt 9, Recklinghausen, 474 S., [www.lanuv.nrw.de/veroeffentlichungen/arbeitsblatt/arbla9/arbla9.pdf](http://www.lanuv.nrw.de/veroeffentlichungen/arbeitsblatt/arbla9/arbla9.pdf)
- HARDTKE, H.-J. & IHL, A. (2000): Atlas der Farn- und Samenpflanzen Sachsens. Materialien zu Naturschutz und Landschaftspflege. Landesamt für Umwelt und Geologie (Hrsg.), Dresden, 806 S.
- HINDAKOVA, A. (2009): On the occurrence of *Achnanthes thermalis* var. *rumrichorum* (Bacillariophyceae) in Slovakia. *Fottea* 9 (2): 193–198.
- HOFMANN, G., WERUM, M. & LANGE-BERTALOT, H. (2011): Diatomeen im Süßwasser-Benthos von Mitteleuropa. Gantner Verlag, Ruggell, Liechtenstein, 908 S.
- HUSSNER, A., WEYER, K. VAN DE, GROSS, E. & HILT, S. (2010): Eine Übersicht über die aquatischen Neophyten in Deutschland – Etablierung, Auswirkungen und Managementperspektiven. *Handbuch Angewandte Limnologie*: 27 (Erg. Lfg. 4/10): 1–27.
- JOHN, D. M., WHITTON, B. A. & BROOK, A. J. (Hrsg.) (2002): The freshwater algal flora of the British Isles: An identification guide to freshwater and terrestrial algae. Cambridge University Press, Cambridge, 702 S.
- KOHLER, A. (1978): Wasserpflanzen als Bioindikatoren. *Beih. Veröff. Natursch. Landschaftspf. Bad.-Württ.* 11: 259–281.
- KOHLER, A. (1982): Wasserpflanzen als Belastungsindikatoren. *Decheniana-Beihefte* 26: 31–42.
- KOLKOWITZ, R. & MARSSON, M. (1908): Ökologie der pflanzlichen Saprobien. *Ber. Dtsch. Bot. Ges.* 26 a: 505–519.
- KORSCH, H., RAABE, U. & WEYER, VAN DE, K. (2008): Verbreitungskarten der Characeen Deutschlands. *Rostocker Meeresbiologische Beiträge* 19: 57–108.
- KRAMMER, K. (1986): Kieselalgen: Biologie, Baupläne der Zellwand, Untersuchungsmethoden. *Kosmos Handbuch*, Franckh'sche Verlagshandlung, Stuttgart, 140 S.
- KRAMMER, K. & LANGE-BERTALOT, H. (1986–1991): Süßwasserflora von Mitteleuropa, Bacillariophyceae. 2/1: Naviculaceae, 876 S.; 2/2: Bacillariaceae, Epithemiaceae, Surirellaceae, 596 S.; 2/3: Centrales, Fragilariaceae, Eunotiaceae, 576 S.; 2/4: Achnantheaceae, 437 S. G. Fischer, Stuttgart.
- KRAUSE, W. (1997): Charales (Charophyceae). In: Ettl, H., Gärtner, G., Heynig, H. & Mollenhauer, D. (Hrsg.): Süßwasserflora von Mitteleuropa, Bd. 18. G. Fischer, Jena, 202 S.
- LÄNDERARBEITSGEMEINSCHAFT WASSER (LAWA) (2007): Rahmenkonzeption Monitoring (RAKON), Teil B: Bewertungsgrundlagen und Methodenbeschreibungen. Arbeitspapier II Hintergrund- und Orientierungswerte für physikalisch-chemische Komponenten. [www.wasserblick.net/servlet/is/42489/RAKON%20B%20-%20Arbeitspapier%20II\\_Stand\\_07\\_03\\_2007.pdf?command=downloadContent&filename=RAKON%20B%20-%20Arbeitspapier%20II\\_Stand\\_07\\_03\\_2007.pdf](http://www.wasserblick.net/servlet/is/42489/RAKON%20B%20-%20Arbeitspapier%20II_Stand_07_03_2007.pdf?command=downloadContent&filename=RAKON%20B%20-%20Arbeitspapier%20II_Stand_07_03_2007.pdf)
- LINNE VON BERG, K.-H., HOEF-EMDEN, K., MARIN, B. & MELKONIAN, M. (2004): *Der Kosmos-Algenführer. Die wichtigsten Süßwasseralgen im Mikroskop.* Franckh-Kosmos Verlag, Stuttgart, 366 S.
- MATHES, J., PLAMBECK, G. & SCHAUMBURG, J. (2002): Das Typisierungssystem für stehende Gewässer in Deutschland mit Wasserflächen ab 0,5 km<sup>2</sup> zur Umsetzung der Wasserrahmenrichtlinie. *BTU Cottbus. Aktuelle Reihe* 5/02: 15–23.
- MAUCH, E. (1998): Kartierung der Trophie von Fließgewässern in Bayern. *Münchner Beiträge zur Abwasser-, Fischerei- und Flussbiologie* 51: 412–434.
- MEINUNGER, L. & SCHRÖDER, W. (2007): *Verbreitungsatlas der Moose Deutschlands.* Verlag der Regensburgischen Botanischen Gesellschaft, Regensburg. Bd 1: 636 S., Bd. 2: 699 S., Bd. 3: 709 S.
- MELZER, A. (1994): Möglichkeiten einer Bioindikation durch submerse Makrophyten – Beispiele aus Bayern. *Beiträge zur angewandten Gewässerökologie Norddeutschlands* 1: 92–102.
- PAUL, G. & DOEGE, A. (2010): Rot- und Braunalgen, Rote Liste und Artenliste Sachsens, Sächsisches Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie und Staatliche Betriebsgesellschaft für Umwelt und Landwirtschaft (Hrsg.), <https://publikationen.sachsen.de/bdb/artikel/12040>
- POTT, R. & REMY, D. (2000): *Gewässer des Binnenlandes.* Ulmer, Stuttgart, 255 S.
- POTTGIESSER, T. & SOMMERHÄUSER, M. (2008): Biozönotisch bedeutsame Fließgewässertypen Deutschlands, Steckbriefe und Anhang (Stand April 2008). [www.wasserblick.net/servlet/is/18727/](http://www.wasserblick.net/servlet/is/18727/)
- ROTT, E., HOFMANN, G., PALL, K., PFISTER, P. & PIPP, E. (1997): *Indikationslisten für Aufwuchsalgen. Teil 1: Saprobielle Indikation.* Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Wien, 73 S.

