

3. Phytoplankton-Ringversuch

Artbestimmung und Zählung einer natürlichen Phytoplanktonprobe aus der Nordsee

Abschlußbericht März 2001

organisiert von der
Qualitätssicherungsstelle des Umweltbundesamtes
AG Qualitätssicherung des Bund/Länder-Meßprogrammes Nord- und Ostsee
(BLMP)

Planung und Durchführung des Ringversuchs:	Dr. W. Schwarzbach Dr. C.-P. Günther
Herstellung des Ringversuchsmaterials:	U. Tillmann / F. Colijn, FTZ Westküste, Büsum
Fachliche Beratung Phytoplankton:	Dr. M. Elbrächter, Forschungsinstitut Senckenberg, Außenstelle List/Sylt
Fachliche Beratung Datenbank:	Th. Krämer, BfG Außenstelle Berlin
Fachliche Beratung Statistik	Dr. habil. S. Uhlig / quo data GmbH Dr. P. Voitke
Bericht:	Dr. P. Schilling

Umweltbundesamt / FG II 3.3 und II 3.6
PF 33 00 22
14191 Berlin

Inhaltsverzeichnis

1	EINLEITUNG.....	3
2	MATERIAL UND METHODEN	4
2.1	RINGVERSUCHSMATERIAL.....	4
2.1.1	<i>Herstellung des Ringversuchsmaterials</i>	<i>4</i>
2.1.2	<i>Artzusammensetzung der Ringversuchsprobe</i>	<i>5</i>
2.1.3	<i>Zellzahlbestimmung des Ringversuchsmaterials durch das Referenzlabor.....</i>	<i>5</i>
2.1.4	<i>Homogenitätsprüfung des Ringversuchsmaterials</i>	<i>8</i>
2.2	AUSWERTUNG DER RINGVERSUCHSDATEN.....	9
3	ERGEBNISSE UND DISKUSSION.....	11
3.1	CHARAKTERISIERUNG DER PHYTOPLANKTONPROBE AUF GRUNDLAGE DER RINGVERSUCHSDATEN	11
3.2	ZUSAMMENSETZUNG DES DATENMATERIALS	15
3.3	STATISTISCHE AUSWERTUNG AUSGEWÄHLTER DATENSÄTZE	16
4	ZUSAMMENFASSUNG UND SCHLUßFOLGERUNGEN	19
5	LITERATUR	21
6	ANHANG 1 (ABBILDUNGEN)	23
7	ANHANG 2 (TABELLEN)	34
8	ABBILDUNGSVERZEICHNIS	41
9	TABELLENVERZEICHNIS.....	42

1 Einleitung

Im Rahmen des Bund/Länder-Meßprogrammes Nord- und Ostsee (BLMP) sind für biologische Untersuchungen Leistungsvergleiche in Form von Ringversuchen durchzuführen. Damit soll die Vergleichbarkeit der im BLMP erhobenen biologischen Daten geprüft und dokumentiert sowie den internationalen Qualitätsanforderungen Rechnung getragen werden.

Ziel dieses 3. Phytoplankton-Ringversuches zur Artbestimmung und Zählung einer natürlichen Phytoplanktonprobe aus der Nordsee war es,

- festzustellen, inwieweit die im BLMP mit der Untersuchung von Phytoplankton befassten Laboratorien in der Lage sind, die in den Proben enthaltenen Phytoplanktonorganismen als solche zu erkennen und taxonomisch richtig zuzuordnen.
- Gleichzeitig sollte die Vergleichbarkeit der Ergebnisse der Artidentifizierungen und der Individuenzählungen der Labore geprüft werden.

Die teilnehmenden Labore hatten die Aufgabe, die in den einzelnen Proben enthaltenen Phytoplanktonarten zu bestimmen, aufzulisten und die Individuenzahl pro Art anzugeben.

Der Ringversuch sollte auch dazu dienen, Erfahrungen sowohl hinsichtlich der Durchführung als auch bezüglich der Auswertung solcher Ringversuche mit natürlichen Phytoplanktonproben zu sammeln.

Tabelle 1: Zeitlicher Ablauf des 3. Phytoplankton-Ringversuches

Bearbeitungszeiten	Tätigkeit
Frühjahr 1998 – Sommer 1998	Konzeption des Ringversuches und Auftragsvergabe zur Probenerstellung
Juli 1998	Bereitstellung des Probenmaterials
Dezember 1998	Probenversand
März 1999	Eingang der Analysendaten bei der Qualitätssicherungsstelle
Februar 2000– März 2001	Prüfung der Urdaten, Statistische Auswertung und Erstellung des Abschlußberichtes
April 2001	Versendung des Berichtes

Über den zeitlichen Ablauf des Ringversuches gibt Tabelle 1 Auskunft. Es hatten sich 12 Einrichtungen aus Deutschland und Dänemark um eine Teilnahme am Ringversuch beworben. Da nur eine begrenzte Anzahl Proben zur Verfügung standen, erhielten die deutschen Labore

zwei Proben und die dänischen Labore nur je eine Probe zur Analyse. Ein Labor beteiligte sich mit zwei Bearbeitern. Zwei Institutionen gaben keine Daten ab und eine Institution ist im Zusammenhang mit der Prüfung der Urdaten von der Teilnahme am Ringversuch zurück getreten. Damit sind in die Auswertung Daten von 11 Bearbeitern einbezogen worden. Tabelle 5 (Anhang 2) enthält eine alphabetische Liste der Einrichtungen, die vollständig am Ringversuch teilgenommen haben.

2 Material und Methoden

2.1 Ringversuchsmaterial

2.1.1 Herstellung des Ringversuchsmaterials

Durch die Qualitätssicherungsstelle wurde das Forschungs- und Technologiezentrum Westküste der Universität Kiel beauftragt 24 Phytoplankton-Ringversuchsproben herzustellen. Dabei sollten folgende Vorgaben berücksichtigt werden:

- Es sollten Phytoplankton-Schöpfproben mit einer Diversität von mindestens 10 bis 20 Arten in ausreichender Dichte (mindestens 30.000 Zellen pro l) aus dem gleichen Wasserkörper entnommen werden.
- Für die Probenahme war das Frühjahr (Frühjahrsaspekt) und als Gewässer der Küstenbereich der Nordsee vorzusehen.
- Aus einer gut durchmischten Phytoplanktongesamtprobe sollten 24 gleiche Unterproben in 100-ml-Flaschen abgefüllt und mit Lugolscher Lösung fixiert werden, wobei sicherzustellen war, dass die Unterproben hinsichtlich Artenzusammensetzung und Abundanz homogen sind.

Da zum Zeitpunkt der Auftragserteilung zur Herstellung der Ringversuchsproben, die Frühjahrsblüte der Diatomeen im tieferen und trübstoffarmen Küstenwasser bereits beendet und die Algengemeinschaft bei hohen Zooplanktonbeständen arten- und individuenarm war, wurde auf eine am 03.06.98 bei Hochwasser an der Büsumer Mole entnommene Schöpfprobe zurückgegriffen.

5 Liter dieser Schöpfprobe wurden mit 50 ml Lugolscher Lösung (15 g KJ + 10 g J₂ auf 500 ml) fixiert. Die Fixierung der Gesamtprobe vor dem Abfüllen der Unterproben (100-ml-Braunglasflaschen) war notwendig, da die Probe *Phaeocystis-globosa*-Kolonien enthielt. Die

fixierungsbedingte Auflösung der Kolonien und der Zerfall in Einzelzellen sollte eine deutlich homogenere Verteilung von *Phaeocystis* bei der weiteren Unterprobennahme bewirken.

Das Abfüllen der Unterproben erfolgte mittels einer Schlauchabfüllmethode, bei der die Phytoplanktonprobe im Vorratsgefäß ständig mit einem Glasrohr in chaotische Bewegung gehalten und die Proben per Unterdruck abgesaugt wurden.

Insgesamt wurden 30 Flaschen abgefüllt. Davon dienten fünf Flaschen für die Bestimmung der Artzusammensetzung, der Abundanzen und die Homogenitätsprüfung. Die Auswahl dieser fünf Flaschen erfolgte nach dem Zufallsprinzip (vergleiche Abschnitt 2.1.2 bis 2.1.4).

Da alle Proben aus einer Gesamtprobe stammten, führten die Labore, die zwei Proben erhalten hatten, eine Doppelbestimmung durch.

2.1.2 Artzusammensetzung der Ringversuchsprobe

In der Tabelle 2 sind die vom Hersteller, im folgenden als Referenzlabor bezeichnet, festgestellten Phytoplankton-Arten und die von ihm ermittelten Abundanzen pro Liter aufgelistet. Diese Liste erhebt jedoch keinen Anspruch auf Vollständigkeit, da der Hauptschwerpunkt der Voruntersuchungen im wesentlichen auf der Gewährleistung der Homogenität lag (siehe Abschnitt 2.1.4). So sind z. B. die Art *Skeletonema costatum*, sowie heterotrophe *Dinophyceae* und pennate *Diatomeen* mit einigen wenigen Ausnahmen (siehe Abschnitt 2.1.3) vom Referenzlabor nicht erfasst worden. Abbildung 3 und Abbildung 4 zeigen die Zusammensetzung der Probe auf Grundlage der Daten des Referenzlabores. Danach setzte sich die Probe hinsichtlich der Individuenzahlen überwiegend aus *Prymnesiophyceen* (ca. 37 %), *Bacillariophyceen* (ca. 29 %) und *Cryptophyceen* (ca. 16 %) zusammen, wobei die *Bacillariophyceen* die artenreichste Gruppe darstellte. Bei diesen Angaben muß aber berücksichtigt werden, dass das Referenzlabor für ca. 18 % der gezählten Individuen keine Klassenzuordnung vorgenommen hat („andere Flagellaten“).

2.1.3 Zellzahlbestimmung des Ringversuchsmaterials durch das Referenzlabor

Die Algenkonzentrationen in den fünf zufällig ausgewählten Flaschen wurden durch Auszählen der in einem definierten Wasservolumen sedimentierten Zellen mit einem Umkehrmikroskop (Zeiss Axiovert 100) bestimmt. Dazu wurden je Flasche drei Teilproben angesetzt und ausgewertet. Die Füllung der Kammern erfolgte nach sorgfältigem Drehen der Flaschen.

Tabelle 2: Zusammensetzung der Ringversuchsproben nach Angaben des Referenzlabores

Klasse	Art	Synonyme	Abundanz/l
<i>Bacillariophyceae</i>	<i>Nitzschia spec.</i>		93390
	<i>Pseudo-nitzschia spec.</i>		800
	<i>Asterionellopsis glacialis</i>	<i>Asterionella glacialis</i> , <i>Asterionella japonica</i>	228017
	<i>Thalassionema nitzschioides</i>		87
	<i>Detonula pumila</i>		7081
	<i>Eunotogramma dubium</i>		20811
	<i>Chaetoceros spec.</i>		1153
	<i>Brockmanniella brockmanii</i>		26886
	<i>Plagiogrammopsis vanheurckii</i>		10340
	<i>Biddulphia alternans</i>	<i>Triceratium alternans</i> , <i>Trigonium alternans</i>	27
	<i>Odontella aurita</i>	<i>Biddulphia aurita</i>	13
	<i>Odontella mobiliensis</i>	<i>Odontella regia</i> , <i>Biddulphia mobiliensis</i> , <i>Biddulphia mobilis</i>	1170
	<i>Odontella rhombus</i>	<i>Biddulphia rhombus</i>	13
	<i>Odontella sinensis</i>	<i>Biddulphia sinensis</i>	800
	<i>Actinoptychus senarius</i>	<i>Actinoptychus undulatus</i>	80
	<i>Cerataulina bergonii</i>	<i>Cerataulina pelagica</i>	580
	<i>Eucampia zodiacus</i>		52112
	<i>Leptocylindrus danicus</i>		80
	<i>Ditylum brightwellii</i>		47
	<i>Lithodesmium undulatum</i>	<i>Triceratium undulatum</i>	47
	<i>Stephanopyxis turris</i>		53
	<i>Guinardia delicatula</i>	<i>Rhizosolenia delicatula</i>	226771
	<i>Guinardia flaccida</i>	<i>Rhizosolenia flaccida</i>	97
	<i>Rhizosolenia imbricata</i>	<i>Rhizosolenia imbricata</i> var. <i>shrubsolei</i> , <i>Rhizosolenia shrubsolei</i>	1093
	<i>Rhizosolenia spec.</i>		4293
	<i>Lauderia annulata</i>	<i>Lauderia borealis</i>	116714
	<i>Thalassiosira rotula</i>		28214
<i>Thalassiosira spec.</i>		171101	
<i>Cryptophyceae</i>	keine Angabe		528264
<i>Dinophyceae</i>	<i>Ceratium fusus</i>		7
	<i>Gyrodinium spec.</i>		227
	<i>Noctiluca scintillans</i>	<i>Noctiluca miliaris</i>	343
	<i>Polykrikos spec.</i>		27
	keine Angabe		2200
<i>Euglenophyceae</i>	keine Angabe		5962
<i>Prasinophyceae</i>	keine Angabe		11249
<i>Prymnesiophyceae</i>	<i>Phaeocystis globosa</i>		1231675
„andere Flagellaten“			596079

Aufgrund der unterschiedlichen Individuendichten der einzelnen Arten in der Schöpfprobe kamen für einige Arten verschiedene Volumina zur Auszählung. Bei folgenden Arten wurde die Zählstreifenmethode eingesetzt:

- für *Asterionellopsis glacialis* und *Nitzschia spec.*: 10 Streifen in 10 ml Kammer bei 400facher Vergrößerung entsprach einem Zählvolumen von 1,185 ml,
- für *Cryptophyceae*, *Thalassiosira minima*, *Eunotogramma dubile*, *Prasinophyceae*, *Euglenophyceae* und *Brockmaniella brockmanii*: 5 Streifen in 10 ml Kammer bei 400facher Vergrößerung entsprach einem Zählvolumen von 0,593 ml,
- für *Phaeocystis globosa*: 10 Streifen in 1 ml Kammer entsprach einem Zählvolumen von 0,255 ml,
- für „andere Flagellaten“: 6 Streifen in 1 ml Kammer entsprach einem Zählvolumen von 0,153 ml.

