

DIN EN 16695

ICS 13.060.70

**Wasserbeschaffenheit –
Anleitung zur Abschätzung des Phytoplankton-Biovolumens;
Deutsche Fassung EN 16695:2015**

Water quality –
Guidance on the estimation of phytoplankton biovolume;
German version EN 16695:2015

Qualité de l'eau –
Lignes directrices pour l'estimation du biovolume des microalgues;
Version allemande EN 16695:2015

Gesamtumfang 101 Seiten

DIN-Normenausschuss Wasserwesen (NAW)

Nationales Vorwort

Dieses Dokument (EN 16695:2015) wurde vom Technischen Komitee CEN/TC 230 „Wasseranalytik“ erarbeitet, dessen Sekretariat vom DIN (Deutschland) gehalten wird.

Das zuständige deutsche Gremium ist der Arbeitskreis NA 119-01-03-05-06 AK „Biologisch-ökologische Gewässeruntersuchung“ des Arbeitsausschusses NA 119-01-03 AA „Wasseruntersuchung“ im DIN-Normenausschuss Wasserwesen (NAW).

Bezeichnung des Verfahrens:

Anleitung zur Abschätzung des Phytoplankton-Biovolumens:

Verfahren DIN EN 16695 — M 37

Diese Norm wurde unter dem Mandat M/424 erarbeitet, das die Europäische Kommission dem Europäischen Komitee für Normung (CEN) erteilt hat, um genormte Verfahren zur Unterstützung der EU-Wasserrahmenrichtlinie (2000/60/EG) zu entwickeln oder zu verbessern.

Es ist erforderlich, bei den Untersuchungen nach dieser Norm Fachleute oder Facheinrichtungen einzuschalten und bestehende Sicherheitsvorschriften zu beachten.

Bei Anwendung der Norm ist im Einzelfall je nach Aufgabenstellung zu prüfen, ob und inwieweit die Festlegung von zusätzlichen Randbedingungen erforderlich ist.

Die vorliegende Norm enthält das vom DIN-Normenausschuss Wasserwesen (NAW) und von der Wasserchemischen Gesellschaft – eine Fachgruppe in der Gesellschaft Deutscher Chemiker – gemeinsam erarbeitete Deutsche Einheitsverfahren zur Wasser-, Abwasser- und Schlammuntersuchung:

Anleitung zur Abschätzung des Phytoplankton-Biovolumens (M 37).

Die als DIN-Normen veröffentlichten Deutschen Einheitsverfahren sind bei der Beuth Verlag GmbH einzeln oder zusammengefasst erhältlich. Außerdem werden die genormten Deutschen Einheitsverfahren in der Loseblattsammlung „Deutsche Einheitsverfahren zur Wasser-, Abwasser- und Schlammuntersuchung“ gemeinsam von der Beuth Verlag GmbH und der Wiley-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA publiziert.

Normen oder Norm-Entwürfe mit dem Gruppentitel „*Deutsche Einheitsverfahren zur Wasser-, Abwasser- und Schlammuntersuchung*“ sind in folgende Gebiete (Haupttitel) aufgeteilt:

Allgemeine Angaben (Gruppe A)

Sensorische Verfahren (Gruppe B)

Physikalische und physikalisch-chemische Kenngrößen (Gruppe C)

Anionen (Gruppe D)

Kationen (Gruppe E)

Gemeinsam erfassbare Stoffgruppen (Gruppe F)

Gasförmige Bestandteile (Gruppe G)

Summarische Wirkungs- und Stoffkenngrößen (Gruppe H)

Mikrobiologische Verfahren (Gruppe K)

Testverfahren mit Wasserorganismen (Gruppe L)

Biologisch-ökologische Gewässeruntersuchung (Gruppe M)

Einzelkomponenten (Gruppe P)

Schlamm und Sedimente (Gruppe S)

Suborganismische Testverfahren (Gruppe T)

Über die bisher erschienenen Teile dieser Normen gibt die Geschäftsstelle des Normenausschusses Wasserwesen (NAW) im DIN Deutsches Institut für Normung e.V., Telefon 030 2601-2448, oder die Beuth Verlag GmbH, 10772 Berlin (Hausanschrift: Am DIN-Platz, Burggrafenstr. 6, 10787 Berlin), Auskunft.

— Leerseite —

Deutsche Fassung

Wasserbeschaffenheit — Anleitung zur Abschätzung des Phytoplankton-Biovolumens

Water quality —
Guidance on the estimation of phytoplankton
biovolume

Qualité de l'eau —
Lignes directrices pour l'estimation du biovolume des
microalgues

Diese Europäische Norm wurde vom CEN am 10. Juli 2015 angenommen.

Die CEN-Mitglieder sind gehalten, die CEN/CENELEC-Geschäftsordnung zu erfüllen, in der die Bedingungen festgelegt sind, unter denen dieser Europäischen Norm ohne jede Änderung der Status einer nationalen Norm zu geben ist. Auf dem letzten Stand befindliche Listen dieser nationalen Normen mit ihren bibliographischen Angaben sind beim Management-Zentrum des CEN-CENELEC oder bei jedem CEN-Mitglied auf Anfrage erhältlich.

Diese Europäische Norm besteht in drei offiziellen Fassungen (Deutsch, Englisch, Französisch). Eine Fassung in einer anderen Sprache, die von einem CEN-Mitglied in eigener Verantwortung durch Übersetzung in seine Landessprache gemacht und dem Management-Zentrum mitgeteilt worden ist, hat den gleichen Status wie die offiziellen Fassungen.

CEN-Mitglieder sind die nationalen Normungsinstitute von Belgien, Bulgarien, Dänemark, Deutschland, der ehemaligen jugoslawischen Republik Mazedonien, Estland, Finnland, Frankreich, Griechenland, Irland, Island, Italien, Kroatien, Lettland, Litauen, Luxemburg, Malta, den Niederlanden, Norwegen, Österreich, Polen, Portugal, Rumänien, Schweden, der Schweiz, der Slowakei, Slowenien, Spanien, der Tschechischen Republik, der Türkei, Ungarn, dem Vereinigten Königreich und Zypern.



EUROPÄISCHES KOMITEE FÜR NORMUNG
EUROPEAN COMMITTEE FOR STANDARDIZATION
COMITÉ EUROPÉEN DE NORMALISATION

CEN-CENELEC Management-Zentrum: Avenue Marnix 17, B-1000 Brüssel

Inhalt

	Seite
Europäisches Vorwort	3
Einleitung	4
1 Anwendungsbereich	5
2 Normative Verweisungen	5
3 Begriffe	5
4 Grundlage des Verfahrens	6
5 Geräte und Konservierungsmittel	7
6 Durchführung	7
6.1 Probenahme und Probenvorbereitung	7
6.2 Kalibrierung des Okularmikrometers, Zählgitters und der Bildverarbeitungssoftware	7
6.3 Statistische Anforderungen für die Berechnungen	8
6.4 Messung	10
6.4.1 Allgemeines	10
6.4.2 Größenklassen, basierend auf repräsentativen Vermessungen	10
6.4.3 Behandlung der „versteckten Dimensionen“	11
6.4.4 Vermessung fadenförmiger Taxa	11
6.4.5 Vermessung und Zählung kolonie- bzw. Zönobium-bildender Taxa	12
6.4.6 Vermessung komplexer geometrischer Körper	13
6.5 Berechnung des Biovolumens	14
6.6 Biovolumen-Biomasse-Relation	14
6.7 Untersuchungsbericht	15
7 Qualitätssicherung	15
Anhang A (informativ) Auflistung geometrischer Formen	16
Anhang B (informativ) Statistische Verfahrenskennndaten	24
Anhang C (informativ) Berechnung des Kohlenstoffgehalts	29
Anhang D (informativ) Alphabetische Taxaliste mit den vorgeschlagenen geometrischen Körpern und Faktoren für die versteckten Dimensionen	31
Anhang E (informativ) Beispiel: Gattungs-spezifische Anweisung zur Vermessung der Dimensionen	92
Literaturhinweise	96

Europäisches Vorwort

Dieses Dokument (EN 16695:2015) wurde vom Technischen Komitee CEN/TC 230 „Wasseranalytik“ erarbeitet, dessen Sekretariat vom DIN gehalten wird.

Diese Europäische Norm muss den Status einer nationalen Norm erhalten, entweder durch Veröffentlichung eines identischen Textes oder durch Anerkennung bis März 2016, und etwaige entgegenstehende nationale Normen müssen bis März 2016 zurückgezogen werden.

Es wird auf die Möglichkeit hingewiesen, dass einige Elemente dieses Dokuments Patentrechte berühren können. CEN [und/oder CENELEC] sind nicht dafür verantwortlich, einige oder alle diesbezüglichen Patentrechte zu identifizieren.

Dieses Dokument wurde unter einem Mandat erarbeitet, das die Europäische Kommission und die Europäische Freihandelszone dem CEN erteilt haben.

Entsprechend der CEN-CENELEC-Geschäftsordnung sind die nationalen Normungsinstitute der folgenden Länder gehalten, diese Europäische Norm zu übernehmen: Belgien, Bulgarien, Dänemark, Deutschland, die ehemalige jugoslawische Republik Mazedonien, Estland, Finnland, Frankreich, Griechenland, Irland, Island, Italien, Kroatien, Lettland, Litauen, Luxemburg, Malta, Niederlande, Norwegen, Österreich, Polen, Portugal, Rumänien, Schweden, Schweiz, Slowakei, Slowenien, Spanien, Tschechische Republik, Türkei, Ungarn, Vereinigtes Königreich und Zypern.

Einleitung

Die Abundanz (Häufigkeit) oder Anzahl von Zähleinheiten einzelner Phytoplankton-Taxa spiegelt nicht notwendigerweise den tatsächlichen Anteil einzelner Taxa an der gesamten Biomasse einer Phytoplanktongemeinschaft wider. Wenige große Zellen/Zähleinheiten können weit mehr Biomasse in das System einbringen als viele kleine. Deshalb sind Abundanzdaten alleine oftmals kein ideales Maß für die Größe einer Population. Abschätzungen der Biomasse dagegen liefern sehr wichtige Informationen für ökologische Untersuchungen, Bewertungssysteme und Ökosystemmodelle. Deshalb ist es erforderlich, die Biomasse von Phytoplanktontaxa zu bestimmen, insbesondere weil das Phytoplankton die Energie in Form von Kohlenstoff für andere trophische Ebenen (Trophiestufen) in den Nahrungsnetzen liefert. Es ist nicht möglich, den Kohlenstoffgehalt in natürlichen Phytoplanktonproben auf taxonomischer Ebene direkt zu messen, das Biovolumen der Phytoplanktontaxa ist daher ein geeignetes Maß zur Bestimmung der Biomasse eines Ökosystems entsprechend der taxonomischen Zusammensetzung. Weder die Analyse der Teilchengröße mittels Laseranalyse noch Durchflusszytometrie, Partikel Zähler oder die chemische Analyse der Chlorophyll-a-Konzentration sowie des Gesamtkohlenstoffgehaltes ermöglichen Angaben auf taxonomischer Ebene. Eine Abschätzung des Kohlenstoffgehalts auf Basis des Biovolumens ist jedoch unter Verwendung von Umrechnungsfaktoren möglich (siehe Anhang C).