- ROTT, E., PFISTER, P., VAN DAM, H., PIPP, E., PALL, K., BINDER, N. & ORTLER, K. (1999): Indikationslisten für Aufwuchsalgen in österreicherischen Fließgewässern. Teil 2: Trophieindikation sowie geochemische Präferenz, taxonomische und toxikologische Anmerkungen. Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Wien, 248 S.
- SÄCHSISCHES LANDESAMT FÜR UMWELT UND GEOLOGIE (LfUG) (2003): Gewässergütebericht 2003 (mit Gewässergütekarte für den Freistaat Sachsen), 56 S.
- SCHAUMBURG, J., SCHRANZ, C., STELZER, D., HOFMANN, G., GUTOWSKI, A. & FOERSTER, J. (2005): Bundesweiter Test: Bewertungsverfahren »Makrophyten & Phytobenthos« in Fließgewässern zur Umsetzung der WRRL – Endbericht. Auftraggeber: Länderarbeitsgemeinschaft Wasser (Projekt-Nr. O. 2.04), 230 S.
- SCHAUMBURG, J., SCHRANZ, C., STELZER, D. & HOFMANN, G., GUTOWSKI, A. & FOERSTER, J. (2006): Handlungsanweisung für die ökologische Bewertung von Fließgewässern zur Umsetzung der EU-Wasserrahmenrichtlinie: Makrophyten und Phytobenthos. 120 S. [www.lfu.bayern.de/wasser/gewaesserqualitaet\\_seen/phylib\\_deutsch/verfahrensanleitung/doc/verfahrensanleitung\\_fg.pdf](http://www.lfu.bayern.de/wasser/gewaesserqualitaet_seen/phylib_deutsch/verfahrensanleitung/doc/verfahrensanleitung_fg.pdf)
- SCHAUMBURG, J., SCHRANZ, C., STELZER, D., HOFMANN, G. (2007): Handlungsanweisung für die ökologische Bewertung von Seen zur Umsetzung der EU-Wasserrahmenrichtlinie: Makrophyten und Phytobenthos, 75 S.
- SCHAUMBURG, J., SCHRANZ, C., STELZER, D. & VOGEL, A. (2011): Handlungsanleitung für die ökologische Bewertung von Fließgewässern zur Umsetzung der EU-Wasserrahmenrichtlinie: Makrophyten und Phytobenthos, 124 S. [www.lfu.bayern.de/wasser/gewaesserqualitaet\\_seen/phylib\\_deutsch/verfahrensanleitung/index.htm](http://www.lfu.bayern.de/wasser/gewaesserqualitaet_seen/phylib_deutsch/verfahrensanleitung/index.htm)
- SCHMEDTJE, U., GUTOWSKI, A., HOFMANN, G., LEUKART, P., MELZER, A., MOLLENHAUER, D., SCHNEIDER, S. & TREMP, H. (1998): Trophiekartierung von aufwuchs- und makrophytendominierten Fließgewässern. Informationsberichte des Bayerischen Landesamtes für Wasserwirtschaft 4/98, 501 S.
- SYRBE, R.-U. (2004): Das Recherchesystem der Naturräume des Freistaates Sachsen. In: Strobl, J., Blaschke, T. & Griesebner, G. (Hrsg.): Angewandte Geoinformatik. Beiträge zum 16. AGIT-Symposium Salzburg, Wichmann, Heidelberg, S. 680 – 689.
- WEYER, K. VAN DE (1997): Untersuchungen zur Biologie und Ökologie von *Potamogeton polygonifolius* POURR. im Niederrheinischen Tiefland, Dissertationes Botanicae 278, 178 S.