Für alle anderen Arten wurden 10-ml-Kammern komplett ausgezählt. Für die großen Arten *Odontella sinensis*, *Odontella mobiliensis*, *Guinardia flaccida* und *Noctiluca scintillans* wurden zusätzlich weitere 3 x 10 ml bei kleiner Vergrößerung komplett ausgezählt, so dass bei diesen Arten das gesamte ausgezählte Volumen pro Flasche 60 ml betrug.

Da vom Referenzlabor die Vollständigkeit der Zählliste nicht garantiert wurde und der Hauptaspekt auf der statistisch möglichst guten Erfassung der wichtigsten Arten lag, wurden vom Referenzlabor folgende Gruppen bei der Zählung zusammengefaßt:

- *Cryptophyceae*: umfaßte alle als *Cryptophyceen* erkannte Zellen, eine Größenklassifizierung erfolgte nicht.
- *Nitzschia spec.*: umfaßte alle lanzettförmigen *Nitzschia*-Arten mit nadelartig ausgezogenen Enden, d. h. im wesentlichen *Nitzschia longissima* und *Cylindrotheca closterium*
- „andere Flagellaten“: umfaßte alle nicht in andere Gruppen bzw. Arten einzuordnenden Zellen, unabhängig davon, ob Flagellen zu sehen waren, fast ausschließlich < 10 µm, wobei keine Trennung von photo- und heterotrophen Zellen möglich war.

Außerdem wurden folgende Arten zahlenmäßig nicht erfaßt:

- *Skeletonema costatum*,

- heterotrophe *Dinophyceae*, mit der Ausnahme von: *Noctiluca scintillans*, *Gyrodinium cf. spirale*, *Polykrikos spec.* sowie der in größerer Menge vorkommenden athekaten *Dinophyceae* > 30 µm
- pennate *Diatomeen* mit Ausnahme von: *Plagiogrammopsis vanheurckii*, *Brockmaniella brockmanii*, *Asterionellopsis glacialis*, *Thalassionema nitzschioides* sowie der unter *Nitzschia spec.* gezählten Arten *Nitzschia longissima* und *Cylindrotheca closterium*.

Die Ergebnisse der Zählungen sind in Tabelle 2 und in Abbildung 4 zusammengestellt. Insgesamt wurden 3.367.903 Individuen/l gezählt. Davon konnte für 596.078 Individuen/l (17,7 %) keine genaue taxonomische Zuordnung vorgenommen werden bzw. es handelte sich nicht um Phytoplankter wie z. B. *Laboea strobila* und *Strombidium strobilum*.

2.1.4 Homogenitätsprüfung des Ringversuchsmaterials

Die Homogenitätsprüfung erfolgte stichprobenartig nur für folgende ausgewählte Arten: *Guinardia delicatula*, *Lauderia annulata*, *Detonula pumila*, *Eucampia zodiacus* und *Thalassiosira rotula*. Dazu wurden von jeder der fünf Flaschen für die Homogenitätsprüfung 7 x 1-ml-Teilproben vollständig bezüglich dieser Arten ausgezählt.

Mit Hilfe der Varianzanalyse (ANOVA: analysis of variance) wurde auf statistisch signifikante Unterschiede zwischen den Flaschen für diese fünf Arten geprüft. Die Ergebnisse sind in Tabelle 3 und in den Abbildungen 1 bis 5 (Anlage 1) dargestellt. Die Variabilität innerhalb der Flaschen war für die einzelnen Arten wesentlich größer als zwischen den Flaschen. Mit F-Werten $\leq 2,69$ ($\alpha = 0.05$) bzw. 4,02 ($\alpha = 0.01$), ist davon auszugehen, dass die beobachteten Abweichungen nur zufällig sind.

Tabelle 3: Ergebnisse der Varianzanalyse für 5 ausgewählte Arten (5 Unterproben mit je 7 Parallelen)

	Mittelwert (Zellen/ml)	Standard- abweichung	Anzahl der Meßwerte	F-Wert (FG1,2): 4,30	p-Wert
<i>Guinardia delicatula</i>	227	19	35	1,858	0,144
<i>Lauderia annulata</i>	117	12	35	0,925	0,462
<i>Detonula pumila</i>	10	3	35	1,345	0,276
<i>Eucampia zodiacus</i>	51	12	35	1,277	0,301
<i>Thalassiosira rotula</i>	29	5	35	0,366	0,831

Auf Grund dieser Ergebnisse ist davon auszugehen, dass die Proben homogen zusammengesetzt waren.

2.2 Auswertung der Ringversuchsdaten

Die Auswertung des Ringversuches konnte nur bezüglich der Artenzahl und der Abundanz (Individuenzahl/l) ausgewählter Arten erfolgen, da beim Vergleich der Artenlisten der einzelnen Labore erhebliche Unterschiede festgestellt wurden. Eine Abschätzung des maximalen statistischen Zählfehlers pro Art bzw. Zählkategorie, der allein von der Zahl der gezählten Einheiten abhängt, war nicht möglich, da keine Mehrfachbestimmungen erfolgten.

Bei der Ausgabe der Ringversuchsproben an die Ringversuchsteilnehmer wurden keine Vorgaben bezüglich der methodischen Vorgehensweise bei der Bestimmung und Zählung und insbesondere bezüglich der zu verwendenden Bezeichnungen und Größengruppen gemacht. Auch wurden im Zusammenhang mit dem Datenrücklauf keine diesbezüglichen Angaben von den Teilnehmern abgefragt.

Die Angaben des Referenzlabors hinsichtlich des zu verwendenden Zählkammervolumens bzw. zur Zusammenfassung von bestimmten Gruppen (siehe Abschnitt 2.1.2) waren den Ringversuchsteilnehmern nicht bekannt, was die vergleichende Auswertung der Daten der Ringversuchsteilnehmer und des Referenzlabors erschwerte.

Um eine vergleichende Auswertung durchführen zu können, wurden zunächst die von den Laboren eingereichten Artenlisten in einer einheitlichen Artenliste zusammengeführt. Die mit 653 relativ hohe Zahl der insgesamt zu bearbeitenden Datensätze erforderte die Verwaltung der Daten mit Hilfe einer Datenbank (MS-Access). Bei der Erstellung dieser Datenbank zeigten sich erhebliche Schwierigkeiten, die insbesondere auf fehlende einheitliche Vorgaben bezüglich der Artenliste, der Bestimmungstiefe, der Angabe von Größengruppen und der Bezeichnung von nicht exakt zu bestimmenden Gruppen zurückzuführen waren. Allein die in Tabelle 6 (Anhang 2) enthaltene Zusammenstellung der von den Ringversuchsteilnehmern verwendeten Bezeichnungen für nicht exakt zu bestimmende Gruppen sowie die Vielzahl der von ihnen verwendeten Größengruppen umfasste schon 182 Datensätze. Diese waren nicht direkt miteinander vergleichbar und damit nicht zur Auswertung heranziehbar. Es wird im Folgenden von Zählkategorien gesprochen, wenn Datensätze einbezogen sind, die nicht eine exakte Artbestimmung beinhalten (siehe Tabelle 6 im Anhang 2). Eine Gesamtartenliste aller Ringversuchsteilnehmer (einschließlich der Angaben des Referenzlabors) findet sich in Tabelle 7 (Anhang 2).

In dieser Tabelle, die insgesamt 140 Gattungs und Artangaben umfaßt, wurden jedoch nur die Angaben berücksichtigt, bei denen mindestens eine Gattungsangabe erfolgte.

Für die Auswahl der statistisch auszuwertenden Datensätze wurden folgende Festlegungen getroffen:

- Größengruppen sowie nicht zum Phytoplankton in engerem Sinne gehörende Gruppen wie *Ciliata*, *Rotatoria* oder Larven von *Mollusca* und alle Datensätze mit unspezifischen Angaben wie z. B. „coccal“ oder „Zellen“ (siehe Tabelle 6) wurden grundsätzlich nicht berücksichtigt.
- Da nur auf dem Artniveau eine wirkliche Vergleichbarkeit der Datensätze gegeben ist, wurden nur solche Datensätze einer statistischen Analyse unterzogen, bei denen die Bestimmung bis zum Artniveau erfolgte. Dies bedeutet, dass Datensätze bei denen nur die Gattung angegeben wurde, auch dann nicht berücksichtigt wurden, wenn davon ausgegangen werden kann, dass von dieser Gattung nur eine Art im Gebiet vorkommt. So wurden z. B. Angaben zu *Lauderia spec.* (Labor 04) bzw. zu *Eucampia spec.* (Labor 09) bei der Auswertung der Datensätze zu *Lauderia annulata* bzw. *Eucampia zodiacus* nicht berücksichtigt.
- Um eine ausreichende statistische Grundlage zu haben, wurden nur die Datensätze ausgewertet, bei denen der Artnachweis durch mindestens 6 Labore erfolgte.
- Statistische Untersuchungen zur Ermittlung von möglichen Verwechslungen ähnlicher oder leicht zu verwechselnder Arten wurden nicht durchgeführt.
- Gab es innerhalb einer Probe Angaben zu verschiedenen Synonymbezeichnungen einer Art, wurden nur die Zählraten mit dem derzeit aktuellen Artnamen berücksichtigt, da davon auszugehen ist, dass der Bearbeiter in einem solchen Fall wirklich verschiedene Arten gezählt hat und die Zuordnung als Synonym nicht immer zweifelsfrei möglich ist. So gab es z. B. bei Labor 01 Angaben zu *Odontella mobiliensis* und zu *Biddulphia mobilis*.
- Wurde eine Art, in mehreren Größenklassen gezählt, wurden die Daten der einzelnen Größenklassen dieser Art zu einem Wert zusammengefaßt, so z. B. bei Labor 12 die Daten zu *Eucampia zodiacus*.

Die statistische Auswertung erfolgte nach der Q-Methode in Kombination mit dem Huber-Schätzer mittels der Software ProLab2000.

Die Q-Methode ist ein robustes statistisches Verfahren zur Bestimmung der Vergleichs- und der Wiederholstandardabweichung. Der Huber-Schätzer dient zur Bestimmung des robusten Mittel-

wertes unter Einbeziehung dieser Vergleichs- und der Wiederholstandardabweichungen. Bei der Q-Methode werden zur Berechnung der Vergleichsstandardabweichung alle Absolutdifferenzen der zu jeweils unterschiedlichen Laboren gehörigen Einzelwertpaare gebildet. Für die Bestimmung der Wiederholstandardabweichung werden in ähnlicher Weise die Differenzen innerhalb eines Labors zugrunde gelegt.

Für die Bewertung wurde auf Erfahrungen bei chemischen Ringversuchen zurückgegriffen. Dort erfolgt die Qualitätsbewertung der Laboratorien auf der Grundlage normierter Abweichungen der jeweiligen Analysenergebnisse vom konventionell richtigen Wert. Die Abweichung von diesem „Sollwert“ wird dabei mittels sogenannter **Z**-Scores gemessen

$$[\mathbf{Z}\text{-Score} = (\text{Analysenerwert} - \text{Sollwert})/\text{Standardabweichung}].$$

Sind die Analysenergebnisse normalverteilt, liegt die Wahrscheinlichkeit, dass der Absolutbetrag des **Z**-Scores den Wert 2 nicht überschreitet bei ca. 95 %. Deshalb wird in den meisten Fällen als Qualitätsgrenze ein **Z**-Score von 2 festgelegt. Wird dieser Wert überschritten, kann mit einer Irrtumswahrscheinlichkeit von 5 % angenommen werden, dass das Labor bei der betreffenden Analyse fehlerhaft gearbeitet hat. Da bei großen Variationskoeffizienten eine Bevorzugung von zu kleinen Labormittelwerten auftritt, wurde im vorliegenden Fall ein korrigierte **Z**-Score, der sogenannte **Z_u**-Score verwendet. Diesem liegt ein asymmetrisches Toleranzintervall zugrunde, das dieser Tatsache Rechnung trägt. Gleichzeitig ist damit gewährleistet, dass die untere Toleranzgrenze niemals \leq Null ist. Nähere Einzelheiten hierzu in UHLIG 1998.

Im vorliegenden Fall, wurde der robuste Gesamtmittelwert als Sollwert zugrunde gelegt.

3 Ergebnisse und Diskussion

3.1 Charakterisierung der Phytoplanktonprobe auf Grundlage der Ringversuchsdaten

Auf Grundlage der Daten aller Ringversuchsteilnehmer setzte sich die untersuchte Phytoplanktonprobe bezogen auf die mittleren Individuenzahlen, wie Abbildung 1 und Abbildung 2 zeigen, überwiegend aus *Prymnesiophyceen* (ca. 16 %), *Bacillariophyceen* (ca. 7 %), *Chrysophyceen* (ca. 6 %) und *Cryptophyceen* (ca. 3 %) zusammen. Bei diesen Angaben muss berücksichtigt werden, dass bei der Darstellung der über alle Labore gemittelten Individuenzahlen einzelne Laborangaben mit relativ hohen Individuenzahlen überdurchschnittlich ins Gewicht fallen, z. B. die *Chrysophyceen*. Diese Gruppe wurde nur durch das Labor 09 mit der Art *Chrysococcus rufescens* nachgewiesen, gleichzeitig hat dieses Labor im Unterschied zu allen anderen Laboren keine *Dinophyceen* und *Prymnesiophyceen* gefunden.