Darüber hinaus bietet das Biovolumen eine quantitative Grundlage zur Beurteilung von Gefährdungen durch Algen und Cyanobakterien, die schädliche oder toxische Stoffwechselprodukte enthalten (können), und wird in Kombination mit Zellzahlen oder der Chlorophyll-a-Konzentration in WHO-Richtlinien und einer Reihe von nationalen Vorschriften zur Risikobewertung (Gefährdungsabschätzung) verwendet.

Bisher wurden in verschiedenen nationalen und internationalen Überwachungsprogrammen unterschiedliche Leitlinien zur Abschätzung des Biovolumens von Mikroalgen angewendet (z. B. [1], [2], [3], [4]). Das Hauptziel des vorliegenden Dokuments besteht in der Normung des Verfahrens zur Bestimmung des Phytoplankton-Biovolumens, um eine Vergleichbarkeit von Daten zu erreichen. Deshalb wird die Abschätzung des Biovolumens in Phytoplanktonproben mittels Sedimentationskammern (nach Utermöhl) unter Anwendung eines Umkehrmikroskops ausführlich beschrieben.

Diese Norm kann auch für die Auswertung von Bildern, die mit Mikroskop- oder Durchflusszytometrie-Kameras aufgenommen wurden, verwendet werden. Die Verwendung eines Standardkatalogs, der geometrische Grundformen und einige zusammengesetzte Formen enthält, wird empfohlen. Natürlich spiegelt eine derartige Standardliste nicht die Vielfalt aller natürlich vorkommenden Formen wider und entspricht nicht den exakten Werten für das Biovolumen von jedem Taxon. Es wird immer ein Kompromiss zwischen der Genauigkeit und der Wirtschaftlichkeit sein. Jedoch verbessert die Verwendung abgestimmter geometrischer Formen und die Anwendung der entsprechenden Gleichungen die Vergleichbarkeit von Phytoplanktondaten und ist ein entscheidender Schritt in Richtung der Umsetzung von Qualitätssicherungsmaßnahmen bei der Phytoplanktonanalyse.

1 Anwendungsbereich

Diese Europäische Norm legt ein Verfahren zur Abschätzung des Biovolumens von marinen und limnischen Phytoplankton-Taxa unter Anwendung der Umkehrmikroskopie (Utermöhl-Technik nach EN 15204) fest, und berücksichtigt dabei einige heterotrophe Protisten ($< 100 \mu\text{m}$), die bei Routineauswertungen von Zooplankton nicht mit angerechnet werden und benthische Mikroalgen, die in pelagischen Wasserproben gefunden werden können.

Diese Europäische Norm beschreibt die erforderlichen Verfahren zur Messung der Zelldimensionen und zur Berechnung des Volumens von Zellen oder Zählseinheiten zur Abschätzung des Biovolumens in Phytoplanktonproben. Um Fehler zu vermeiden, werden harmonisierte geometrische Formen verwendet.

2 Normative Verweisungen

Die folgenden Dokumente, die in diesem Dokument teilweise oder als Ganzes zitiert werden, sind für die Anwendung dieses Dokuments erforderlich. Bei datierten Verweisungen gilt nur die in Bezug genommene Ausgabe. Bei undatierten Verweisungen gilt die letzte Ausgabe des in Bezug genommenen Dokuments (einschließlich aller Änderungen).

EN 15204, *Wasserbeschaffenheit — Anleitung für die Zählung von Phytoplankton mittels der Umkehrmikroskopie (Utermöhl-Technik)*

EN 15972, *Wasserbeschaffenheit — Anleitung für die quantitative und qualitative Untersuchung von marinem Phytoplankton*

EN 16698, *Wasserbeschaffenheit — Anleitung für die quantitative und qualitative Probenahme von Phytoplankton aus Binnengewässern*

3 Begriffe

Für die Anwendung dieses Dokuments gelten die folgenden Begriffe.

3.1

Biomasse

Gesamtmasse lebender organischer Materie innerhalb eines Systems oder Taxons

3.2

Biovolumen

Gesamtvolumen der (lebenden) Organismen innerhalb eines Systems oder Taxons

Anmerkung 1 zum Begriff: Das Biovolumen wird üblicherweise in Kubikmillimeter je Liter (mm^3/l) angegeben.

3.3

Zellvolumen

Volumen einer Zählseinheit

Gesamtvolumen einer Einzelzelle oder einer Zählseinheit

Anmerkung 1 zum Begriff: Das Zellvolumen oder das Volumen einer Zählseinheit enthält die Zellwand (sofern vorhanden), mit Ausnahme von Lorica und/oder Schleimhüllen sowie Zelloberflächenstrukturen, wie z. B. Stacheln, Seta (Zellfortsätze) und Schuppen.

Anmerkung 2 zum Begriff: Das Zellvolumen oder das Volumen einer Zählseinheit wird üblicherweise in Kubikmikrometer (μm^3) angegeben.

4 Grundlage des Verfahrens

Grundsätzlich basiert die Abschätzung des gesamten oder Taxon-spezifischen Biovolumens von Phytoplanktonproben natürlicher Gemeinschaften oder Kulturen auf der Vermessung einer repräsentativen Anzahl von Individuen. Durch Multiplikation des Durchschnitts- oder Medianwerts des Zellvolumens oder Volumens der Zähleinheit mit der Abundanz (Häufigkeit) wird das jeweilige Biovolumen der in der Probe vorkommenden Taxa bestimmt.

Drei Vorgehensweisen sind dabei zulässig:

- 1) **Abschätzung durch repräsentative Messung:** Eine repräsentative Anzahl von Individuen (meist einzelne Zellen) oder Zähleinheiten aller aufgezeichneten oder dominierenden Taxa wird in jeder Probe oder einer festgelegten Anzahl von Proben innerhalb einer vergleichbaren Probenserie vermessen. Die Daten werden zur Berechnung des Durchschnitts oder Medianwerts des Zellvolumens oder Volumens der Zähleinheit unter Verwendung der Volumenformel der festgelegten Form verwendet.
- 2) **Abschätzung mittels Größenklassen, die auf repräsentativen Messungen beruhen:** Für Taxa, die in ihrer Größe stark variieren können (z. B. verschiedene Diatomeen, unterschiedliche Stadien im Lebenszyklus) werden zunächst sinnvolle Größenklassen bestimmt, denen die Individuen, zusätzlich zu ihrem Taxon, zugeordnet werden. Grundlage für die Definition der Größenklassen sind Messungen in der gleichen Weise, wie unter (1) beschrieben.
- 3) **Abschätzung mittels Standardvolumina, die auf repräsentativen Messungen beruhen:** Ein sinnvolles Standardvolumen für die Zelle oder Zähleinheit wird für jedes Taxon einmalig festgelegt. Diese Standardwerte werden durch repräsentative Vermessungen und über die Formeln der zugeordneten geometrischen Körper wie unter (1) beschrieben berechnet.

Bei allen Vorgehensweisen muss jedem Taxon eine geometrische Form zugewiesen werden, um das Zellvolumen oder Volumen der Zähleinheit zu berechnen. Deshalb sind zur Harmonisierung der Vorgehensweisen für alle Taxa die geometrischen Formen festgelegt (siehe Anhang D). Die Formen wurden so gewählt, dass die zugehörigen Taxa-Körper so genau wie möglich dargestellt werden und effektive Messungen mit geringem Aufwand möglich sind (d. h. so wenige Dimensionen wie möglich; üblicherweise sind nur zwei erforderlich). Siebzehn verschiedene geometrische Körper werden verwendet (Anhang A enthält die Liste der geometrischen Körper). Falls es nicht möglich ist, die tatsächliche Körperform eines Taxons mit einem geometrischen Grundkörper zu beschreiben, werden zusammengesetzte Körper (z. B. Kegel mit Halbkugel) verwendet. Wenn die tatsächliche Geometrie von Taxa nicht genau zur zugewiesenen Form passt, wird ein „geometrischer Korrekturfaktor“ bei der finalen Berechnung des Zellvolumens oder Volumens der Zähleinheit verwendet.

Taxalisten, in denen die bevorzugten geometrischen Formen aufgeführt sind, wurden bereits auf der Grundlage spezifischer taxonomischer Ebenen oder für bestimmte Gebiete veröffentlicht (siehe z. B. [1], [3], [4]). Dieses Dokument stellt harmonisierte geometrische Formen für Phytoplanktonorganismen zur Verfügung, die in europäischen Meeres, Brackwasser- und Süßwassersystemen verbreitet sind. Anhang D enthält eine alphabetische Liste für Gattungen mit den zugeordneten geometrischen Körpern. Wenn es abweichende Geometrien für Arten, Unterarten, Formen oder Varietäten innerhalb einer Gattung gibt, sind diese zusätzlich aufgelistet.

5 Geräte und Konservierungsmittel

Die folgenden Geräte werden für die Analyse des Biovolumens von Phytoplanktonproben benötigt.

5.1 Inverses Mikroskop, ausgestattet mit einem Kondensor mit einer numerischen Apertur (NA) von wenigstens 0,5 und Plan-Objektiven mit einer NA von 0,9 oder besser, die mindestens eine Gesamtvergrößerung zwischen 63× und 400× erlauben. Das Mikroskop sollte über ein Binokular verfügen, Hellfeldbeleuchtung (zusätzlich ist Phasenkontrastbeleuchtung nützlich) ermöglichen und 10× oder 12,5× Okulare aufweisen.

Obwohl die Umkehrmikroskopie das empfohlene Verfahren zur Analyse von Phytoplankton ist, dürfen in einigen Fällen auch konventionelle Lichtmikroskope eingesetzt werden.

5.2 Kalibriertes Objektmikrometer.

5.3 Okularmikrometer.

5.4 Zählgitter.

5.5 Sedimentationskammern nach EN 15204.

5.6 Bildverarbeitungssoftware, falls verfügbar.

5.7 Probenflaschen nach EN 15204.

5.8 Konservierungsmittel, angesäuerte und/oder alkalische Lugol'sche Lösung nach EN 15204.

6 Durchführung

6.1 Probenahme und Probenvorbereitung

Die Probenahme und Bestimmung der Phytoplanktonabundanz und -zusammensetzung ist eine Voraussetzung zur Berechnung des Biovolumens einer Phytoplanktonprobe. Die Probenahme muss für Süßwasserproben nach EN 16698 und für marine Proben nach EN 15972 durchgeführt werden. Für die Zählung und Bestimmung der Arten siehe EN 15204.