- WEYER, K. VAN DE (2006): Klassifikation und Bewertung der Makrophytenvegetation der großen Seen in Nordrhein-Westfalen gemäß EG-Wasserrahmen-Richtlinie. LUA NRW, Merkblatt 52: 108 S. [www.lua.nrw.de/veroeffentlichungen/merkbl/merk52/merk52.pdf](http://www.lua.nrw.de/veroeffentlichungen/merkbl/merk52/merk52.pdf)
- WEYER, K. VAN DE & SCHMIDT, C. (2007): Bestimmungsschlüssel für die aquatischen Makrophyten (Gefäßpflanzen, Armeleuchteralgen und Moose) in Deutschland. Bearbeitung: Wassong D. & Kreimeier, B., Auftraggeber: Ministerium für Ländliche Entwicklung, Umwelt und Verbraucherschutz des Landes Brandenburg. CD/Polykopie, Nettetal/Potsdam, 128 S. & 348 S. und Anhang mit 332 Abb.
- WEYER, K. VAN DE (2007): Die Bedeutung von Tauchuntersuchungen bei der Erfassung von Makrophyten in Seen und Fließgewässern. Deutsche Gesellschaft für Limnologie (DGL) – Tagungsbericht 2006 (Dresden): 708 – 713, Werder.
- WEYER, K. VAN DE (2008 a): Aquatische Makrophyten in Fließgewässern des Tieflandes – Mögliche Maßnahmen zur Initiierung der Strahlwirkung. Deutscher Rat für Landespflege 81: 67 – 70.
- WEYER, K. VAN DE (2008 b): Fortschreibung des Bewertungsverfahrens für Makrophyten in Fließgewässern in Nordrhein-Westfalen gemäß den Vorgaben der EG-Wasserrahmen-Richtlinie. LANUV Arbeitsblatt 3: 78 S. & Anhang, Recklinghausen. [www.lanuv.nrw.de/veroeffentlichungen/arbeitsblatt/arbla3/arbla3start.htm](http://www.lanuv.nrw.de/veroeffentlichungen/arbeitsblatt/arbla3/arbla3start.htm)
- WEYER, K. VAN DE, NEUMANN, J., PIETSCH, W., PÄZOLT, J. & TIGGES, P. (2009): Die Makrophyten des Senftenberger Sees. Naturschutz und Landschaftspflege in Brandenburg 18 (3): 88 – 95.
- WEYER, K. VAN DE & SCHMIDT, C. (2011 a): Bestimmungsschlüssel für die aquatischen Makrophyten (Gefäßpflanzen, Armeleuchteralgen und Moose) in Deutschland. Band 1: Bestimmungsschlüssel. In: Landesamt für Umwelt, Gesundheit und Verbraucherschutz (LUGV) Brandenburg, Potsdam (Hrsg.): Fachbeiträge des LUGV Brandenburg 119. 164 S.
- WEYER, K. VAN DE & SCHMIDT, C. (2011 b): Bestimmungsschlüssel für die aquatischen Makrophyten (Gefäßpflanzen, Armeleuchteralgen und Moose) in Deutschland: Band 2: Abbildungen. In: Landesamt für Umwelt, Gesundheit und Verbraucherschutz (LUGV) Brandenburg, Potsdam (Hrsg.): Fachbeiträge des LUGV Brandenburg 120. 375 S.
- WILMANN, O. (1984): Ökologische Pflanzensoziologie, 3. Auflage, UTB, Heidelberg. 372 S.
- WOLF, J., KROKER, J., HOFMANN, G. & BALLOT, A. (2009): Beiträge zur Bioindikation mit Diatomeen und Makrophyten. Schriftenreihe des Sächsischen Landesamtes für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie Heft 13/2009: 1 – 97.