Abbildung 1: Zusammensetzung der Ringversuchprobe auf der Grundlage der mittleren Artenzahlen der Ringversuchsteilnehmer

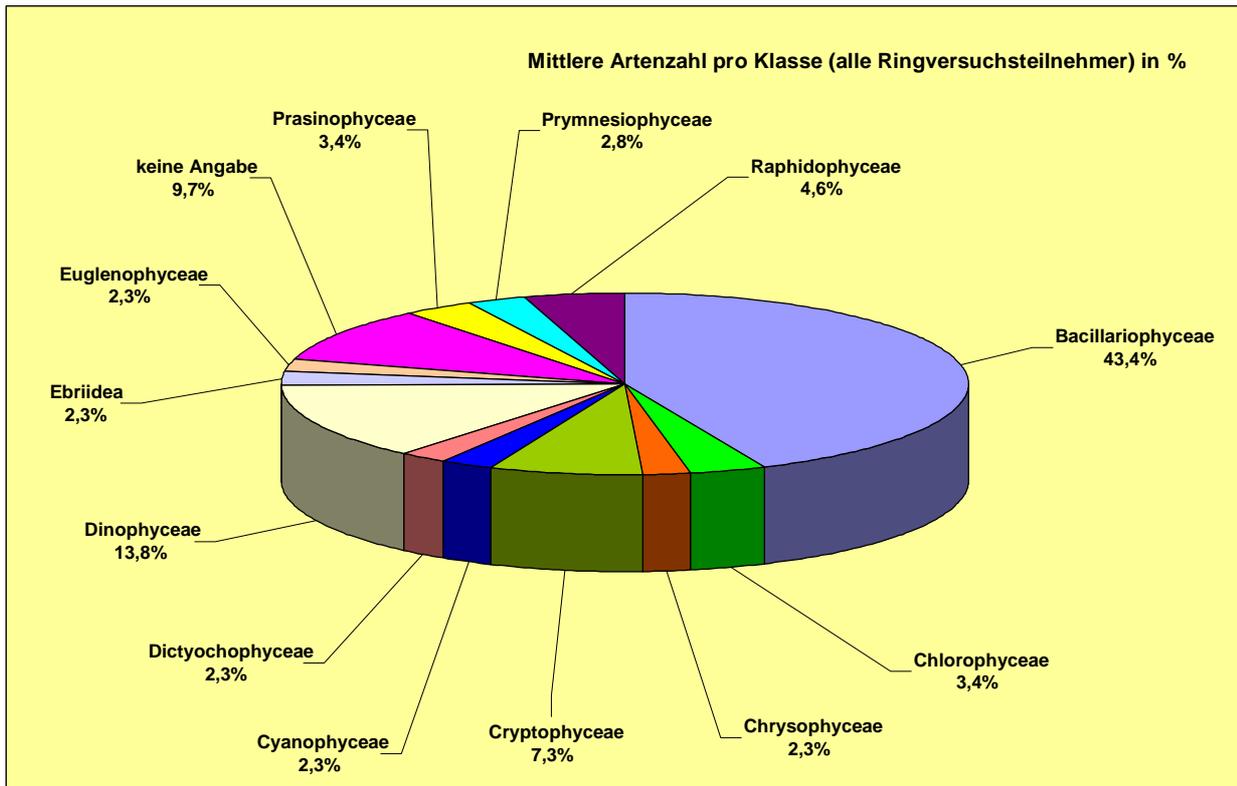


Abbildung 2: Zusammensetzung der Ringversuchprobe auf der Grundlage der von den Ringversuchsteilnehmern ermittelten Individuenzahlen

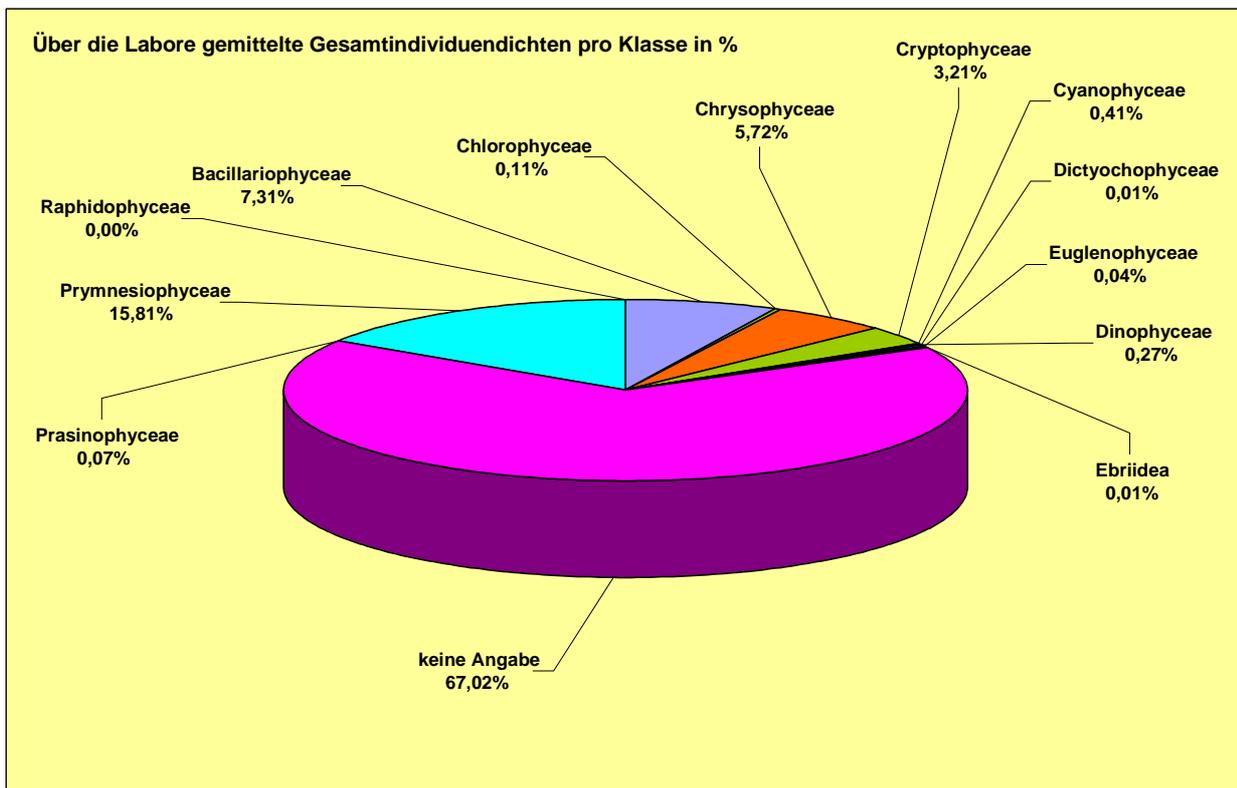


Abbildung 3: Zusammensetzung der Ringversuchspröbe auf der Grundlage der Artenzahlen des Referenzlabores

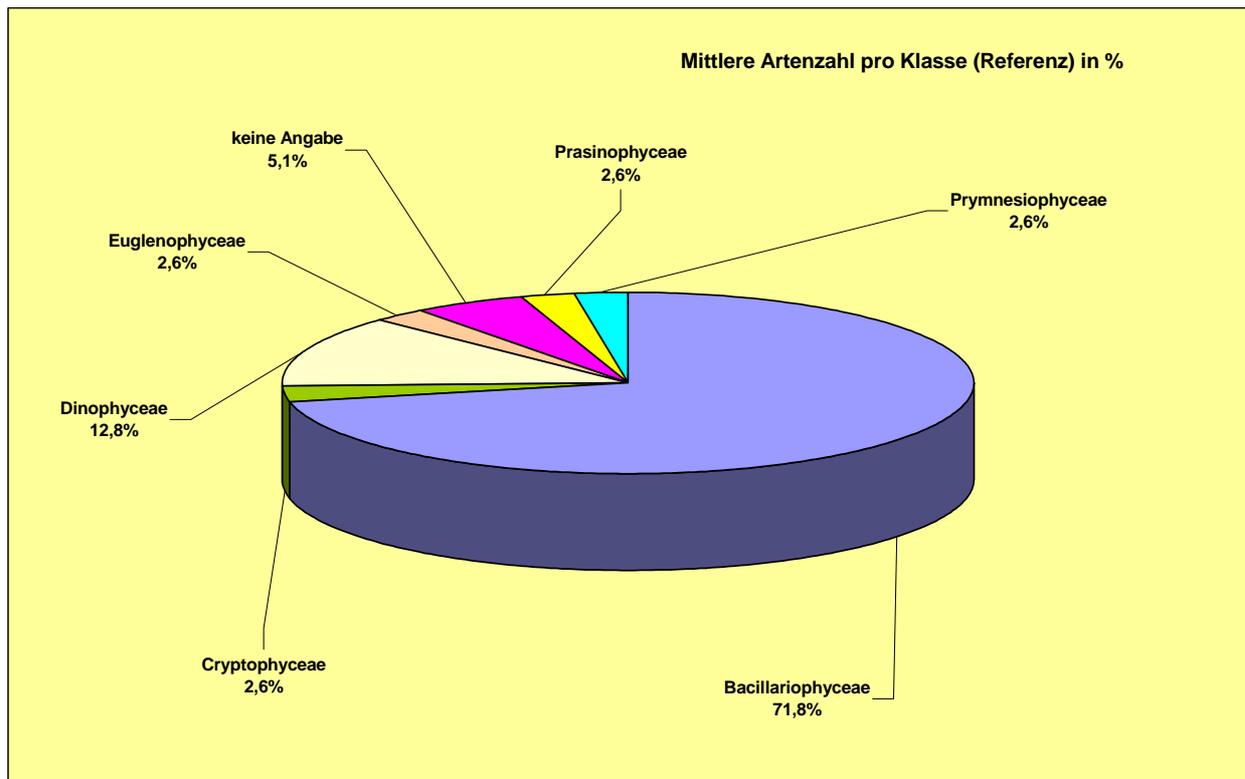


Abbildung 4: Zusammensetzung der Ringversuchspröbe auf der Grundlage der vom Referenzlabor ermittelten Individuendichten

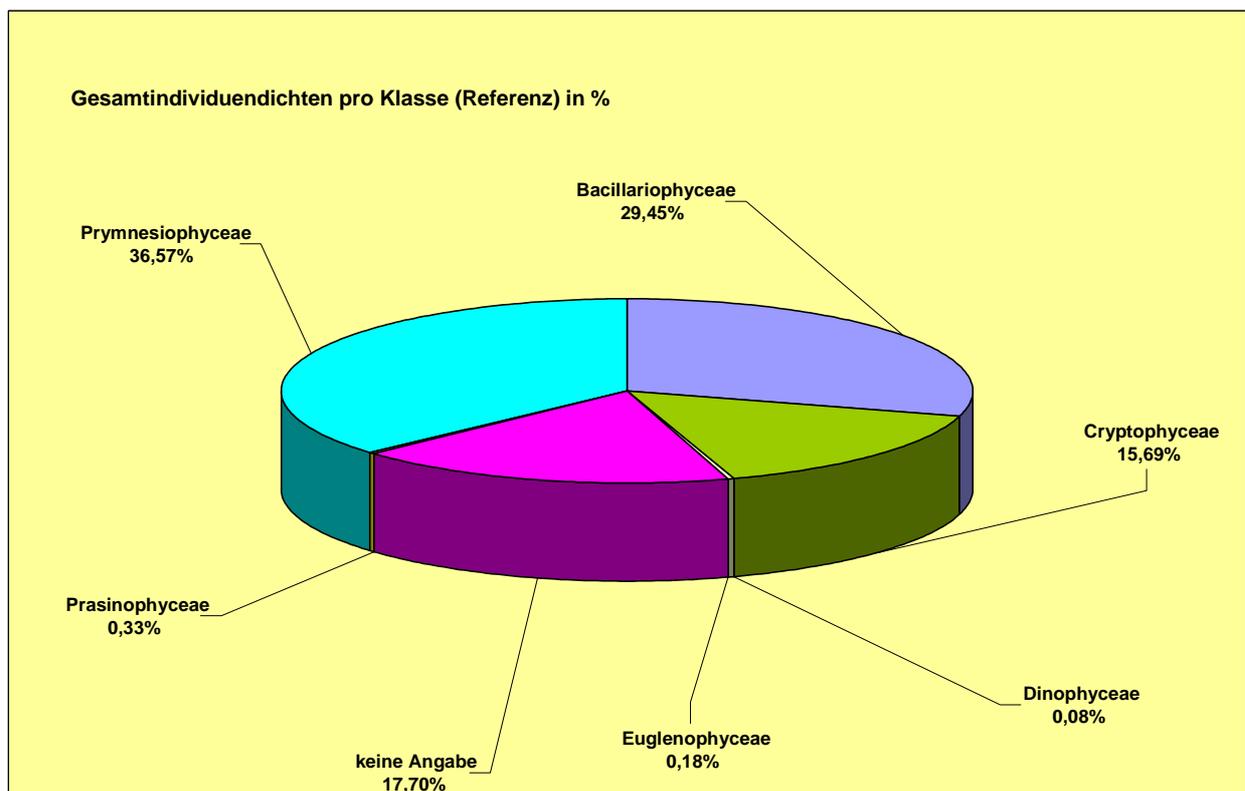


Abbildung 5: Anzahl der pro Probe angegebenen Zählkategorien im Verhältnis zur Bestimmungstiefe