Die Dimensionen, die zur Abschätzung des Biovolumens der Phytoplanktontaxa notwendig sind, werden in Sedimentationskammern bestimmt, die in derselben Weise vorzubereiten sind wie für die Zählung und Artbestimmung (siehe EN 15204). Zur Vermessung wird ein Umkehrmikroskop mit einem Okularmikrometer oder einer Bildverarbeitungssoftware verwendet.

Für bestimmte wissenschaftliche Zwecke können die Messungen auch mit konventionellen (nicht-inversen) Lichtmikroskopen durchgeführt werden.

6.2 Kalibrierung des Okularmikrometers, Zählgitters und der Bildverarbeitungssoftware

Die benötigten Dimensionen zur Berechnung des Volumens von Zellen oder Zähleinheiten werden mit Hilfe eines Okularmikrometers oder einer Bildverarbeitungssoftware gemessen. Für die Zuordnung zu Größenklassen kann auch ein kalibriertes Zählgitter verwendet werden.

Vor der Messung müssen alle Systeme mit einem kalibrierten Objektmikrometer für jedes eingesetzte Mikroskop, Objektiv und Okular kalibriert werden.

Die Skala kommerzieller kalibrierter Objektmikrometer hat eine Länge von 1 mm (oder 2 mm), wobei jeder Millimeter in 100 gleiche Abschnitte unterteilt ist. Der Abstand zwischen diesen Unterteilungen beträgt demnach 10 µm. Durch die Überlagerung der Skala des Okularmikrometers oder des Zählgitters mit der Skala des Objektmikrometers kann der Skalenwert (S) oder der Konversionsfaktor für die Okularskala für jede Vergrößerung wie folgt ermittelt werden:

$$S = \frac{n_{\text{obj}} \times 10}{n_{\text{eye}}} \quad (1)$$

Dabei ist

- S der Skalenwert (Konversionsfaktor) für das Okularmikrometer, in Mikrometer (µm);
- n_{obj} die Anzahl der Teilstriche des Objektmikrometers;
- n_{eye} die Anzahl der Teilstriche des Okularmikrometers oder die Anzahl der Zählgitter des Okularmikrometers.

Der Konversionsfaktor sollte auf zwei Nachkommastellen bestimmt werden. Der Abstand zwischen zwei Linien der Okularskala muss für jede verwendete Vergrößerung mit dem kalibrierten Objektmikrometer ermittelt werden.

Bei Verwendung einer Bildverarbeitungssoftware muss dieses System für jede verwendete Vergrößerung mit dem geeichten Objektmikrometer entsprechend der Anleitung zur Software kalibriert werden.

6.3 Statistische Anforderungen für die Berechnungen

Die notwendigen Dimensionen des jeweiligen geometrischen Körpers müssen für jedes interessierende Taxon vermessen werden. Wenigstens 20 Individuen je Taxon sollten vermessen werden, um sicherzustellen, dass der Standardfehler von Zell- bzw. Zähleneinheitenvolumen kleiner als 10 % ist.

Bei Taxa, deren Zellgröße sehr variabel ist, sollte die Anzahl der zu vermessenden Zellen bzw. Zähleneinheiten bis zu einem Maximum von 50 so lange erhöht werden, bis der Standardfehler unter 10 % fällt ([3], [5]).

Wenn die Variabilität der Größe eines Taxons klein ist, darf die Anzahl zu vermessender Zellen auf 5 bis 10 Individuen beschränkt werden. In jedem Fall ist es ratsam, zu kontrollieren, dass der Standardfehler gering ist. Standardabweichung und der Standardfehler können nach Gleichung (2) und Gleichung (3) berechnet werden:

$$s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n - 1}} \quad (2)$$

Dabei ist

- s die Standardabweichung des Volumens des Taxons;
- x_i das Volumen einer einzelnen Zelle/Zähleneinheit des Taxons;
- $\bar{x}$ das mittlere Volumen aller Messungen des Taxons;
- n die Anzahl der gemessenen Zellen des Taxons.

Aus der Standardabweichung s kann der Standardfehler des Mittelwertes $\sigma_{\bar{x}}$ nach Gleichung (3) berechnet werden:

$$\sigma_{\bar{x}} = \frac{s}{\sqrt{n}} \quad (3)$$

Um den prozentualen Bereich σ_{rel} des Standardfehlers zu erhalten, wird der Standardfehler des Mittelwertes $\sigma_{\bar{x}}$ nach Gleichung (4) durch den Mittelwert $\bar{x}$ der Proben dividiert:

$$\sigma_{\text{rel}} = \frac{\sigma_{\bar{x}}}{\bar{x}} \times 100 \quad (4)$$

Aus den Ergebnissen kann der 95 %-Vertrauensbereich nach Gleichung (5) und Gleichung (6) bestimmt werden:

$$\bar{x}_u = \bar{x} + (\sigma_{\bar{x}} \times 1,96) \quad (5)$$

$$\bar{x}_l = \bar{x} - (\sigma_{\bar{x}} \times 1,96) \quad (6)$$

Dabei ist

$\bar{x}_u$ der obere 95 %-Vertrauensbereich;

$\bar{x}_l$ der untere 95 %-Vertrauensbereich.

Weil die notwendige Anzahl zu vermessender Individuen für jedes Taxon von dessen Größenvariabilität abhängt, ist es hilfreich, das Volumen der Zelle oder Zählereinheit nach jeder Messung zu ermitteln. Das erlaubt einen kontinuierlichen statistischen Überblick und Prüfung der Präzision und minimiert damit die notwendigen Messungen. Im Idealfall sollte ein Vertrauensbereich von 95 % als Maß für die Präzision eingestellt werden. Der Arbeitsaufwand wird minimiert, weil damit sichergestellt wird, dass nur so viele Zellen vermessen werden, wie zur Erreichung der angestrebten Präzision notwendig sind.

Wenn nicht genügend Zellen/Zähleinheiten eines Taxons in der Probe vorhanden sind, um die statistischen Mindestanforderungen zu erfüllen, sind alle der (wenigen) vorkommenden Zellen des Taxons zu vermessen, oder es ist ein mittleres Standardbiovolumen zu verwenden (siehe unten).

Das Vermessen einer Vielzahl von Zellen für jedes vorkommende Taxon in jeder Probe ist zeitaufwändig. Deshalb dürfen für Untersuchungen in speziellen Projekten bzw. Gebieten mittlere Volumina aus eigenen Messungen verwendet werden. Diese mittleren Volumina müssen regelmäßig durch Vermessungen der Zelldimensionen (siehe 6.4) und anschließende Berechnung des Volumens von Zelle bzw. Zählereinheit (siehe 6.5) geprüft bzw. aktualisiert werden. Für Taxa mit einer hohen Variabilität der Zellgröße und für diejenigen, die mehr als 50 % der Biomasse ausmachen, werden diese regelmäßigen Kontrollen dringend empfohlen.

6.4 Messung

6.4.1 Allgemeines

Das Vermessen der Zellen/Zähleinheiten kann parallel zur Zählung oder in einem separaten Schritt durchgeführt werden. Abhängig von der Zellgröße der Taxa, sollte die Vermessung der notwendigen Dimensionen (z. B. Durchmesser, Höhe, Länge, Breite usw.) bei Vergrößerungen zwischen 63× und 1 000× durchgeführt werden, um die notwendige Präzision zu erreichen.

Die sogenannte „leere“ Vergrößerung, die keine zusätzlichen Details mehr erkennen lässt, sollte vermieden werden. Deshalb sollte sichergestellt sein, dass die Gesamtvergrößerung des Mikroskops größer ist als das 500fache, jedoch kleiner, als das 1 000fache der numerischen Apertur des verwendeten Objektives, um sicherzustellen, dass innerhalb der „förderlichen“ Vergrößerung gearbeitet wird.

Es ist wichtig, dass die zu vermessenden Zellen zufällig ausgewählt werden, um eine Abgrenzung bestimmter Größenklassen zu vermeiden. Dies kann durch die Auswahl zufällig über die gesamte Kammerfläche verteilter Sichtfelder erreicht werden.

Wenn die Einzelzellen innerhalb von kettenbildenden, fadenförmigen oder koloniebildenden Taxa deutlich unterschieden werden können, sollte nur eine Zelle je Kette, Faden oder Kolonie vermessen werden. Fadenförmige Algen kommen oft verklumpt und unregelmäßig über die Kammerfläche verteilt vor. Auch in diesen Fällen muss sichergestellt sein, dass Zellen aus verschiedenen Klumpen vermessen werden.

Durch Drehen der Okularskala und Verschieben der Sedimentationskammer mit dem Kreutztisch wird die Okularskala über die zu vermessende Dimension des entsprechenden Taxons gelegt. Die Anzahl der Teilstriche wird abgelesen, und durch Multiplikation mit dem Konversionsfaktor (siehe 6.2) wird die Länge der Dimension berechnet.

Die Messergebnisse sollten in Mikrometer auf bis zu zwei Dezimalstellen genau angegeben werden. Liegt das Ende einer Zelldimension zwischen zwei Teilstrichen der Okularskala, wird der Anteil mit maximal einer Dezimalstelle abgeschätzt.

Kommt der Größenklassen-Ansatz zur Anwendung, so darf das kalibrierte Gitternetz zur Zuordnung der Individuen zur entsprechenden Größenklasse verwendet werden.

Wird eine Bildverarbeitungssoftware verwendet, so müssen die entsprechenden Vorgaben im Benutzerhandbuch beachtet werden.

6.4.2 Größenklassen, basierend auf repräsentativen Vermessungen

Die geeignete Anzahl von Größenklassen hängt von der Variabilität der Größe jedes Taxons ab. Die Größenklassen können beispielsweise aus Clusteranalysen basierend auf einem repräsentativen Datensatz vermessener Zellen abgeleitet werden (siehe 6.4.1).

Für jede Größenklasse wird das Volumen der Zellen bzw. Zähleinheiten mit Hilfe des dem Taxon zugeordneten geometrischen Körpers und mittleren Dimensionslängen berechnet. Durch Multiplikation mit der entsprechenden Abundanz und Summierung aller Größenklassen des Taxons wird das Taxon spezifische Volumen in der Probe bestimmt. In Routine-Monitoringprogrammen sollten standardisierte Größenklassen verwendet werden (z. B. [4]). Wenn regionale Listen mit Größenklassen zur Verfügung stehen, sollten diese stattdessen verwendet werden [4]. Es wird empfohlen eine neue Größenklasse zu bilden, wenn das Biovolumen signifikant von dem bereits existierender Klassen abweicht.