# Bildnachweise

**Bayer, Gerhard** S. 123

**BfUL** S. 08, 77 (unten), 122, 164

**Freymann, Florian** S. 65 (oben links, links Mitte, unten rechts), 67 (unten links), 69 (unten links), 71 (oben links), 73, 76, 77 (oben), 81, 85 (unten), 88 (oben), 89 (rechts), 92 (unten), 95 (unten), 96 (oben), 98 (oben), 101 (oben rechts), 103 (links), 104 (unten), 105 (links), 106 (oben), 108 (oben), 110 (oben), 157, 158, 160 (rechts), 161 (unten), 167, 173 (rechts)

**Foerster, Dr. Julia** S. 68 (oben links)

**Friedrich, Prof. Dr. Günther** S. 65 (oben rechts)

**Gutowski, Dr. Antje** Titel, S. 61, 62, 63, 66, 67 (oben, unten Mitte, unten rechts), 68 (oben rechts, unten), 69 (rechts), 70 (oben rechts, unten), 71 (unten), 72, 82, 83, 84, 85 (oben), 86, 87, 88 (unten), 89 (links), 90, 91, 92 (oben), 93, 94, 95 (oben), 96 (unten), 97, 98 (unten), 99 (oben), 100, 101 (oben links, unten), 102, 103 (rechts), 104 (oben), 105 (rechts), 106 (unten), 107, 108 (unten), 109, 110 (unten), 111, 161 (oben)