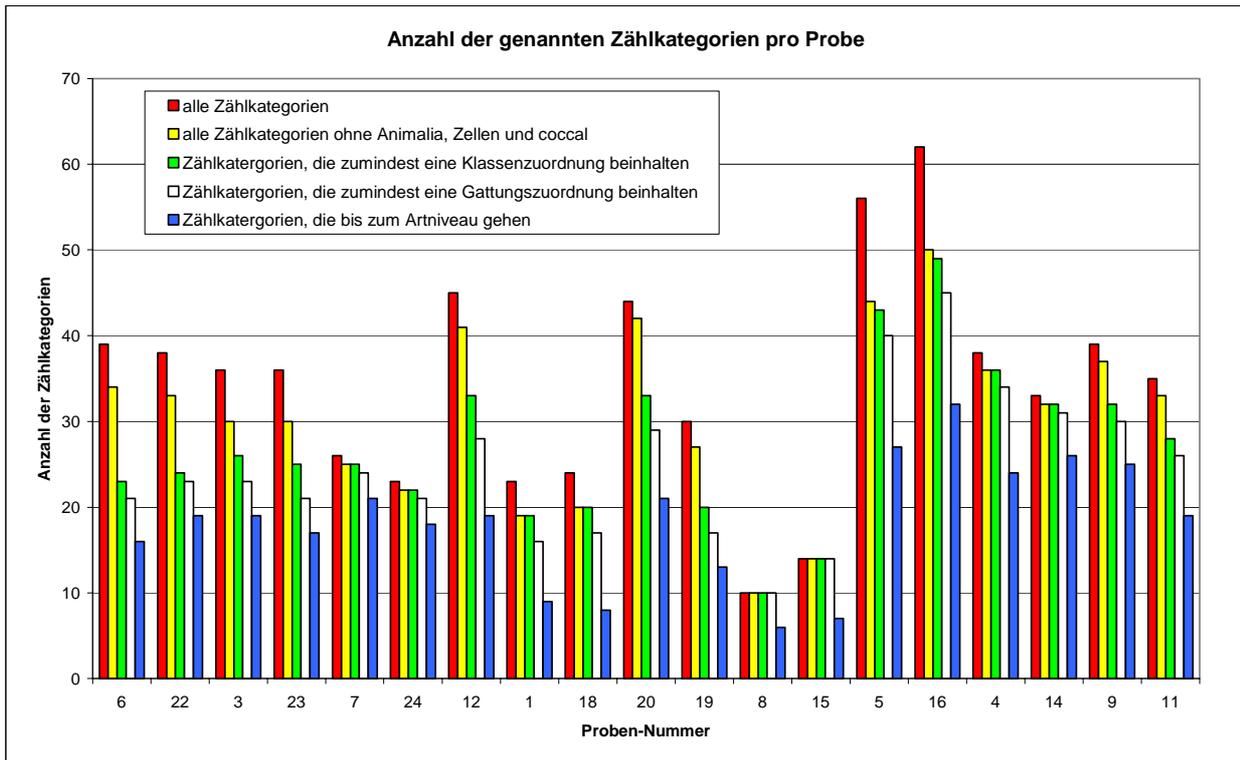
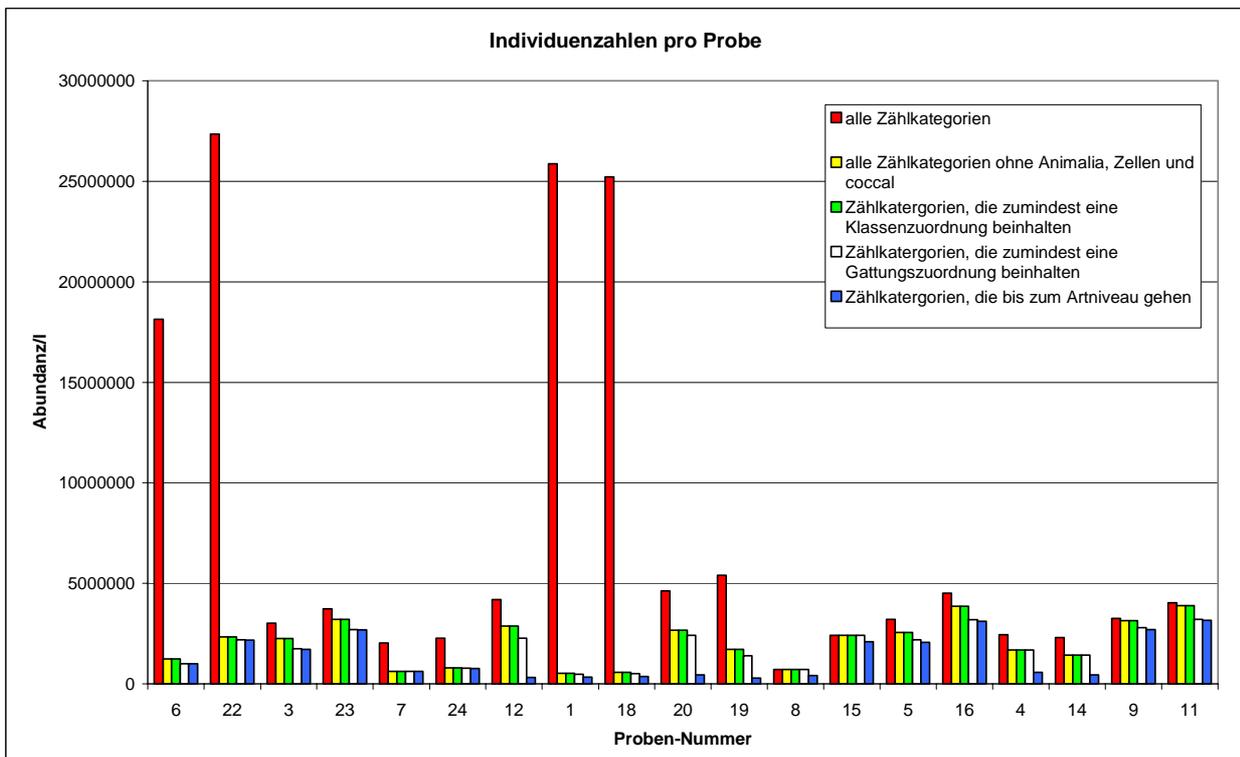


Abbildung 6: Individuenzahlen der pro Probe angegebenen Zählkategorien im Verhältnis zur Bestimmungstiefe



Insgesamt sind die Anteile der einzelnen Klassen deutlich niedriger als entsprechend den Angaben des Referenzlabores zu erwarten gewesen wäre (siehe Abschnitt 2.1.2). Die Ursachen für diese starken Abweichungen liegen wahrscheinlich darin begründet, dass die Ringversuchsteilnehmer für ca. 67 % der gezählten Individuen keine Klassen-Zuordnung getroffen haben. Beim Referenzlabor lag dieser Anteil bei ca. 18 %. Darüber hinaus hat das Referenzlabor einen größeren Probenumfang als die einzelnen Labore untersucht.

Die höchsten mittleren Artenzahlen je Klasse wurden von den Ringversuchsteilnehmern bei den *Bacillariophyceen* (ca. 43 %) und den *Dinophyceen* (ca. 14 %) gefunden (Abbildung 1), was annähernd den Angaben des Referenzlabores entspricht (Abbildung 3).

3.2 Zusammensetzung des Datenmaterials

Das Datenmaterial war hinsichtlich der Genauigkeit der taxonomischen Zuordnung sehr heterogen (siehe Abschnitt 2.2). Das spiegelt sich deutlich in der Anzahl der pro Probe angegebenen Zählkategorien im Verhältnis zur Bestimmungstiefe wider (Abbildung 5). Die Zahl der Zählkategorien pro Probe lag zwischen 10 und 62. Berücksichtigt man jedoch nur die Zählkategorien, bei denen die Bestimmungstiefe bis zum Artniveau geht, verringert sich diese Zahl drastisch und liegt je nach Labor nur noch zwischen 6 und 32 pro Probe.

Betrachtet man unter diesem Gesichtspunkt die pro Probe ermittelten Individuenzahlen pro Liter (Abbildung 6) gibt es bei zwei Laboren Auffälligkeiten. Diese Labore haben offensichtlich Organismen gezählt, die von den anderen Ringversuchsteilnehmern entweder nicht gefunden oder nicht gezählt wurden. Bei den Proben 6 und 22 sind die hohen Individuenzahlen auf Angaben zum Picoplankton und bei den Proben 1 und 18 auf Angaben zu Nanoflagellaten zurückzuführen.

Es gibt ***nur sehr wenige Arten die von fast allen Ringversuchsteilnehmern gefunden wurden*** (siehe auch Tabelle 7 im Anhang 2).

Von wenigstens 10 Laboren wurden nur die folgenden, alle zu den *Bacillariophyceen* gehörenden vier Arten gefunden:

- *Asterionellopsis glacialis*
- *Odontella sinensis*
- *Eucampia zodiacus*
- *Guinardia delicatula*

Nur insgesamt 15 Arten wurden gleichzeitig von mindestens 6 Laboren genannt. Dies entspricht gerade einmal 10 % der Angaben, die mindestens bis zum Gattungs- bzw. Artniveau gehen

(Tabelle 7 im Anhang 2). Dies verdeutlicht anschaulich, dass es sich bei dem größten Teil der Datensätze um Einzelangaben handelte.

3.3 Statistische Auswertung ausgewählter Datensätze

Wie in Abschnitt 2.2 näher erläutert, wurden nur die Datensätze statistisch ausgewertet, bei denen die Bestimmung bis zum Artniveau erfolgte und für die von mindestens sechs Laboren Zählraten vorliegen. Dies traf für die folgenden 15 Arten zu:

Cylindrotheca closterium, *Asterionellopsis glacialis*, *Rhaphoneis amphiceros*, *Plagiogrammopsis vanheurckii*, *Odontella mobiliensis*, *Odontella sinensis*, *Eucampia zodiacus*, *Guinardia delicatula*, *Guinardia flaccida*, *Rhizosolenia imbricata*, *Rhizosolenia setigera*, *Lauderia annulata*, *Thalassiosira rotula*, *Protoperidinium bipes* und *Noctiluca scintillans*.

Diese Arten gehören mit Ausnahme von *Protoperidinium bipes* und *Noctiluca scintillans*, die zu den *Dinophyceen* gehören, alle zu den *Bacillariophyceen*. In Tabelle 4 und Abbildung 7 (*Z_u*-Score-Übersicht) sind die Ergebnisse der statistischen Auswertung für diese 15 Arten zusammenfassend dargestellt.

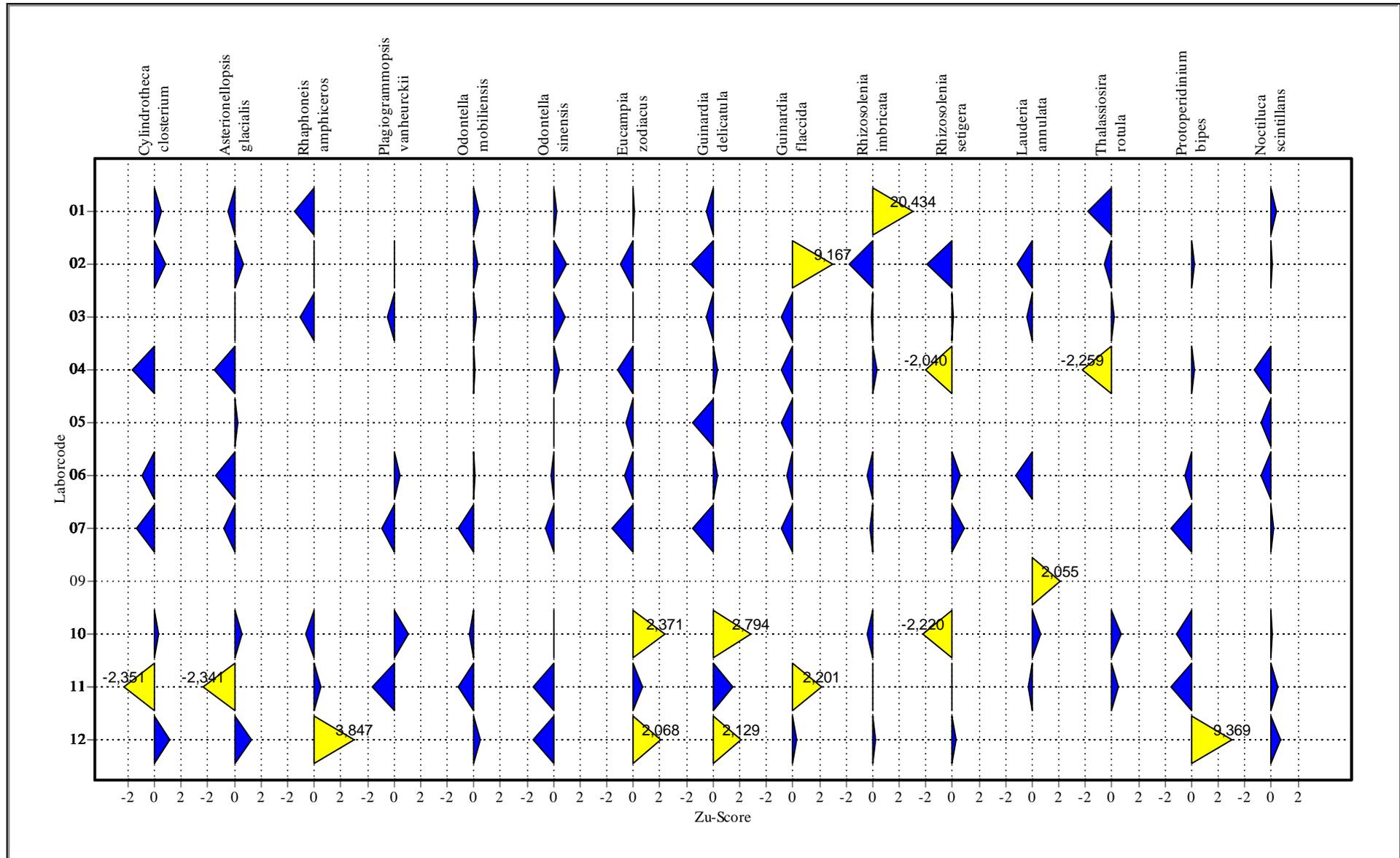
Referenzdaten lagen nur für *Asterionellopsis glacialis*, *Odontella sinensis*, *Eucampia zodiacus*, *Guinardia delicatula*, *Guinardia flaccida*, *Rhizosolenia imbricata*, *Lauderia annulata*, *Thalassiosira rotula* und *Noctiluca scintillans* vor.