6.4.3 Behandlung der „versteckten Dimensionen“

Für bestimmte Taxa ist es während der Routineanalysen oft nicht möglich, alle Dimensionen zu vermessen, die für die Berechnung des Biovolumens notwendig sind („versteckte Dimensionen“, z. B. die Höhe prismatischer Zellen verschiedener Körper oder der kleine Durchmesser elliptischer Zellen). Die Länge der fehlenden Dimension muss dann anhand eines artspezifischen Faktors als Verhältnis aus einer sichtbaren Dimension abgeschätzt werden. Das Verhältnis von sichtbarer zu versteckter Dimension kann aus Vermessungen anderer Proben oder Probenserien abgeleitet werden, falls die Lage der Zellen in der Sedimentationskammer dies erlauben. Tatsächliche Vermessungen sollten reinen Abschätzungen vorgezogen werden. Die Taxaliste in Anhang D enthält für die meisten Arten, die üblicherweise eine „versteckte Dimension“ aufweisen, Vorschläge für die entsprechenden Faktoren. Wenn keine Vorschläge für die „versteckte Dimension“ vorhanden sind, sollten entsprechende Faktoren aus der Literatur verwendet werden, falls sie verfügbar sind. Wenn die versteckte Dimension für eine bestimmte Fragestellung genau bestimmt werden muss, kann man die Zellen vorsichtig in Paraffinöl drehen. Mit speziellen Mikroskopen ist es auch möglich, den Abstand zwischen dem Focus von oberem und unterem Ende der „versteckten Dimension“ zu ermitteln.

6.4.4 Vermessung fadenförmiger Taxa

Bei einigen fadenförmigen Taxa (z. B. Cyanobakterien) ist es oft schwierig, die einzelnen Zellen innerhalb eines Fadens zu unterscheiden, insbesondere, wenn die Zellen ohne Lücken miteinander verbunden sind. In solchen Fällen können Stücke einer bestimmten Länge (z. B. 100 µm oder 10 µm Länge und Durchmesser) gezählt und vermessen werden; diese werden anschließend multipliziert mit der Gesamtanzahl dieser Zähleinheiten in der Probe.

Alternativ können die mittleren Dimensionen der Filamente gemessen werden, um das Volumen eines Filaments zu berechnen. Dieser Wert wird anschließend mit der Gesamtanzahl der Filamente in der Probe multipliziert.

Darüber hinaus gibt es eine dritte genauere Methode für fadenförmige Taxa, besonders für solche ohne sichtbare Zellgrenzen. Anstatt die einzelnen Filamente in ihrer Gesamtheit zu erfassen, wird nur die Länge der Teilstücke, die sich innerhalb eines Zählgitters befindet, ermittelt. Der Anteil, der außerhalb liegt, wird nicht erfasst (siehe Bild 1). Die Summe aller Längen innerhalb des Zählgitters wird berechnet, nachdem ein Transekt in der Kammer erfasst wurde. Anschließend wird der Durchmesser von wenigstens 20 Filamenten gemessen und daraus der Mittelwert berechnet. Um das Biovolumen des entsprechenden Taxons zu erhalten, wird die Summe aller Fadenlängen (h) mit dem Quadrat des Median-Durchmessers der Filamente und dem Faktor $\pi/4$ multipliziert, da ein Faden ein Zylinder ist mit dem Volumen:

$$V = \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot d^2 \cdot h \quad (7)$$

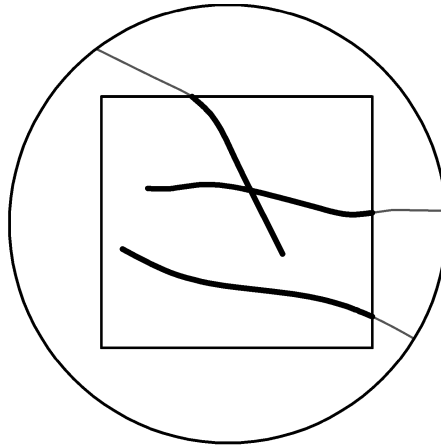


Bild 1 — Bestimmung des Biovolumens bei Filamenten ohne sichtbare Zellgrenzen unter Verwendung eines Zählgitters

ANMERKUNG Die Längen aller Teilstücke innerhalb des Zählgitters (schwarzes Rechteck) werden gemessen. Teilstücke außerhalb des Zählgitters werden nicht erfasst [6].

6.4.5 Vermessung und Zählung kolonie- bzw. Zönobium-bildender Taxa

In den meisten Fällen sollte der geometrische Körper eines Taxons auf Basis der Form einer Einzelzelle zugeordnet werden. Für einige kolonie- bzw. Zönobium-bildende Arten, in denen die Einzelzellen schwer zu unterscheiden sind oder sehr komplexe Formen aufweisen, kann es sinnvoll sein, den Körper auf Basis der gesamten Kolonie oder des Zönobiums einer geometrischen Form zuzuweisen oder sie können zum Zählen und Vermessen die Kolonien bzw. Zönobien mit Ultraschall behandelt werden, wodurch der Zellverbund in Einzelzellen zerfällt.

Bei einigen Arten sind beispielsweise kleine Einzelzellen zu kompakten dichten Kolonien vereinigt. Die einzelnen Zellen sind normalerweise nicht zu unterscheiden und die Anzahl in diesen Kolonien oder Zönobien ist oft sehr schwierig zu ermitteln. In solchen Fällen kann die Abschätzung des Volumens anhand der Geometrie der gesamten Kolonie bzw. des Zönobiums vorgenommen werden, insbesondere während der Analyse von Proben aus dem Routine-Monitoring. Für einige Taxa muss zur Berechnung des Biovolumens ein zusätzlicher „Geometrie-Korrekturfaktor“ herangezogen werden. Das Gleiche gilt für kolonie- bzw. Zönobium-bildende Taxa mit sehr komplexen Formen der Einzelzellen. Tabelle 1 zeigt einige Beispiele. Im Anhang D wird für die entsprechenden Taxa aufgeführt, wenn die gesamte Kolonie oder das Zönobium gemessen werden soll.

Tabelle 1 — Geometrische Formen und Korrekturfaktoren für einige kolonie- und Zönobium-bildende Taxa

Taxon Name	Geometrie für Kolonie	Geometrie-Korrekturfaktor	Faktor für die „versteckte Dimension“
<i>Woronichinia</i>	Kugel	0,2	—
<i>Coelosphaerium</i>	Kugel	0,2	—
<i>Snowella</i>	Kugel	0,75	—
<i>Botryococcus</i>	Rotationsellipsoid	—	—
<i>Eudorina</i>	Kugel	0,25	—
<i>Pandorina</i>	Kugel	—	—
<i>Coelastrum</i>	Kugel	—	—
<i>Pediastrum</i>	Zylinder	abhängig von der Art	Höhe der Kolonie = Höhe der Einzelzelle (Faktor siehe Anhang D)
<i>Crucigenia</i>	Quader	abhängig von der Art	dritte Kantenlänge (Höhe) = $0,5 \times$ zweite Kantenlänge (Breite)

Eine recht genaue Methode zur Abschätzung des Biovolumens von koloniebildenden Formen, insbesondere bei den Cyanobakterien-Gattungen *Microcystis*, *Aphanothece*, *Aphanocapsa* und *Dolichospermum*, welche „ball of yarn“-Kolonien bildet, besteht darin, die Dimensionen der Zellen sowie die größte lineare Dimension der gesamten Kolonie in der sedimentierten Probe zu ermitteln, die Kolonien anschließend durch Ultraschallbehandlung zu trennen und die so erhaltenen Einzelzellen in der behandelten Probe zu zählen [7].

6.4.6 Vermessung komplexer geometrischer Körper

Einige Taxa besitzen sehr komplexe Formen, die aus einer Vielzahl von geometrischen Körpern zusammengesetzt sind und damit komplizierte Formeln für die Berechnung des Biovolumens erfordern. Um diese Arbeit zu erleichtern, werden diesen Taxa einfache zusammengesetzte Formen zugewiesen, die einfach und mit wenig Aufwand zur Abschätzung zu vermessen sind. Je nach erforderlicher Genauigkeit müssen diesen Taxa aber unter Umständen feine aufgeteilte zusammengesetzte Körper zugrunde gelegt werden. Eine andere Möglichkeit ist, Standardbiovolumina aus der Literatur (durchschnittliches Zell- oder Zähloneitsvolumen) zu verwenden. Jedoch muss dabei beachtet werden, dass die Zellgröße von einer ganzen Reihe von Umweltfaktoren abhängig sein und damit stark variieren kann. Andererseits kann die Abschätzung des Biovolumens auf Basis von halben Zellen einfacher sein (z. B. bei einigen Desmidiaceen-Gattungen wie *Cosmarium* und *Staurastrum*).

In jedem Fall muss die Vorgehensweise im Untersuchungsbericht angegeben werden. Beispielhaft ist in Anhang E anhand von vier Arten aus dem durchgeführten Ringversuch und zwei weiteren Taxa angegeben, wie die jeweils notwendigen Dimensionen ermittelt werden müssen, die nicht leicht messbar sind.

6.5 Berechnung des Biovolumens

Das Volumen der Zellen bzw. Zählseinheiten wird auf Basis der Taxon-spezifischen geometrischen Körper und der dafür vermessenen Dimensionen berechnet (z. B. Durchmesser, Höhe, Länge, Breite usw.; siehe Anhang A). Für einige Taxa passt der zugewiesene geometrische Körper nicht exakt zur tatsächlichen Form, z. B. wenn einer pennaten Diatomee ein Rechteck zugewiesen ist, die Enden aber abgerundet sind. In solchen Fällen muss das Zellvolumen mit einem zusätzlichen Korrekturfaktor multipliziert werden, der in Anhang D für die entsprechenden Taxa angegeben ist.

Das durchschnittliche Volumen der Zellen bzw. Zählseinheiten der verschiedenen Taxa muss grundsätzlich als Median der Einzelwerte der Zellen bzw. Zählseinheiten ermittelt werden.

ANMERKUNG Sind die Einzelvolumina je Taxon normal verteilt (entsprechend Chi-Quadrat- oder Kolmogorov-Smirnov-Test) kann auch der arithmetische Mittelwert anstelle des Medians zur Berechnung des Durchschnittsvolumens verwendet werden. Zur Beantwortung spezieller Fragen in der Ökologie kann es notwendig sein, den arithmetischen Mittelwert auch für nicht-normal verteilte Werte zu verwenden.