**Hess, Sebastian** S. 115

**Hofmann, Gabriele** S. 123

**Kies, Prof. Dr. Ludwig** S. 71 (oben rechts), 99 (unten)

**Lansdown, Richard** S. 55 (unten)

**Rank, Hartmut (Archiv Naturschutz LfULG)**  
Titel

**Ruppel, Manfred** Titel, S. 113, 114, 116, 117, 118, 125 – 155, 162, 168, 174, 179

**Tigges, Patrick** S. 16, S. 29 (2. von unten)

**van de Weyer, Dr. Klaus** Titel, S. 11, 12, 13, 14, 15, 20, 21, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 29 (oben 3, unten), 30, 31, 32, 33, 34, 35, 36, 37, 38, 39, 40, 41, 42, 43, 44, 45, 46, 47, 48, 49, 50, 51, 52, 53, 54, 55 (oben), 56, 57, 58, 59, 65 (Mitte rechts, unten links), 69 (oben links), 70 (oben links), 160 (links), 161 (unten), 173 (links), 176, 178

**LfULG** Titel, Rücktitel, S. 170

# Danksagung

Für die Zusammenarbeit und Hilfe bei der Erstellung des Manuskriptes danken wir Florian Freymann, Dr. Julia Foerster, Prof. Dr. Thomas Friedl (Georg-August-Universität Göttingen), Prof. Dr. Horst Lange-Bertalot und Prof. Dr. Dieter Mollenhauer.

Bilder für die Darstellung der Makrophyten stellten Patrick Tigges und Richard Lansdown zur Verfügung. Die Algen des PoD wurde durch zahlreiche Makroaufnahmen aus dem Freiland von Florian Freymann ermöglicht. Weitere Aufnahmen für das PoD stammen von Prof. Dr. Ludwig Kies, Prof. Dr. Günther Friedrich und Dr. Julia Foerster. Die Aufnahmen der Diatomeen am Rasterelektronenmikroskop ermöglichte Manfred Ruppel von der Goethe-Universität Frankfurt am Main. Die Lebendaufnahmen stellte Sebastian Hess zur Verfügung, weitere Fotos von Diatomeen stammen von Gerhard Bayer. Allen sei dafür herzlich gedankt.

**Herausgeber:**

Sächsisches Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie  
Pillnitzer Platz 3, 01326 Dresden  
Telefon: + 49 351 2612-0 · Telefax: + 49 351 2612-1099  
E-Mail: [lfulg@smul.sachsen.de](mailto:lfulg@smul.sachsen.de)  
[www.smul.sachsen.de/lfulg](http://www.smul.sachsen.de/lfulg)

**Redaktion:**

Abteilung Wasser, Boden, Wertstoffe  
Referat Oberflächen- und Grundwasser  
Elisabeth Böhm, Kerstin Jenemann  
Telefon: + 49 351 8928-4409 · Telefax: + 49 351 8928-4099  
E-Mail: [Kerstin.Jenemann@smul.sachsen.de](mailto:Kerstin.Jenemann@smul.sachsen.de)

**Autoren:**

Dr. Antje Gutowski (AlgaLab, Bremen), Dr. Klaus van de Weyer  
(lanaplan, Nettetal), Dr. Gabriele Hofmann (Glashütten-Schloßborn),  
Dr. habil. Angela Doege (BfUL)

**Fotos:**

van de Weyer, Gutowski, Ruppel, Freymann, BfUL, Hess, Tigges,  
Foerster, Kies, Friedrich, Lansdown, Bayer, Rank, LfULG

**Gestaltung und Satz:**

Sandstein Kommunikation GmbH, Dresden

**Druck:**

Druckerei Wagner GmbH

**Redaktionsschluss:**

17.11.2011

**Auflagenhöhe:**

1.000 Exemplare

**Papier:**

gedruckt auf 100 % Recycling-Papier

**Bezug:**

Diese Druckschrift kann gegen eine Schutzgebühr von 10 Euro  
bezogen werden bei:

Zentraler Broschürenversand der Sächsischen Staatsregierung  
Hammerweg 30, 01127 Dresden