Die Einzelergebnisse der robusten statistischen Analyse sind in Abbildung 13 bis Abbildung 27 (Anhang 1) grafisch dargestellt. In diesen Grafiken sind die Labormittelwerte sowie die Laborstandardabweichungen in Form vertikaler Balken wiedergegeben. Die Mittelstriche dieser Balken entsprechen den jeweiligen Labormittelwerten und die Länge der Balken dem zweifachen Wert der Laborstandardabweichungen. Lag keine Mehrfachbestimmung vor, ist der Einzelmeßwert durch einen einfachen Strich angegeben. Die Angaben zur relativen Wiederhol- und Vergleichstandardabweichung beziehen sich jeweils auf den robusten Gesamtmittelwert. Wenn vorhanden, wurde der Referenzwert eingetragen. Dargestellt ist am rechten Bildrand außerdem das 95%-Vertrauensintervall (Konfidenzintervall) für den theoretischen Mittelwert. Genau dann, wenn dieses Vertrauensintervall den Referenzwert überdeckt, spricht aus statistischer Sicht nichts gegen die Annahme, dass der Mittelwert nur zufällig vom Referenzwert abweicht. Andernfalls ist von systematischen Abweichungen auszugehen, deren Ursachen sowohl in methodischen Unterschieden in der Arbeitsweise der Labore oder aber auch in Bestimmungs- bzw. Zählfehlern des Referenzlabores liegen könnten.

Tabelle 4: Ergebnisse der statistischen Auswertung mit der Q-Methode in Kombination mit dem Huber-Schätzer

Laborcode	Einzel- bzw. Mittelwerte (Ind./l) bei Mehrfachbestimmung														
	Cylindrotheca closterium	Asterionellopsis glacialis	Rhaphoneis amphicros	Plagiogrammopsis vanheurckii	Odontella mobilensis	Odontella sinensis	Eucampia zodiacus	Guinardia delicatula	Guinardia flaccida	Rhizosolenia imbricata	Rhizosolenia setigera	Lauderia annulata	Thalassiosira rotula	Protoperidinium bipes	Nocilnea scintillans
01	62.558	94.824	165		1.320	908	40.169	199.526		13.506			5.268		495
02	76.000	200.000	400	11.200	1.200	1.200	25.000	158.400	800	400	400	85.200	17.000	400	400
03		123.918	234	8.462	1.157	1.173	38.009	199.294	100	1.057	2.712	131.685	28.255		
04	11.600	41.900			1.100	1.000	23.100	233.400	100	1.300	300		500	400	200
05		143.648				840	30.713	162.453	100						270
06	25.680	47.520		14.880	1.120	760	29.680	232.000	120	900	4.720	79.300		240	280
07	17.310	79.057		6.550	614	671	17.500	161.200	100	1.000	6.150			100	420
09												388.000			
10	57.000	190.000	300	20.500	900	850	86.000	340.000		900	100	226.000	45.500	150	400
11			550	3.350	600	400	51.460	282.864	300	1.100	2.550	135.456	37.848	100	500
12	89.012	270.963	1.554		1.386	408	79.849	310.888	163	1.223	3.586			3.927	571
robuster MW (Ind./l, Huber-Schätzer)	42.407	117.667	398	10.824	1.044	821	37.869	217.721	142	1.073	2.565	156.981	22.395	303	393
Referenzwert (Ind./l)		228.017				800	52.112	226.771	97	1.093		116.714	28.214		343
Rel. Vergleichs-Standardabweichung (%)	75	78	57	64	46	39	43	18	40	44	112	54	109	94	49
Rel. Wiederhol-Standardabweichung (%)	89	40	26	48	40	21	37	41	59	59	8	23	9	17	79
untere Toleranzgrenze (Ind./l, Zu<2,0)	6.416	17.414	79	1.883	278	278	11.270	144.689	47	306	344	33.113	3.007	42	95
obere Toleranzgrenze (Ind./l, Zu<2,0)	128.538	365.573	999	29.287	2.292	1.632	79.362	305.249	286	2.290	10.358	381.799	89.112	1.077	900

Abbildung 7: Übersicht zu den **Zu**-Scores für die 15 statistisch ausgewerteten Arten



Auffällig ist, dass bei 8 der 15 Arten die relative Vergleichstandardabweichung höher als 50 % ist. Streuungen dieser Größenordnung machen eine Nutzung der quantitativen Ergebnisse im Rahmen eines Monitorings nahezu unmöglich. Gleichzeitig übersteigt auch die Wiederholstandardabweichung für einige Arten deutlich den Wert von 50 %. Dies deutet darauf hin, dass zusätzliche Faktoren das Zählen der Arten erschwert haben müssen.

In diesem Zusammenhang sei darauf hingewiesen, dass aus grundsätzlichen Überlegungen die theoretische Wiederholstandardabweichung niemals größer als die theoretische Vergleichstandardabweichung sein kann, denn die Streuung innerhalb eines Labors sollte nicht größer sein als die Streuung zwischen den Laboren. Dennoch ist im vorliegenden Fall in mehreren Fällen dieser Zusammenhang verletzt. Mögliche Ursachen dafür können in der vergleichsweise geringen Teilnehmerzahl liegen bzw. in dem Umstand begründet sein, dass die theoretische Wiederholstandardabweichung offenbar kaum kleiner ist als die theoretische Vergleichstandardabweichung.

4 Zusammenfassung und Schlußfolgerungen

Im Rahmen der Qualitätssicherung des BLMP wurde 1998 ein erster Ringversuch mit einer natürlichen Phytoplanktonprobe aus der Nordsee durchgeführt, an dem 11 Bearbeiter beteiligt waren. Von den insgesamt 140 Gattungen und Arten die in dieser Probe von den Ringversuchsteilnehmern gefunden wurden, konnten nur 15 Arten gleichzeitig von mindestens 6 Bearbeitern nachgewiesen werden. Bei dem überwiegenden Anteil der Angaben handelte es sich um Einzelangaben.

Das vorliegende Datenmaterial erlaubt keine abschließende Einschätzung der Leistungsfähigkeit der einzelnen Labore. Es muß nach Wegen gesucht werden, wie die Fragenkomplexe taxonomische Bestimmung auf der einen sowie Zählung und Biomassebestimmung auf der anderen Seite in objektivierbarer Form einer sinnvollen Qualitätskontrolle unterzogen werden können.

Die Auswertung des Ringversuches läßt folgende Schlußfolgerungen zu:

1. Grundvoraussetzung für die Erhebung von Phytoplanktondaten ist eine *einheitliche Artenliste*, die allen Bearbeitern zur Verfügung stehen muß und deren Aktualisierung von einer Stelle zu koordinieren ist. Diese Liste muß Konventionen in Form von Vereinbarungen bzw. Definitionen für unklare oder nicht exakt zu bestimmende Gruppen und einheitliche allgemein verbindliche Größenklassen einschließen, sowie die Synonym-Problematik

berücksichtigen. Die ständigen Fortschritte in der Taxonomie bedürfen der regelmäßigen Beratung durch Spezialisten für einzelne Phytoplanktongruppen.

2. Es sind weitere Anstrengungen zur **Verbesserung und Harmonisierung der Zählmethodik** zu unternehmen. Die Entwicklung und Anwendung neuer Untersuchungsverfahren zur Verringerung des manuellen Aufwandes und zur besseren Dokumentation, z. B. durch den Einsatz bildverarbeitender Systeme, muss vorangetrieben werden.
3. Es gibt offensichtliche Probleme bei der exakten Ansprache der Arten. Sie erfordern eine regelmäßige, intensive Schulung des Personals z. B. in Form von **Trainingskursen und Workshops**. Die Teilnahme an diesen Schulungen sollte verpflichtend sein.
4. Die **Planung, Durchführung und Auswertung** zukünftiger Ringversuche **ist mit äußerster Sorgfalt vorzunehmen**. Hauptaugenmerk ist dabei auf die Gewährleistung der Homogenität und die Klärung methodischer Details zu legen. Zur Abschätzung des statistischen Zählfehlers sind Mehrfachbestimmungen durchzuführen. Langfristig müssen verbindliche und allgemein anwendbare Bewertungskriterien für die Beurteilung der Leistungsfähigkeit der Laboratorien entwickelt werden. Der Zeitraum zwischen Durchführung und Auswertung von Ringversuchen ist deutlich zu verkürzen.

Dieser Ringversuch macht die Notwendigkeit von Qualitätssicherungsmaßnahmen bei biologischen Untersuchungen deutlich. Er zeigte Problemschwerpunkte auf, die dringend einer Lösung bedürfen, wenn zukünftig weiter Phytoplanktondaten im Rahmen des Monitorings erhoben und für gemeinsame nationale und internationale Datenbanken zur Verfügung gestellt werden sollen.

5 Literatur

Cupp, E. E. (1977):

Marine Plankton Diatoms of the west coast of North America. Otto Koeltz Science Publishers, Königstein.

Labor: 4, 9

Cleve-Euler, A. (1968):

Die Diatomeen von Schweden. J. Cramer Verlag, New York.

Labor: 9

Drebes, G. (1974):

Marines Phytoplankton. Georg Thieme Verlag, Stuttgart.

Labor: 1, 3, 4, 5, 10, 12

Dodge, J. D. (1982):

Marine Dinoflagellates of the British Isles. Her Majesty's Stationery Office by Hobbs the Printers of Southampton, London.

Labor: 3, 4, 10

Pankow, H. (1976):

Algenflora der Ostsee, II. Plankton. Gustav Fischer Verlag, Jena.

Labor: 1, 10, 12

Pankow, H. (1990):

Ostsee-Algenflora. Gustav Fischer Verlag, Jena.

Labor: 9

Ricard, M. (1987):

Atlas du phytoplancton marin, Vol. II: Diatomophycées. Centre National de la Recherche Scientifique, Paris.

Labor: 9

Sundström, B. G. (1986):

The marine diatom genus *Rhizosolenia*. Lund University, Dep. of Systematic Botany, Lund.

Labor: 1, 12

Thomson, H. A. (1992):

Plankton i de indre danske farvande. Miljøministeriet Miljøstyrelsen, Copenhagen.

Labor: 1, 7, 12

Tomas, C. R. (1996):

Identifying Marine Diatoms and Dinoflagellates. Academic Press Inc., London.

Labor: 1, 3, 4, 5, 7, 11, 12

Tomas, C. R. (1993):

Marine Phytoplankton. A guide to naked flagellates and coccolithoporids. Academic Press Inc., London.

Labor: 4

Uhlig, St. (1998):

ProLab 98, Benutzerhandbuch, Berlin

6 Anhang 1 (Abbildungen)

Abbildung 8: Ergebnis der Homogenitätsprüfung des Referenzlabors für die Art *Guinardia delicatula*

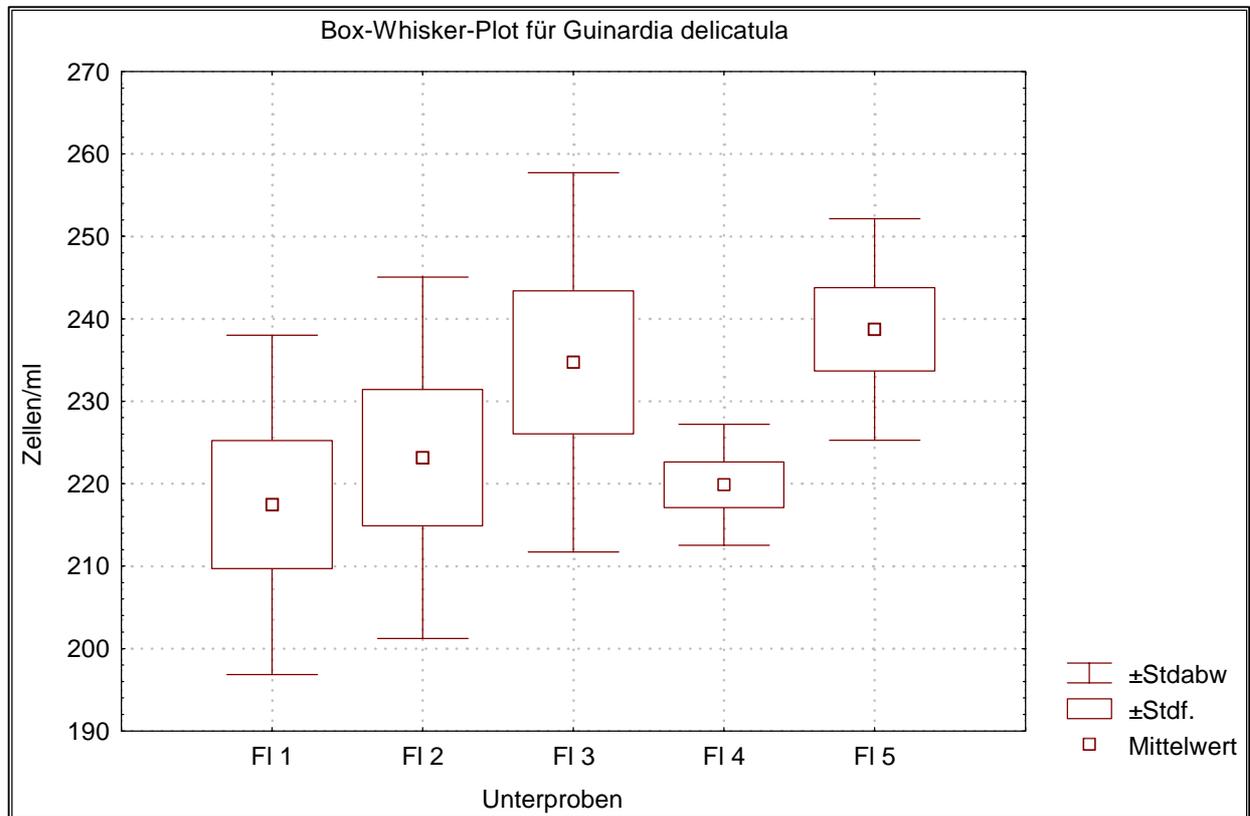


Abbildung 9: Ergebnis der Homogenitätsprüfung des Referenzlabors für die Art *Lauderia annulata*