Diese Berechnungen müssen für jedes aufgenommene Taxon in allen oder ausgewählten Proben, basierend auf der repräsentativen Vermessung (siehe Abschnitt 4) oder einmalig für charakteristische Proben zur Ermittlung eines Standardfaktors (siehe Abschnitt 4), durchgeführt werden. Wird mit „Größenklassen“ gearbeitet (siehe Abschnitt 4 und 6.4.2) wird das durchschnittliche Volumen der Zellen bzw. Zählseinheiten berechnet, indem das Mittel zwischen oberer und unterer Größenklasse für jede Dimension herangezogen wird.

Das Biovolumen jedes Taxons in einer Probe wird durch Multiplikation der Abundanz der Zellen/l (oder Zellen/ml) oder Zählseinheiten (z. B. Anzahl 100-µm-langer Filamentstücke je Liter) mit dem Median (oder Mittelwert) des ermittelten Taxon-spezifischen Volumens (µm³) auf Basis der Zellen bzw. Zählseinheiten entsprechend einer der drei oben beschriebenen Methoden mithilfe von Gleichung (8) berechnet:

$$V_{\text{bio},i} = \frac{n_i \cdot \tilde{V}_i}{10^9} \quad (8)$$

Dabei ist

- $V_{\text{bio},i}$ das Biovolumen des Taxons oder der Größenklasse i , in Kubikmillimeter je Liter (mm³/l);
- n_i die Anzahl der Zellen (oder Anzahl der Zählseinheiten) des Taxons oder der Größenklasse i je Liter (1/l);
- $\tilde{V}_i$ Median (oder Mittelwert) des Volumens von Zelle oder Zählseinheit des Taxons oder der Größenklasse i , in Kubikmikrometer (µm³).

Das Gesamtbiovolumen der Probe ergibt sich aus der Summe aller Biovolumina der einzelnen Taxa oder Größenklassen.

Statistische Kenndaten aus dem europaweit durchgeführten Validierungsringversuchs sind in Anhang B aufgeführt.

6.6 Biovolumen-Biomasse-Relation

In der Phytoplanktonökologie wird die Biomasse gewöhnlich als Chlorophyll-a-Konzentration (µg/l), als Biovolumen (mm³/l) oder als Kohlenstoffgehalt (µg/l) angegeben. Ausgehend von einer Dichte der Organismen gleich der Dichte von Wasser (1,0 g/cm³, [8]), darf die Biomasse als Feuchtgewicht wie folgt ermittelt werden:

- 1 mm³/l (Biovolumen) = 1 cm³/m³ (Biovolumen) = 1 mg/l (Feuchtgewicht);
- 1 mm³/m³ (Biovolumen) = 10⁶ µm³/l (Biovolumen) = 1 µg/l (Feuchtgewicht).

ANMERKUNG Zur Abschätzung des Kohlenstoffgehaltes siehe Anhang C.

6.7 Untersuchungsbericht

Die spezifischen Volumina der Zellen bzw. Zählseinheiten werden in Kubikmikrometer (μm^3) ohne Dezimalstellen oder für Pikoplankton auf zwei signifikanten Stellen genau (z. B. $4,2 \mu\text{m}^3$) angegeben. Das Biovolumen eines einzelnen Taxons bzw. der gesamten Probe wird in Kubikmillimeter je Liter (mm^3/l oder mm^3/ml) auf drei signifikanten Stellen bzw. Dezimalstellen genau (z. B. $12,5 \text{ mm}^3/\text{l}$; $3,75 \text{ mm}^3/\text{l}$; $0,138 \text{ mm}^3/\text{l}$; $0,004 \text{ mm}^3/\text{l}$) angegeben.

Beispielhaft zeigt Tabelle 2, wie der taxonspezifische Teil eines Untersuchungsberichts aussehen kann.

Tabelle 2 — Beispiel für den taxonspezifischen Teil eines Untersuchungsberichts

Taxonname	Abundanz	Geometrie	Mittleres Zellvolumen	Gesamt biovolumen	Kohlenstoffgehalt (nach ...)
	n/l		μm^3	mm^3/l	$\mu\text{g}/\text{l}$
<i>Thalassiosira nordenskiöldii</i>	12 109	Zylinder	9 817	0,119	6,53
<i>Odontella aurita</i>	265 725	elliptischer Zylinder	14 091	3,74	188,5
....					
Summe von Probe 5	765 180			4,43	231,2

Einige Taxa (z. B. Flagellaten ohne feste Zellwand) tendieren dazu, während der Fixierung zu schrumpfen. Dieser Prozess ist von einer Reihe verschiedener Faktoren abhängig (Fixierungsmittel, Lebenszyklus, physiologischer Zustand, Art usw.; auch Diatomeen können schrumpfen). Meist ist es schwierig diesbezüglich entsprechende gute Korrekturfaktoren in der Literatur zu finden. Deshalb kann die Verwendung eines allgemeinen Korrekturfaktors für fixiertes Material entweder zur Über- oder Unterbewertung des Biovolumens führen. Für Monitoring-Programme, in denen es hauptsächlich darum geht Trends zu dokumentieren, hat deshalb die Verwendung solcher Korrekturfaktoren keine hohe Priorität. In anderen Fällen, in denen es zwingend erforderlich ist, die genaue Biomasse zu ermitteln, sollten die Korrekturfaktoren für den Einfluss des verwendeten Fixierungsmittels mit Hilfe von Vergleichsmessungen an lebenden und fixierten Organismen ermittelt werden. Dies ist im Untersuchungsbericht anzugeben.

7 Qualitätssicherung

Die Qualitätssicherung in Verbindung mit dieser Europäischen Norm sollte nach EN 14996 erfolgen.

Anhang A (informativ)

Auflistung geometrischer Formen

Tabelle A.1 enthält Angaben über 17 verschiedene geometrische Körper, die zur Biovolumen-Abschätzung von Phytoplankton verwendet werden. Die erste Spalte enthält eine fortlaufende Identifizierungsnummer für jeden Körper. In der zweiten Spalte wird der offizielle geometrische Name der Form angegeben, ergänzt um mögliche synonyme Namen. Die Abbildungen jedes Körpers zeigen eine 3D-Ansicht, einen Quer- und einen Längsschnitt, in denen die zur Berechnung des Biovolumens notwendigen Dimensionen eingezeichnet sind. Die dritte Spalte zeigt einige allgemeine Informationen über den jeweiligen Körper, eine Beschreibung der notwendigen Dimensionen und einige Taxon-Beispiele. Zunächst wird dort aufgeführt, ob es sich um einen Grundkörper oder eine zusammengesetzte Form handelt. Bei Letzterem wird auch angegeben, aus welchen Grundformen der Körper zusammengesetzt ist. Die Angaben zur Präzision der Volumenberechnung unterscheiden zwischen exakter Berechnung, wenn es eine eindeutig definierte Gleichung für das Volumen gibt, und annähernder Berechnung, wenn die Gleichung durch näherungsweise Integration abgeleitet wird. Die zur Berechnung des Biovolumens notwendigen Dimensionen werden mit vollständigem Namen, Abkürzung und Informationen über die Messbarkeit bei Phytoplanktonorganismen bei Verwendung eines umgekehrten Mikroskops aufgeführt. Dabei bedeutet „m“, dass die Dimension messbar ist, „hd“ zeigt an, dass es sich um eine „versteckte Dimension“ (en: hidden dimension) handelt, die in einer Sedimentationskammer nicht vermessen werden kann. Wenn beide Kennzeichnungen (m; hd) aufgeführt sind, kann die Zelle unterschiedliche Lagen aufweisen. Die Orientierung beeinflusst dabei, welche Dimension messbar ist und welche nicht. Schließlich werden noch einige typische Taxon-Beispiele für den jeweiligen Körper aufgeführt. In der letzten Spalte werden die zur Berechnung des Biovolumens notwendigen Formeln aufgeführt. Dabei wird zunächst die abgeleitete Form auf Basis des Durchmessers angegeben, der bei den Zellen eindeutig zu vermessen ist, gefolgt von der originalen geometrischen Darstellungsweise, basierend auf dem Radius.

Tabelle A.1 — Geometrische Körper (1 von 8)

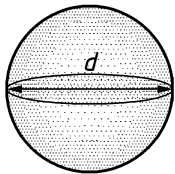
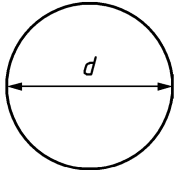
ID	Geometrischer Körper (<i>Synonyme</i>)	Information	Volumen Gleichung
1	Kugel   Querschnitt	<i>Grundform</i> <i>Präzision der Volumenberechnung: exakt</i> Dimensionen: Durchmesser (d) - m Beispiele: <i>Chroococcus, Coelastrum, Gloeocapsa, Microcystis, Oblea, Pterosperma</i>	$V = \frac{1}{6} \times \pi \times d^3$ Für Radius $r = \frac{d}{2}$: $V = \frac{4}{3} \times \pi \times r^3$

Tabelle A.1 (2 von 8)

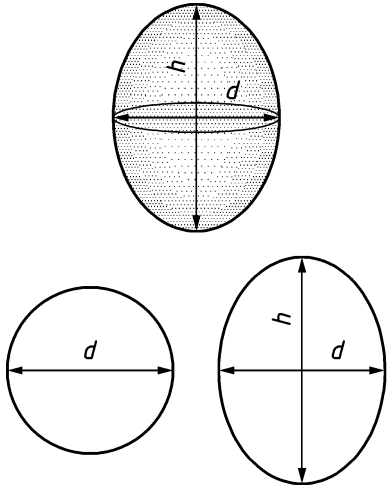
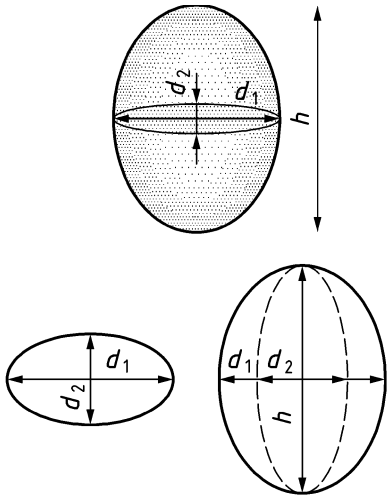
ID	Geometrischer Körper (Synonyme)	Information	Volumen Gleichung
2	Sphäroid <i>Rotationsellipsoid</i>  Querschnitt Längsschnitt	<i>Grundform</i> <i>Präzision der Volumenberechnung: exakt</i> Dimensionen: Durchmesser (d) - m Höhe (h) - m Beispiele: <i>Aphanothece, Chlamydomonas, Desmodesmus, Trachelomonas, Woronichinia</i>	$V = \frac{1}{6} \times \pi \times d^2 \times h$ Für Radius $r = d/2$: $V = \frac{4}{3} \times \pi \times r^2 \times \frac{1}{2} \times h$
3	Ellipsoid <i>dreiaxsiges Ellipsoid</i> <i>abgeflachtes Ellipsoid</i>  Querschnitt Längsschnitt	<i>Grundform</i> <i>Präzision der Volumenberechnung: exakt</i> Dimensionen: großer Durchmesser (d₁) - m kleiner Durchmesser (d₂) - m Höhe (h) - m Beispiele: <i>Amphidinium, Cosmarium, Dinophysis, Gymnodinium, Mallomonas</i>	$V = \frac{1}{6} \times \pi \times d_1 \times d_2 \times h$ Für Radius r: $V = \frac{4}{3} \times \pi \times r_1 \times r_2 \times r_3$ mit $r_1 = \frac{d_1}{2}, \quad r_2 = \frac{d_2}{2}, \quad r_3 = \frac{h}{2}$