Telefon: + 49 351 2103-672 · Telefax: + 49 351 2103-681

E-Mail: [publikationen@sachsen.de](mailto:publikationen@sachsen.de)

[www.publikationen.sachsen.de](http://www.publikationen.sachsen.de)

**Verteilerhinweis**

Diese Informationsschrift wird von der Sächsischen Staatsregierung im Rahmen ihrer verfassungsmäßigen Verpflichtung zur Information der Öffentlichkeit herausgegeben. Sie darf weder von Parteien noch von deren Kandidaten oder Helfern im Zeitraum von sechs Monaten vor einer Wahl zum Zwecke der Wahlwerbung verwendet werden. Dies gilt für alle Wahlen.

Missbräuchlich ist insbesondere die Verteilung auf Wahlveranstaltungen, an Informationsständen der Parteien sowie das Einlegen, Aufdrucken oder Aufkleben parteipolitischer Informationen oder Werbemittel. Untersagt ist auch die Weitergabe an Dritte zur Verwendung bei der Wahlwerbung. Auch ohne zeitlichen Bezug zu einer bevorstehenden Wahl darf die vorliegende Druckschrift nicht so verwendet werden, dass dies als Parteinahme des Herausgebers zugunsten einzelner politischer Gruppen verstanden werden könnte.

Diese Beschränkungen gelten unabhängig vom Vertriebsweg, also unabhängig davon, auf welchem Wege und in welcher Anzahl diese Informationsschrift dem Empfänger zugegangen ist. Erlaubt ist jedoch den Parteien, diese Informationsschrift zur Unterrichtung ihrer Mitglieder zu verwenden.

**Copyright**

Diese Veröffentlichung ist urheberrechtlich geschützt. Alle Rechte, auch die des Nachdruckes von Auszügen und der fotomechanischen Wiedergabe, sind dem Herausgeber vorbehalten.

**Herausgeber:**

Sächsisches Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie  
Pillnitzer Platz 3, 01326 Dresden  
Telefon: + 49 351 2612-0 · Telefax: + 49 351 2612-1099  
E-Mail: [lfulg@smul.sachsen.de](mailto:lfulg@smul.sachsen.de)  
[www.smul.sachsen.de/lfulg](http://www.smul.sachsen.de/lfulg)

**Redaktion:**

Abteilung Wasser, Boden, Wertstoffe  
Referat Oberflächen- und Grundwasser  
Elisabeth Böhm, Kerstin Jenemann  
Telefon: + 49 351 8928-4409 · Telefax: + 49 351 8928-4099  
E-Mail: [Kerstin.Jenemann@smul.sachsen.de](mailto:Kerstin.Jenemann@smul.sachsen.de)

**Autoren:**

Dr. Antje Gutowski (AlgaLab, Bremen), Dr. Klaus van de Weyer  
(lanaplan, Nettetäl), Dr. Gabriele Hofmann (Glashütten-Schloßborn),  
Dr. habil. Angela Doege (BfUL)

**Fotos:**

van de Weyer, Gutowski, Ruppel, Freymann, BfUL, Hess, Tigges, Foerster,  
Kies, Friedrich, Lansdown, Bayer, Rank, LfULG

**Gestaltung und Satz:**

Sandstein Kommunikation GmbH, Dresden

**Druck:**

Druckerei Wagner GmbH

**Redaktionsschluss:**

17.11.2011

**Auflagenhöhe:**

1.000 Exemplare

**Papier:**

gedruckt auf 100% Recycling-Papier

**Bezug:**

Diese Druckschrift kann gegen eine Schutzgebühr von 10 Euro  
bezogen werden bei:

Zentraler Broschürenversand der Sächsischen Staatsregierung  
Hammerweg 30, 01127 Dresden

Telefon: + 49 351 2103-672 · Telefax: + 49 351 2103-681

E-Mail: [publikationen@sachsen.de](mailto:publikationen@sachsen.de)

[www.publikationen.sachsen.de](http://www.publikationen.sachsen.de)