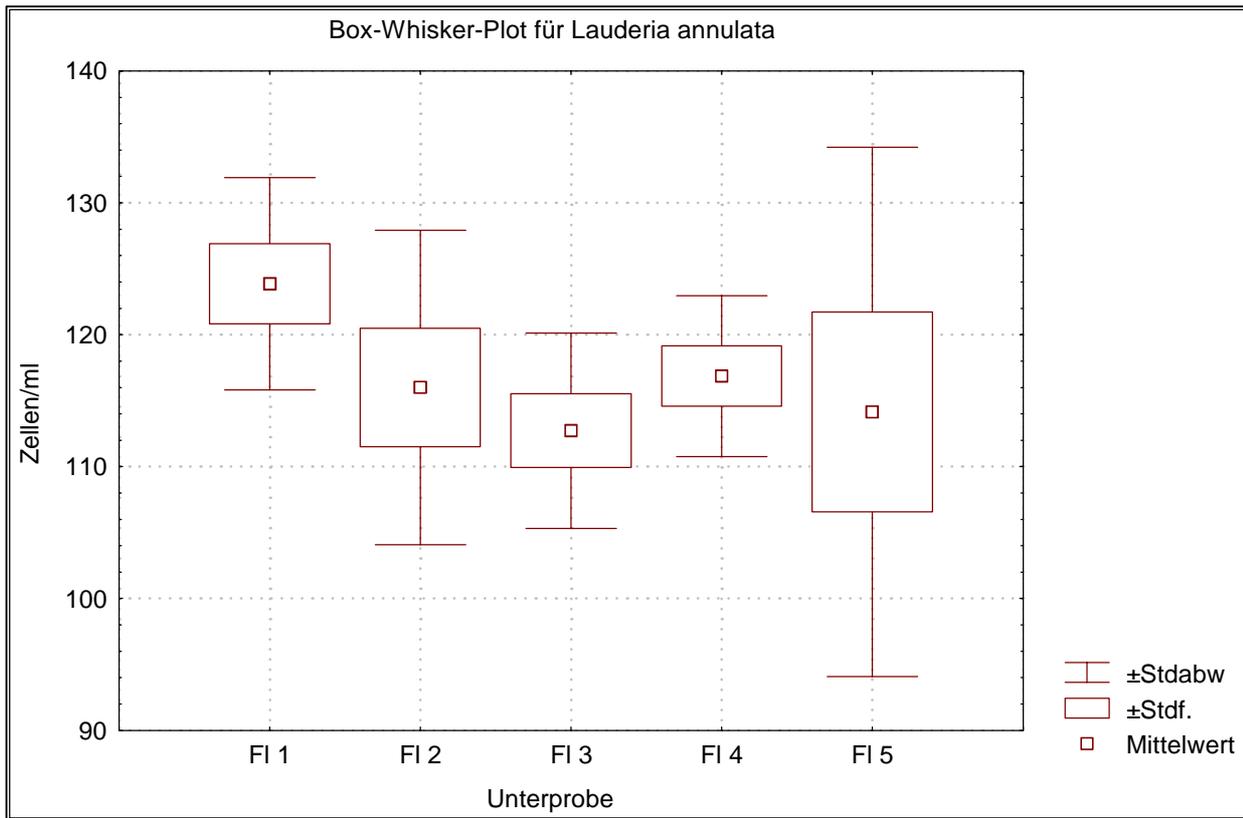


Abbildung 10: Grafische Darstellung der Zählergebnisse des Referenzlabors für die Homogenitätsprüfung der Art *Detonula pumila*

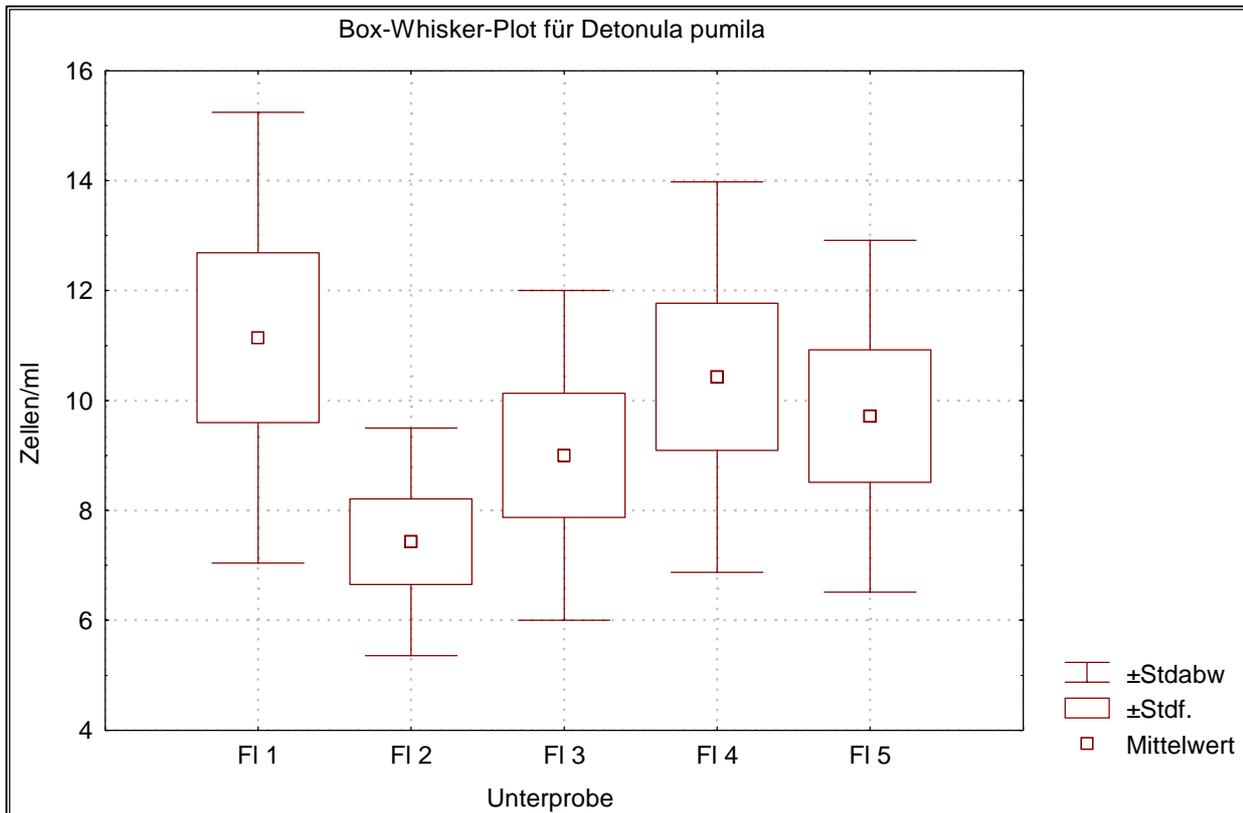


Abbildung 11: Ergebnis der Homogenitätsprüfung des Referenzlabors für die Art *Eucampia zodiacus*

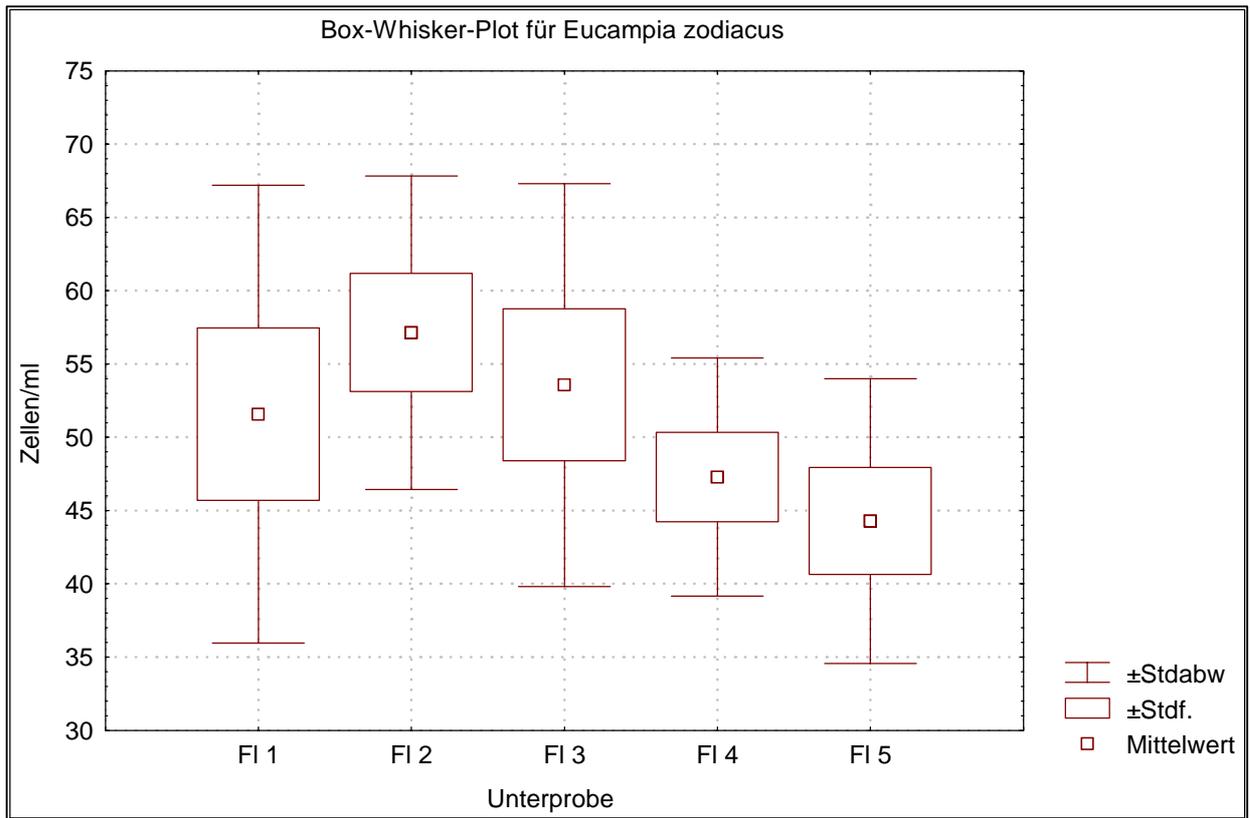


Abbildung 12: Ergebnis der Homogenitätsprüfung des Referenzlabors für die Art *Thalassiosira rotula*

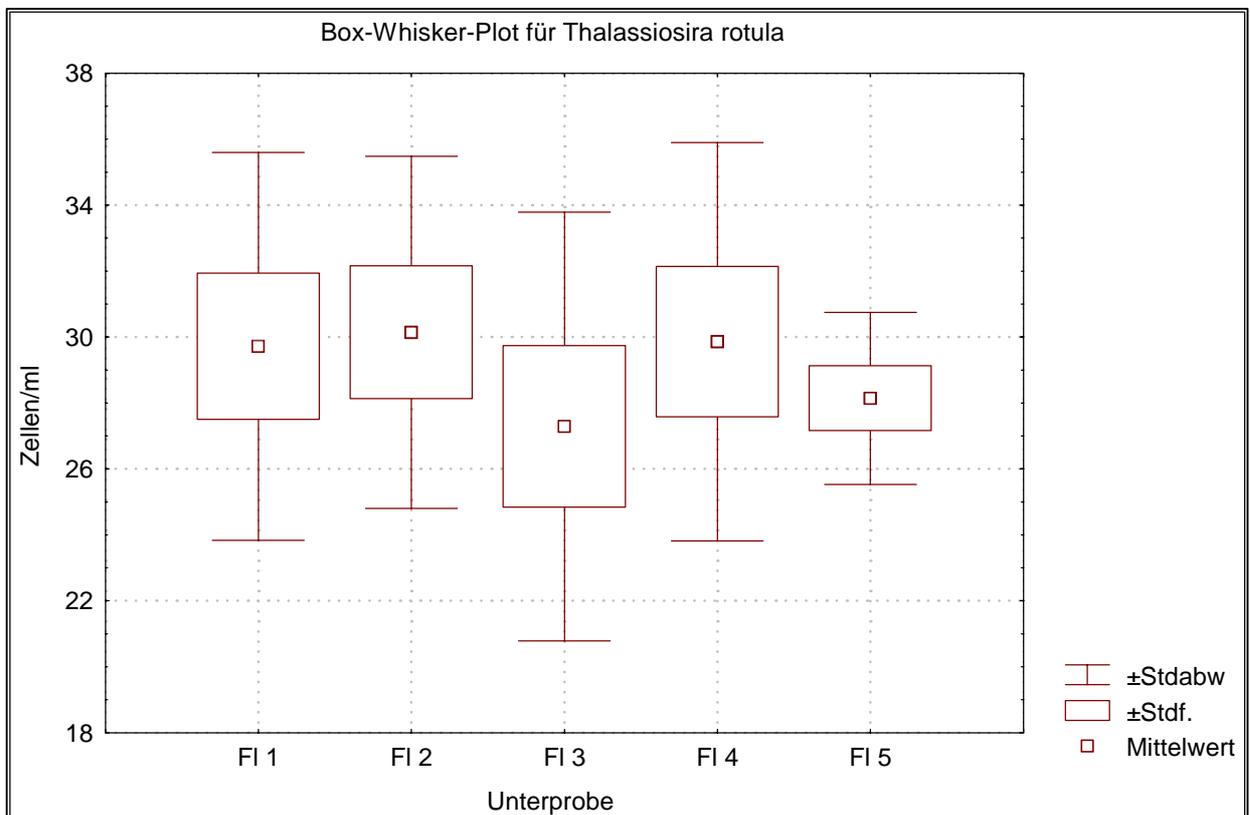


Abbildung 13: Ergebnisse der statistischen Analyse für *Cylindrotheca closterium* (Labormittelwert + zweifache Laborstandardabweichung)