Tabelle A.1 (3 von 8)

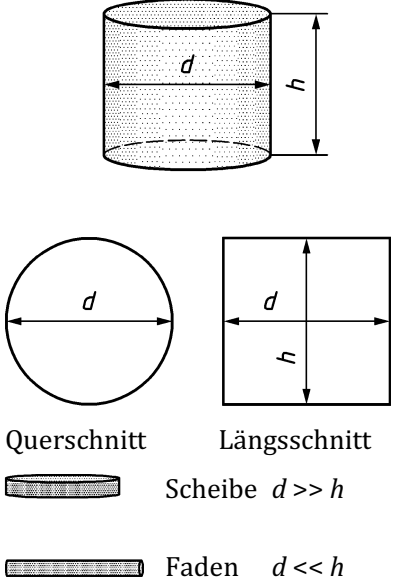
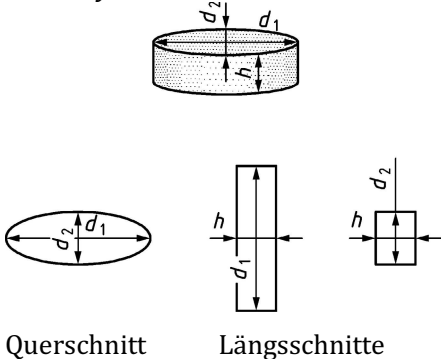
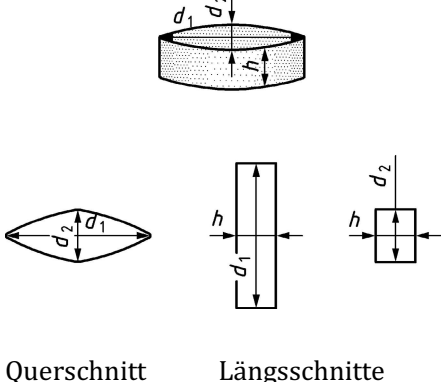
ID	Geometrischer Körper (Synonyme)	Information	Volumen Gleichung
4	Zylinder  Querschnitt Längsschnitt Scheibe $d \gg h$ Faden $d \ll h$	<i>Grundform</i> <i>Präzision der Volumenberechnung: exakt</i> Dimensionen: Durchmesser (d) - m Höhe (h) - m; hd Beispiele: <i>Aphanizomenon, Aulacoseira, Coscinodiscus, Phormidium, Rhizosolenia, Thalassiosira</i>	$V = \frac{1}{4} \times \pi \times d^2 \times h$ Für Radius $r = \frac{d}{2}$: $V = \pi \times r^2 \times h$
5	Elliptischer Zylinder <i>Prisma auf Ellipsenbasis</i> <i>ovaler Zylinder</i>  Querschnitt Längsschnitt	<i>Grundform</i> <i>Präzision der Volumenberechnung: exakt</i> Dimensionen: großer Durchmesser (d_1) - m kleiner Durchmesser (d_2) - m; hd Höhe des Zylinders (h) - hd; m Beispiele: <i>Achnanthes, Chaetoceros, Fragilaria, Odontella, Surirella</i>	$V = \frac{1}{4} \times \pi \times d_1 \times d_2 \times h$ Für Radius r: $V = \pi \times r_1 \times r_2 \times h$ mit $r_1 = \frac{d_1}{2}, \quad r_2 = \frac{d_2}{2}$
6	Lanzettförmiger Zylinder <i>Naviculoid</i>  Querschnitt Längsschnitt	<i>Grundform</i> <i>Präzision der Volumenberechnung: annähernd</i> Dimensionen: großer Durchmesser (d_1) - m kleiner Durchmesser (d_2) - m; hd Höhe des Zylinders (h) - hd; m Beispiele: <i>Haslea, Navicula</i>	$V = \frac{2}{\pi} \times d_1 \times d_2 \times h$ Für Radius r: $V = \frac{8}{\pi} \times r_1 \times r_2 \times h$ mit $r_1 = \frac{d_1}{2}, \quad r_2 = \frac{d_2}{2}$

Tabelle A.1 (4 von 8)

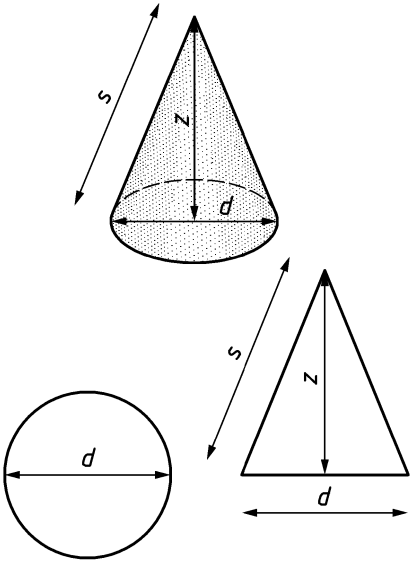
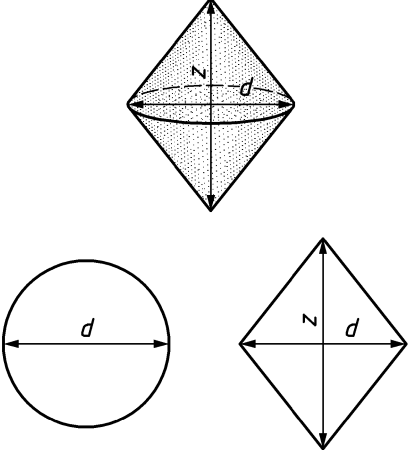
ID	Geometrischer Körper (Synonyme)	Information	Volumen Gleichung
7	Kegel  Querschnitt Längsschnitt	Grundform Präzision der Volumenberechnung: exakt Dimensionen: Durchmesser (d) - m Höhe der Mantellinie (s) - m Höhe des Kegels (z) - m ANMERKUNG: Mit einem inversen Mikroskop kann die Mantellinie exakt vermessen werden. Die Kegelhöhe ist eine versteckte Dimension aufgrund der schiefen Projektion. Beispiele: <i>Calciopappus, Minuscula, Pyramimonas longicauda</i>	$V = \frac{1}{12} \times \pi \times d^2 \times \sqrt{s^2 - \frac{1}{4} \times d^2}$ Für Radius $r = \frac{d}{2}$ und Höhe $z = \sqrt{s^2 - r^2}$: $V = \frac{1}{3} \times \pi \times r^2 \times z$
8	Doppelkegel  Querschnitt Längsschnitt	zusammengesetzte Form Grundform: Kegel Präzision der Volumenberechnung: exakt Dimensionen: Durchmesser (d) - m Höhe des Doppelkegels (z) - m ANMERKUNG: Aufgrund der Position in der Sedimentationskammer kann die Gesamthöhe wegen der schiefen Projektion nur näherungsweise gemessen werden. Beispiele: <i>Gyrodinium spirale, Heterocapsa triquetra, Protoperidinium crassipes</i>	$V = \frac{1}{12} \times \pi \times d^2 \times z$ Für Radius $r = \frac{d}{2}$: $V = 2 \times \frac{1}{3} \times \pi \times r^2 \times \frac{1}{2} \times z$

Tabelle A.1 (5 von 8)

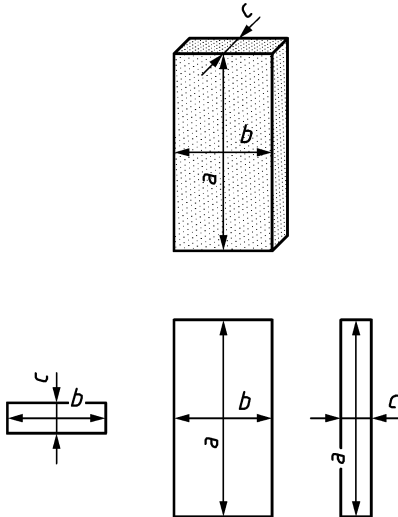
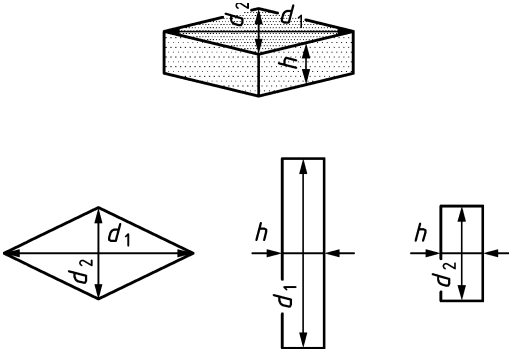
ID	Geometrischer Körper (Synonyme)	Information	Volumen Gleichung
9	Quader  Querschnitt Längsschnitte	Grundform Präzision der Volumenberechnung: exakt Dimensionen: erste Kantenlänge (a) - m zweite Kantenlänge (b) - m; hd dritte Kantenlänge (c) - hd; m Beispiele: Bacillaria, Hantzschia, Pinnularia, Tabellaria	$V = a \times b \times c$
10	Rhombisches Prisma <i>Parallelepiped</i> <i>Prisma auf Parallelogramm-Basis</i>  Querschnitt Längsschnitte	Grundform Präzision der Volumenberechnung: exakt Dimensionen: große Diagonale (d₁) - m kleine Diagonale (d₂) - m; hd Höhe des Prismas (h) - hd; m Beispiele: Brachysira, Nitzschia, Pseudo-nitzschia	$V = \frac{1}{2} \times d_1 \times d_2 \times h$

Tabelle A.1 (6 von 8)