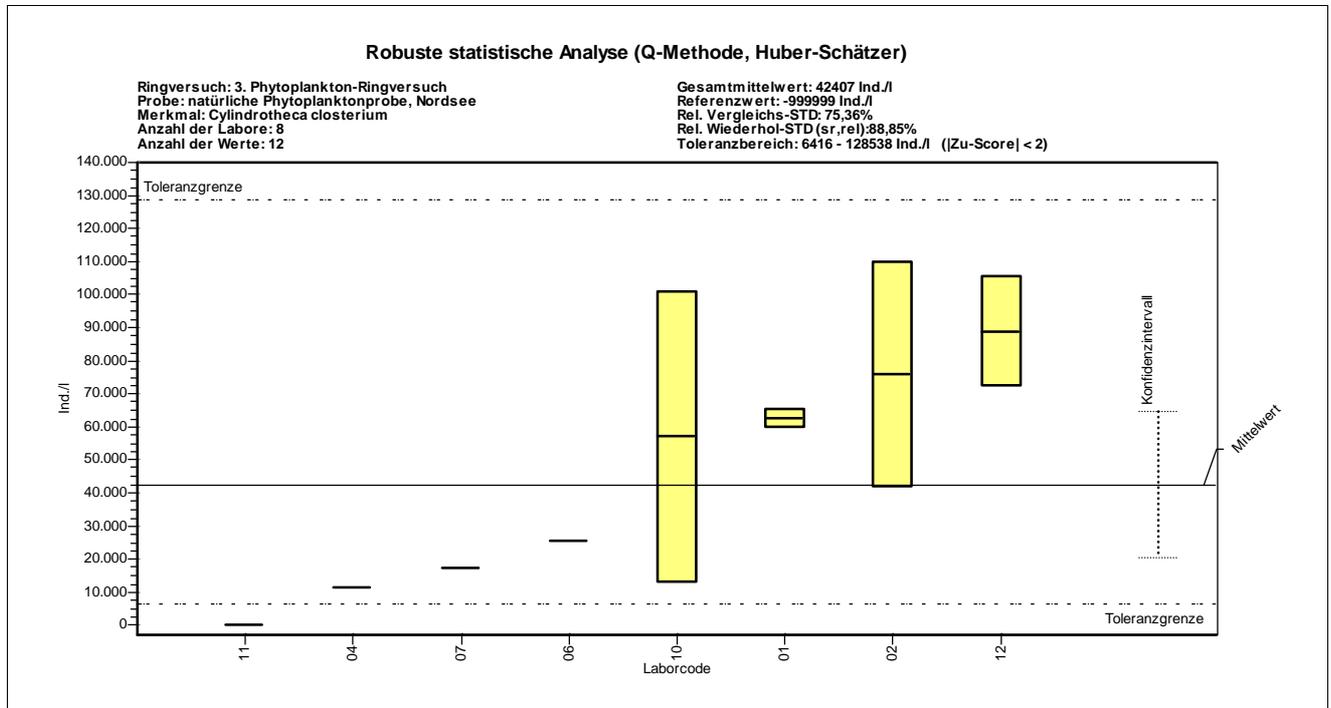


Abbildung 14: Ergebnisse der statistischen Analyse für *Asterionellopsis glacialis* (Labormittelwert ± zweifache Laborstandardabweichung)

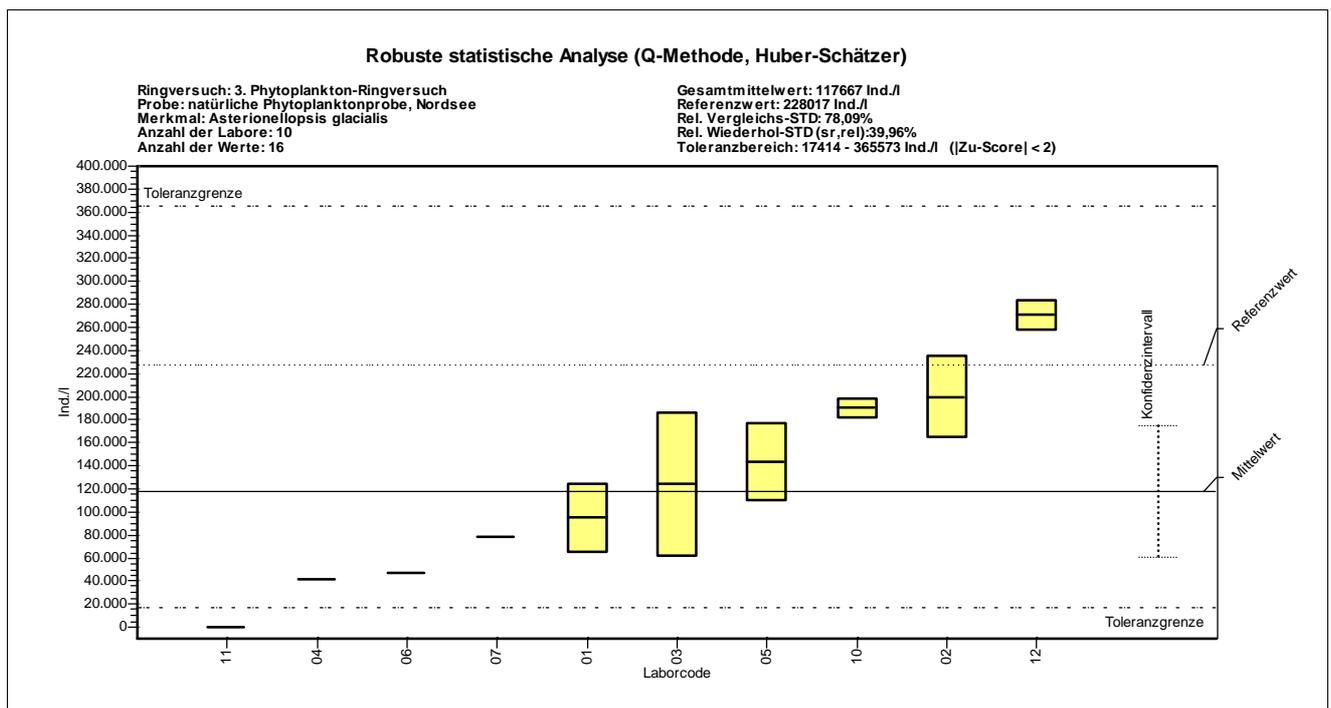


Abbildung 15: Ergebnisse der statistischen Analyse für *Rhaphoneis amphiceros* (Labormittelwert \pm zweifache Laborstandardabweichung)

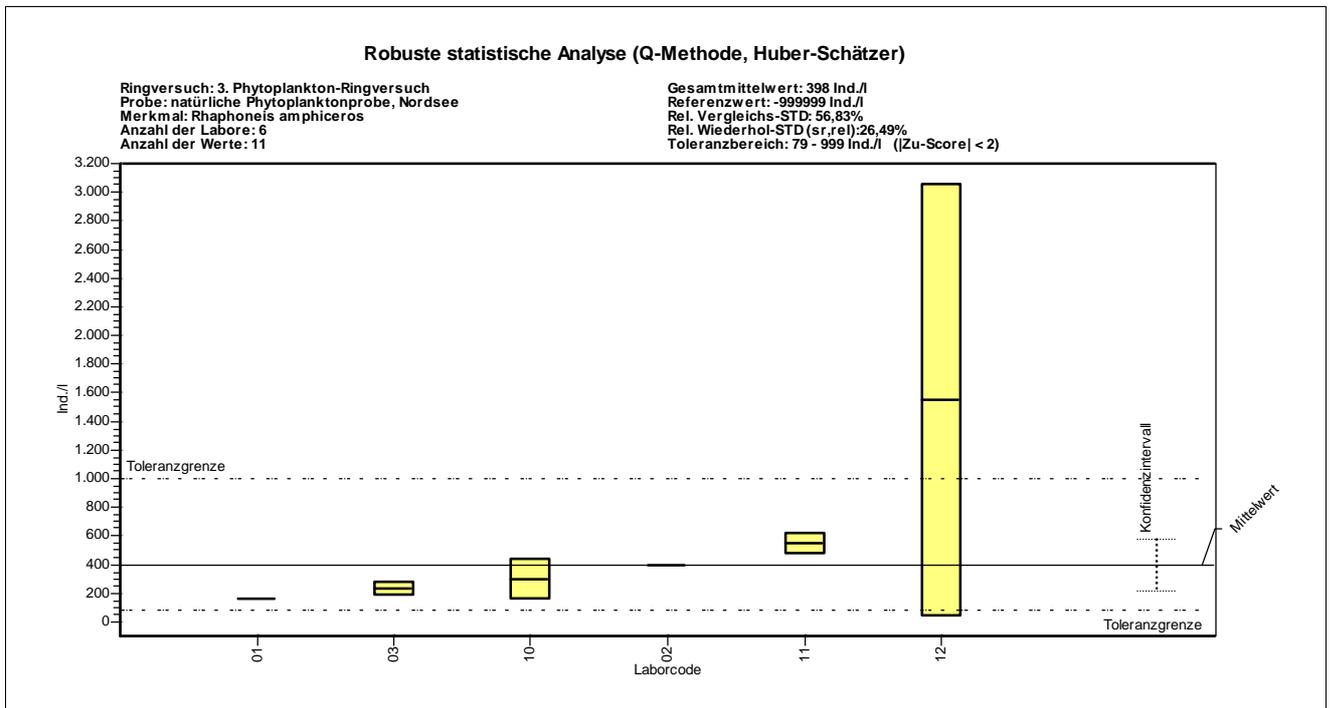


Abbildung 16: Ergebnisse der statistischen Analyse für *Plagiogrammopsis vanheurckii* (Labormittelwert \pm zweifache Laborstandardabweichung)

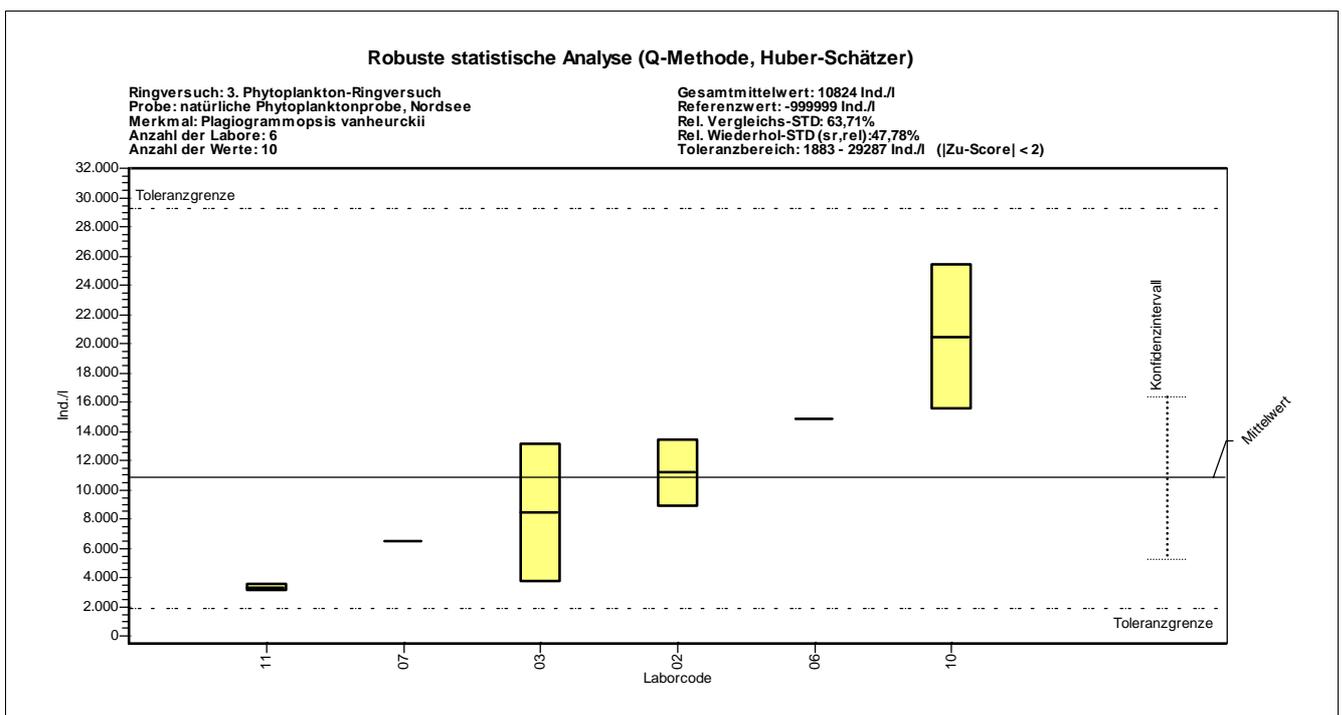


Abbildung 17: Ergebnisse der statistischen Analyse für *Odontella mobiliensis* (Labormittelwert \pm zweifache Laborstandardabweichung)