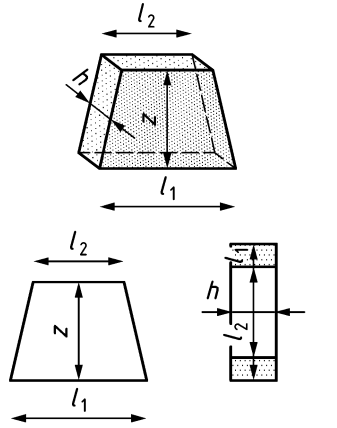
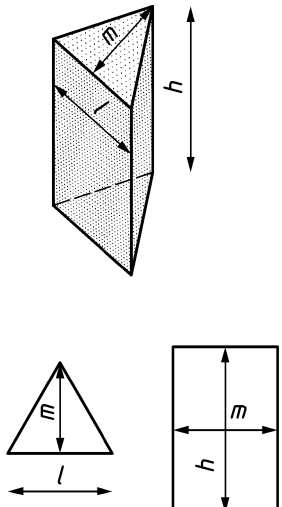
ID	Geometrischer Körper (Synonyme)	Information	Volumen Gleichung
11	Trapezförmiges Prisma  Querschnitt Längsschnitt	Grundform Präzision der Volumenberechnung: exakt Dimensionen: Länge der großen Trapezseite (l_1) - m Länge der kleinen Trapezseite (l_2) - m Trapezhöhe (z) - m; hd Höhe des Prismas (h) - hd; m Beispiele: <i>Crucigenia fenestrata</i>	$V = \frac{1}{2} \times (l_1 + l_2) \times z \times h$
12	Dreieckiges Prisma <i>Prisma auf Dreieck-Basis</i>  Querschnitt Längsschnitt	Grundform Präzision der Volumenberechnung: exakt Dimensionen: Länge der Dreiecksgrundseite (l) - m Höhe des Dreiecks (m) - m; hd Höhe des Prismas (h) - hd; m ANMERKUNG: Bei einem Prisma auf Basis eines gleichseitigen Dreiecks wird nur die Länge der Dreiecksseite benötigt. Die Höhe des Dreiecks kann durch sie ausgedrückt werden. Beispiele: <i>Belleroclea, Ditylum, Goniochloris, Lithodesmium, Triceratium</i>	$V = \frac{1}{2} \times l \times m \times h$ oder $V = \frac{1}{4} \times \sqrt{3} \times l^2 \times h$ für ein Prisma auf Basis eines gleichseitigen Dreiecks $m = \frac{1}{2} \times \sqrt{3} \times l$

Tabelle A.1 (7 von 8)

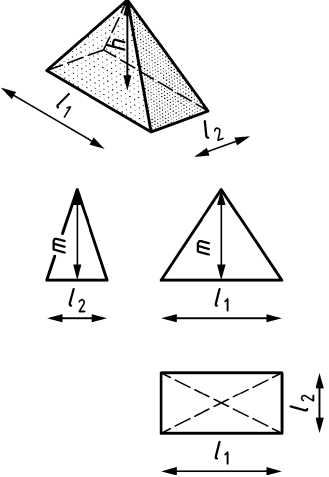
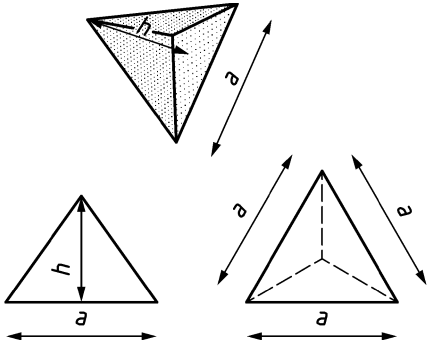
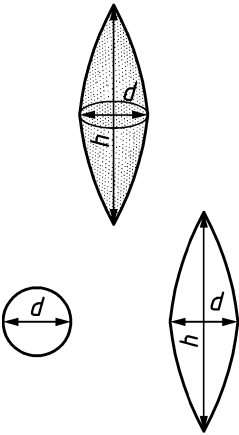
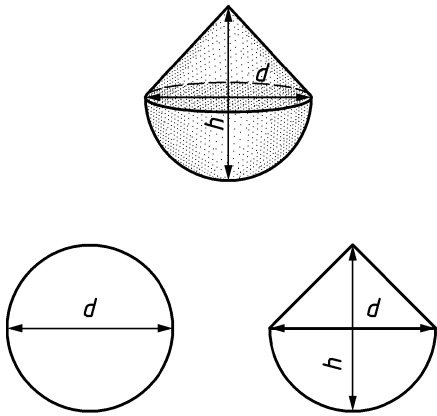
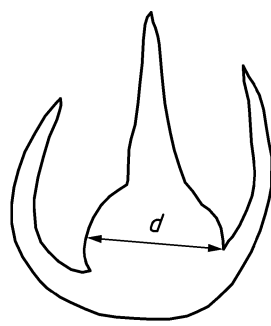
ID	Geometrischer Körper (Synonyme)	Information	Volumen Gleichung
13	Pyramide  Querschnitte Draufsicht	<i>Grundform</i> <i>Präzision der Volumenberechnung: exakt</i> Dimensionen: <i>Länge der ersten Basisseite (l₁) - m</i> <i>Länge der zweiten Basisseite (l₂) - m; hd</i> <i>Höhe der Pyramide (h) - hd; m</i> Beispiele: <i>Gomphonema, Licmophora</i>	$V = \frac{1}{3} \times l_1 \times l_2 \times h$
14	Tetraeder  Seitenansicht Draufsicht	<i>Grundform</i> <i>Präzision der Volumenberechnung: exakt</i> Dimensionen: <i>Kantenlänge (a) - m</i> <i>Höhe des Tetraeders (h) - hd</i> Beispiele: <i>Staurastrum, Staurodesmus, Tetraedriella, Tetraedron</i>	$V = \frac{1}{12} \times \sqrt{3} \times a^2 \times h$ oder $V = \frac{1}{12} \times \sqrt{2} \times a^3$ für ein regelmäßiges Tetraeder mit $h = \frac{1}{3} \times \sqrt{6} \times a;$
15	Spindel  Querschnitt Längsschnitt	<i>Grundform</i> <i>Präzision der Volumenberechnung: annähernd</i> Dimensionen: <i>Durchmesser (d) - m</i> <i>Höhe (h) - m</i> Beispiele: <i>Ankistrodesmus, Closterium, Monoraphidium</i>	$V = \frac{2}{15} \times \pi \times d^2 \times h$ Für Radius $r = \frac{d}{2}$: $V = \frac{8}{15} \times \pi \times r^2 \times h$

Tabelle A.1 (8 von 8)

ID	Geometrischer Körper (Synonyme)	Information	Volumen Gleichung																		
16	Kegel mit Halbkugel  Querschnitt Längsschnitt	<i>Zusammengesetzte Form</i> <i>Grundform: Kegel, Kugel</i> <i>Präzision der Volumenberechnung: exakt</i> Dimensionen: <i>Durchmesser (d) - m</i> <i>gesamte Höhe (h) - m</i> ANMERKUNG: Aufgrund der Position in der Sedimentationskammer kann die Gesamthöhe wegen der schiefen Projektion nur näherungsweise gemessen werden. Beispiele: <i>Gonyaulax, Hemiselmis, Katodinium, Teleaulax</i>	$V = \frac{1}{12} \times \pi \times d^2 \times \left(h + \frac{1}{2} \times d \right)$ Für Radius $r = \frac{d}{2}$: $V = \frac{1}{3} \times \pi \times r^2 \times (h - r) + \frac{1}{2} \times \frac{4}{3} \times \pi \times r^3$																		
17	Ceratium-Form  Seitenansicht	<i>komplizierte zusammengesetzte Form</i> <i>Präzision der Volumenberechnung: annähernd</i> Dimensionen: <i>Gürteldurchmesser (d) - m</i> Beispiele: <i>Ceratium</i>	$V = x \times d^y$ <i>x und y sind Faktoren, abgeleitet aus Messungen [4], [9]</i> <table><tr><td><i>Ceratium</i></td><td>x: 0,32359 y: 2,99 53</td></tr><tr><td><i>C. furca</i></td><td>x: 2,303 8 y: 2,532</td></tr><tr><td><i>C. fusus</i></td><td>x: 35,19 8 y: 1,915 6</td></tr><tr><td><i>C. hirundinella</i></td><td>x: 2,303 8 y: 2,532</td></tr><tr><td><i>C. horridum</i></td><td>x: 0,324 37 y: 3,047 4</td></tr><tr><td><i>C. lineatum</i></td><td>x: 1,237 5 y: 2,598 9</td></tr><tr><td><i>C. longipes</i></td><td>x: 0,324 37 y: 3,047 4</td></tr><tr><td><i>C. macroceros</i></td><td>x: 0,324 37 y: 3,047 4</td></tr><tr><td><i>C. tripos</i></td><td>x: 0,323 59 y: 2,995 3</td></tr></table>	<i>Ceratium</i>	x: 0,32359 y: 2,99 53	<i>C. furca</i>	x: 2,303 8 y: 2,532	<i>C. fusus</i>	x: 35,19 8 y: 1,915 6	<i>C. hirundinella</i>	x: 2,303 8 y: 2,532	<i>C. horridum</i>	x: 0,324 37 y: 3,047 4	<i>C. lineatum</i>	x: 1,237 5 y: 2,598 9	<i>C. longipes</i>	x: 0,324 37 y: 3,047 4	<i>C. macroceros</i>	x: 0,324 37 y: 3,047 4	<i>C. tripos</i>	x: 0,323 59 y: 2,995 3
<i>Ceratium</i>	x: 0,32359 y: 2,99 53																				
<i>C. furca</i>	x: 2,303 8 y: 2,532																				
<i>C. fusus</i>	x: 35,19 8 y: 1,915 6																				
<i>C. hirundinella</i>	x: 2,303 8 y: 2,532																				
<i>C. horridum</i>	x: 0,324 37 y: 3,047 4																				
<i>C. lineatum</i>	x: 1,237 5 y: 2,598 9																				
<i>C. longipes</i>	x: 0,324 37 y: 3,047 4																				
<i>C. macroceros</i>	x: 0,324 37 y: 3,047 4																				
<i>C. tripos</i>	x: 0,323 59 y: 2,995 3																				

Anhang B **(informativ)**

Statistische Verfahrenskennndaten

Die Kennndaten in den Tabellen B.1 bis B.4 wurden in einem europäischen Validierungsringversuch ermittelt, der im März 2014 anhand von jeweils zwei gemischten marinen und limnischen Proben, die in der Nordsee bei Helgoland (Deutschland), in der Ostsee bei Stralsund (Deutschland), aus verschiedenen Seen rund um Oldenburg (Deutschland) und Bad Saarow (Deutschland) genommen wurden, durchgeführt wurde. 52 Teilnehmer aus den folgenden Ländern lieferten dazu Ergebnisse: Dänemark (4), Finnland (3), Frankreich (1), Deutschland (20), Irland (1), Italien (3), Litauen (3), Norwegen (1), Polen (2), Portugal (3), Spanien (2), Schweden (3) und Großbritannien (6).

Alle Ergebnisse wurden nach der Deutschen Norm DIN 38402-45:2014-06 berechnet.

Tabelle B.1 — Verfahrenskennndaten für die Vermessung der ersten Dimension zur Biovolumenanalyse von Phytoplanktonarten aus natürlichen Proben — Abkürzungen der Dimensionen nach Anhang A

Taxonname	l	n	X μm	X_{median} μm	X_{mean} μm	X_{HS} μm	s_R μm	$C_{V,R}$ %	s_r μm	$C_{V,r}$ %
<i>Dactyliosolen fragilissimus</i> (d)	45	1 225	11,74	11,93	12,06	12,04	2,01	16,7	1,80	14,9
<i>Dinophysis acuminata</i> (d ₁)	42	961	33,48	33,90	34,07	34,07	4,24	12,5	3,23	9,5
<i>Ceratium tripos</i> (d ₁)	44	998	66,79	65,93	66,74	66,66	6,12	9,2	4,56	6,8
<i>Pseudo-nitzschia</i> cf. <i>pungens</i> (d ₁)	44	1 054	111,87	111,69	111,12	111,19	12,43	11,2	11,18	10,1
<i>Thalassionema nitzschioides</i> (d ₁)	42	1 013	32,95	32,82	33,15	33,15	4,29	13,0	4,25	12,8
<i>Rhizosolenia imbricata</i> (d)	42	1 154	9,68	10,19	10,16	10,19	2,49	24,4	2,14	21,0
<i>Ditylum brightwellii</i> (l)	40	1 114	26,76	23,83	23,64	23,69	4,89	20,7	4,18	17,6
<i>Stephanopyxis turris</i> (d)	37	964	43,15	40,35	39,96	39,96	7,60	19,0	7,07	17,7
<i>Odontella sinensis</i> (d ₁)	40	1 106	167,28	163,87	175,38	174,21	40,62	23,3	33,02	19,0
<i>Chaetoceros debilis</i> (d ₁)	39	982	13,39	14,25	13,65	13,65	3,84	28,2	2,77	20,3
<i>Fragilaria crotonensis</i> (d ₁)	53	1 391	76,94	76,58	78,15	77,47	12,51	16,2	14,27	18,4
<i>Tabellaria fenestrata</i> (a)	47	1 052	51,62	50,91	50,77	50,77	4,77	9,4	4,20	8,3
<i>Aulacoseira granulata</i> (d)	50	1 183	5,48	5,88	5,89	5,90	1,02	17,3	0,84	14,2
<i>Cryptomonas erosa</i> (d ₁)	50	1 133	12,63	12,83	12,96	12,96	1,58	12,2	1,32	10,2
<i>Rhodomonas lacustris</i> (d)	49	1 249	5,20	5,27	5,28	5,28	0,66	12,5	0,71	13,5
<i>Planktothrix agardhii</i> (d)	47	1 260	3,32	3,34	3,44	3,42	0,72	21,0	0,15	4,3
<i>Monoraphidium arcuatum</i> (d)	42	1 085	1,73	1,69	1,83	1,78	0,54	30,3	0,32	17,8
<i>Woronichinia naegeliana</i> (d)	44	1 184	2,92	3,27	3,26	3,26	0,60	18,3	0,39	12,0
<i>Cosmarium ocellatum</i> (d ₁)	43	977	28,60	26,21	26,44	26,46	2,54	9,6	1,85	7,0
<i>Trachelomonas hispida</i> (d)	45	1 068	21,15	20,96	20,86	20,87	2,08	10,0	1,75	8,4

Es bedeuten

l Anzahl der Laboratorien mit $|z_u\text{-score}| < 3$

n Anzahl der gesamten Einzelresultate aller Laboratorien mit $|z_u\text{-score}| < 3$

X zugewiesener Referenzwert basierend auf 7 Wiederholungen mit jeweils mindestens 30 Einzelmessungen

X_{median} Medianwert des Vergleichstests^a

X_{mean} arithmetischer Mittelwert des Vergleichstests^a

X_{HS} robuster Mittelwert (Hampel-Schätzer) des Vergleichstests^a

s_R Vergleichstandardabweichung

$C_{V,R}$ Vergleichvariationskoeffizient

s_r Wiederholstandardabweichung

$C_{V,r}$ Wiederholvariationskoeffizient

^a Basierend auf arithmetischen Mittelwerten der Einzelvermessungen der Laboratorien; nur Laboratorien mit $|z_u\text{-score}| < 3$.

Tabelle B.2 — Verfahrenskenndaten für die Vermessung der zweiten Dimension zur Biovolumenanalyse von Phytoplanktonarten aus natürlichen Proben — Abkürzungen der Dimensionen nach Anhang A

Taxonname	<i>l</i>	<i>n</i>	<i>X</i> µm	<i>X</i> _{median} µm	<i>X</i> _{mean} µm	<i>X</i> _{HS} µm	<i>s</i> _R µm	<i>C</i> _{V,R} %	<i>s</i> _r µm	<i>C</i> _{V,r} %
<i>Dactyliosolen fragilissimus</i> (h)	45	1 225	60,61	59,69	59,32	59,32	12,01	20,3	11,86	20,0
<i>Dinophysis acuminata</i> (d ₂)	43	994	20,09	19,45	20,58	20,32	5,58	27,5	1,90	9,4
<i>Ceratium tripos</i> (d ₂)	45	1 018	43,41	38,00	38,53	38,09	11,82	31,0	2,12	5,6
<i>Pseudo-nitzschia</i> cf. <i>pungens</i> (d ₂)	43	1 024	4,81	4,51	4,59	4,58	1,01	22,0	0,84	18,4
<i>Thalassionema nitzschioides</i> (d ₂)	42	1 013	3,99	4,35	4,26	4,23	0,99	23,4	0,77	18,2
<i>Rhizosolenia imbricata</i> (h)	42	1 154	188,20	201,34	200,16	200,46	45,13	22,5	41,59	20,7
<i>Ditylum brightwellii</i> (m)	40	1 114	23,17	22,99	22,87	22,96	4,47	19,5	4,51	19,7
<i>Stephanopyxis turris</i> (h)	37	964	66,83	59,20	58,30	58,30	10,36	17,8	9,62	16,5
<i>Odontella sinensis</i> (d ₂)	40	1 106	66,91	64,27	64,17	63,63	20,62	32,4	11,50	18,1
<i>Chaetoceros debilis</i> (d ₂)	38	959	10,04	9,31	9,53	9,40	2,59	27,6	1,59	16,9
<i>Fragilaria crotonensis</i> (d ₂)	47	1 171	4,40	3,96	3,99	3,98	0,96	24,2	0,23	5,9
<i>Tabellaria fenestrata</i> (b)	47	1 052	5,16	7,57	7,39	7,41	2,33	31,4	1,07	14,4
<i>Aulacoseira granulata</i> (h)	43	966	27,33	26,04	26,11	26,11	3,16	12,1	2,68	10,3
<i>Cryptomonas erosa</i> (d ₂)	49	1 113	10,73	10,13	9,95	9,99	2,10	21,1	0,95	9,5
<i>Rhodomonas lacustris</i> (h)	49	1 249	11,43	10,53	10,61	10,61	1,85	17,4	1,67	15,7
<i>Planktothrix agardhii</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Monoraphidium arcuatum</i> (h)	41	1 065	49,31	42,00	41,25	41,25	7,92	19,2	4,98	12,1
<i>Woronichinia naegeliana</i> (h)	43	1 077	5,35	5,38	5,33	5,36	0,69	12,9	0,49	9,2
<i>Cosmarium ocellatum</i> (d ₂)	43	956	14,30	13,39	13,52	12,19	2,52	20,7	0,87	7,2
<i>Trachelomonas hispida</i> (h)	45	1 068	27,12	27,13	26,83	26,80	3,01	11,2	2,35	8,8
Zur Bedeutung der Symbole siehe Tabelle B.1										

Tabelle B.3 — Verfahrenskennndaten für die Vermessung der dritten Dimension zur Biovolumenanalyse von Phytoplanktonarten aus natürlichen Proben — Abkürzungen der Dimensionen nach Anhang A.

Taxonname	<i>l</i>	<i>n</i>	<i>X</i> µm	<i>X</i> _{median} µm	<i>X</i> _{mean} µm	<i>X</i> _{HS} µm	<i>s</i> _R µm	<i>C</i> _{V,R} %	<i>s</i> _r µm	<i>C</i> _{V,r} %
<i>Dactyliosolen fragilissimus</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Dinophysis acuminata</i> (h)	42	961	46,69	48,71	48,88	48,77	5,38	11,0	4,58	9,4
<i>Ceratium tripos</i> (h ₁)	42	938	40,33	42,67	41,39	41,44	6,27	15,1	3,34	8,1
<i>Pseudo-nitzschia</i> cf. <i>pungens</i> (h)	44	1 054	4,81	4,06	4,14	4,12	1,51	36,7	0,66	16,1
<i>Thalassionema nitzschioides</i> (h)	42	1 013	4,59	4,69	4,77	4,76	1,00	21,0	0,78	16,4
<i>Rhizosolenia imbricata</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Ditylum brightwellii</i> (h)	40	1 114	74,17	70,10	71,00	70,88	17,30	24,4	17,01	24,0
<i>Stephanopyxis turris</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Odontella sinensis</i> (h)	40	1 106	195,30	180,70	175,04	175,34	47,20	26,9	42,85	24,4
<i>Chaetoceros debilis</i> (h)	38	954	9,14	8,83	8,99	8,91	2,10	23,6	1,57	17,6
<i>Fragilaria crotonensis</i> (h)	49	1 291	4,40	3,76	3,48	3,48	0,98	28,2	0,30	8,6
<i>Tabellaria fenestrata</i> (c)	41	929	7,82	4,88	5,47	5,40	2,06	38,2	0,70	13,0
<i>Aulacoseira granulata</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Cryptomonas erosa</i> (h)	49	1 113	25,85	25,75	25,91	25,91	3,64	14,1	3,53	13,6
<i>Rhodomonas lacustris</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Planktothrix agardhii</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Monoraphidium arcuatum</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Woronichinia naegeliana</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Cosmarium ocellatum</i> (h)	46	1 014	26,82	26,86	27,04	27,04	2,32	8,6	2,12	7,8
<i>Trachelomonas hispida</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Zur Bedeutung der Symbole siehe Tabelle B.1										