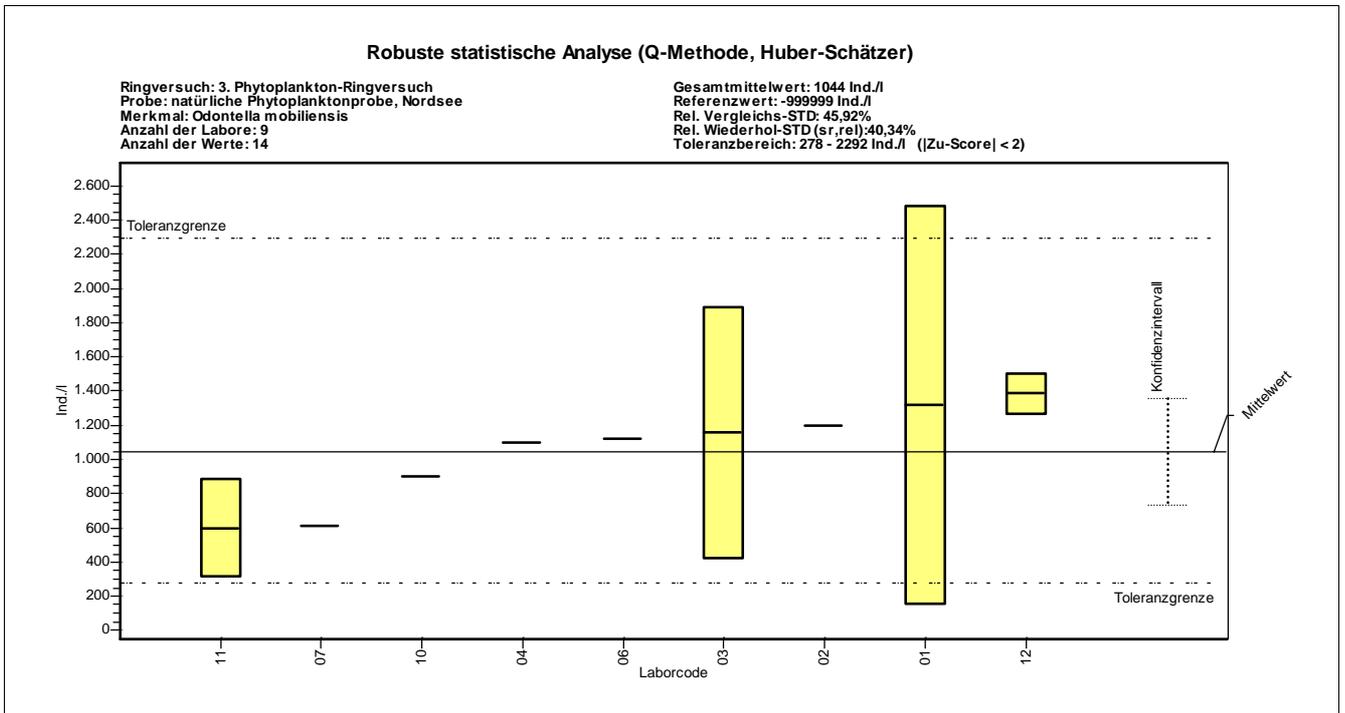


Abbildung 18: Ergebnisse der statistischen Analyse für *Odontella sinensis* (Labormittelwert \pm zweifache Laborstandardabweichung)

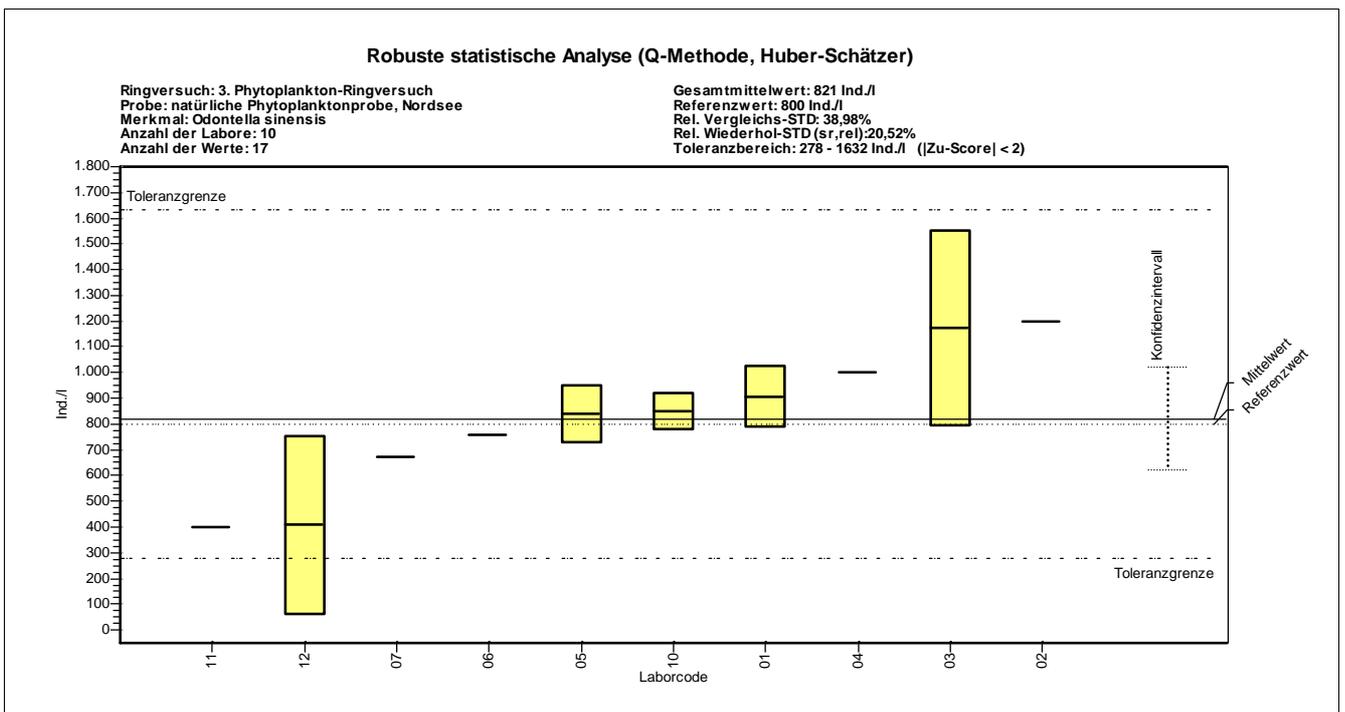


Abbildung 19: Ergebnisse der statistischen Analyse für *Eucampia zodiacus* (Labormittelwert \pm zweifache Laborstandardabweichung)

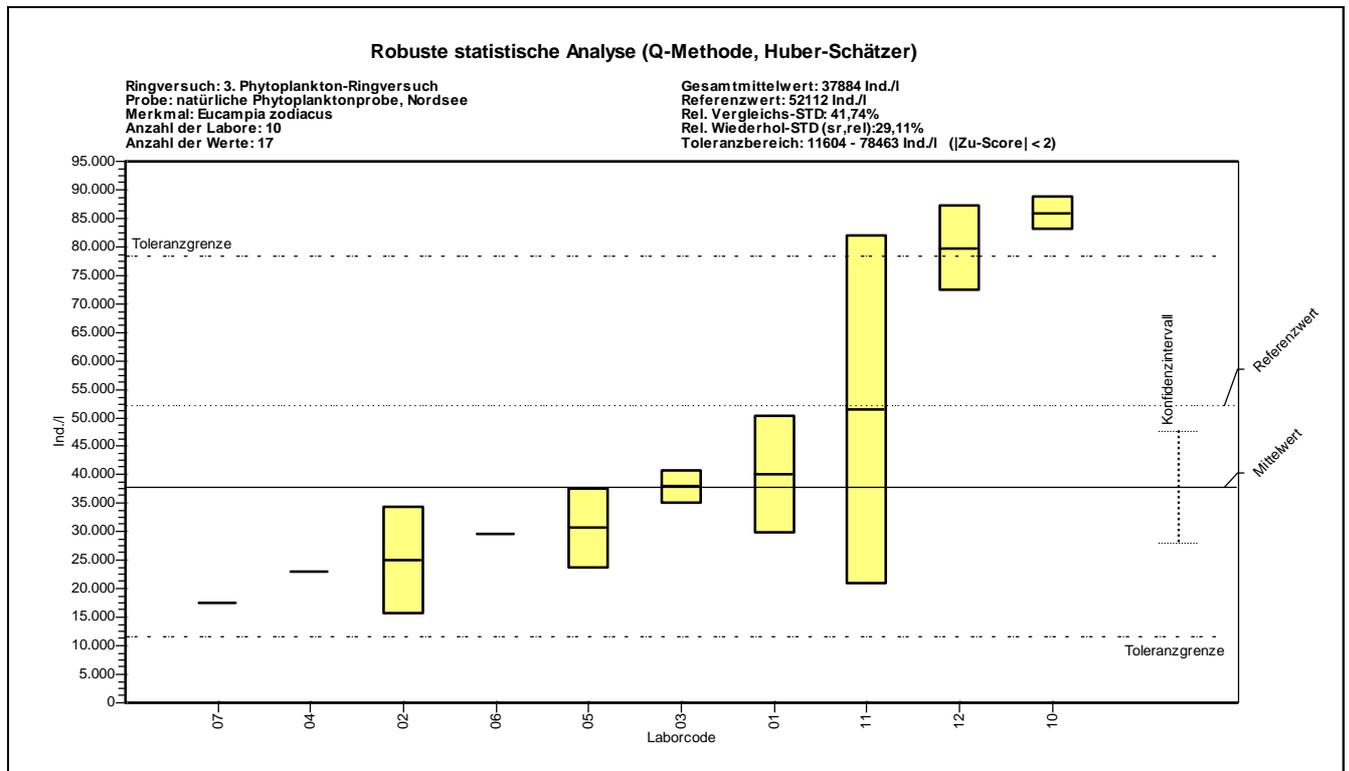


Abbildung 20: Ergebnisse der statistischen Analyse für *Guinardia delicatula* (Labormittelwert \pm zweifache Laborstandardabweichung)

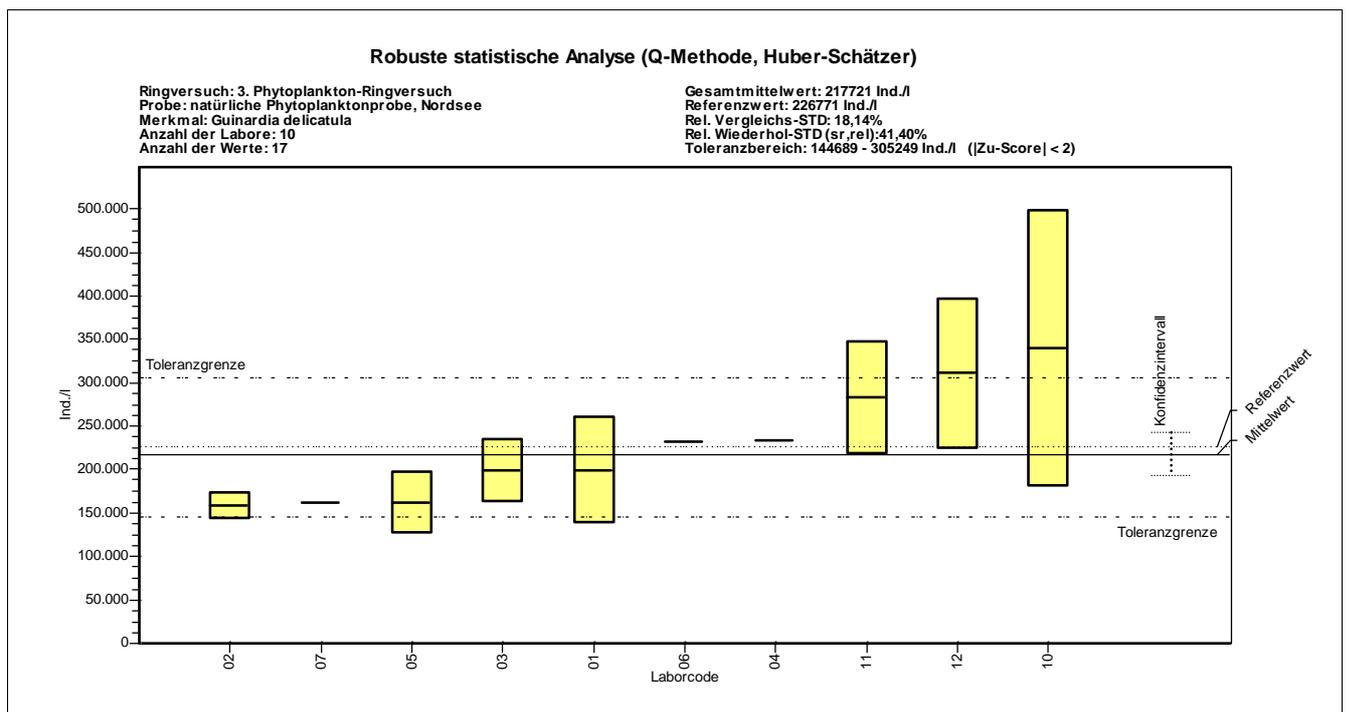


Abbildung 21: Ergebnisse der statistischen Analyse für *Guinardia flaccida* (Labormittelwert \pm zweifache Laborstandardabweichung)

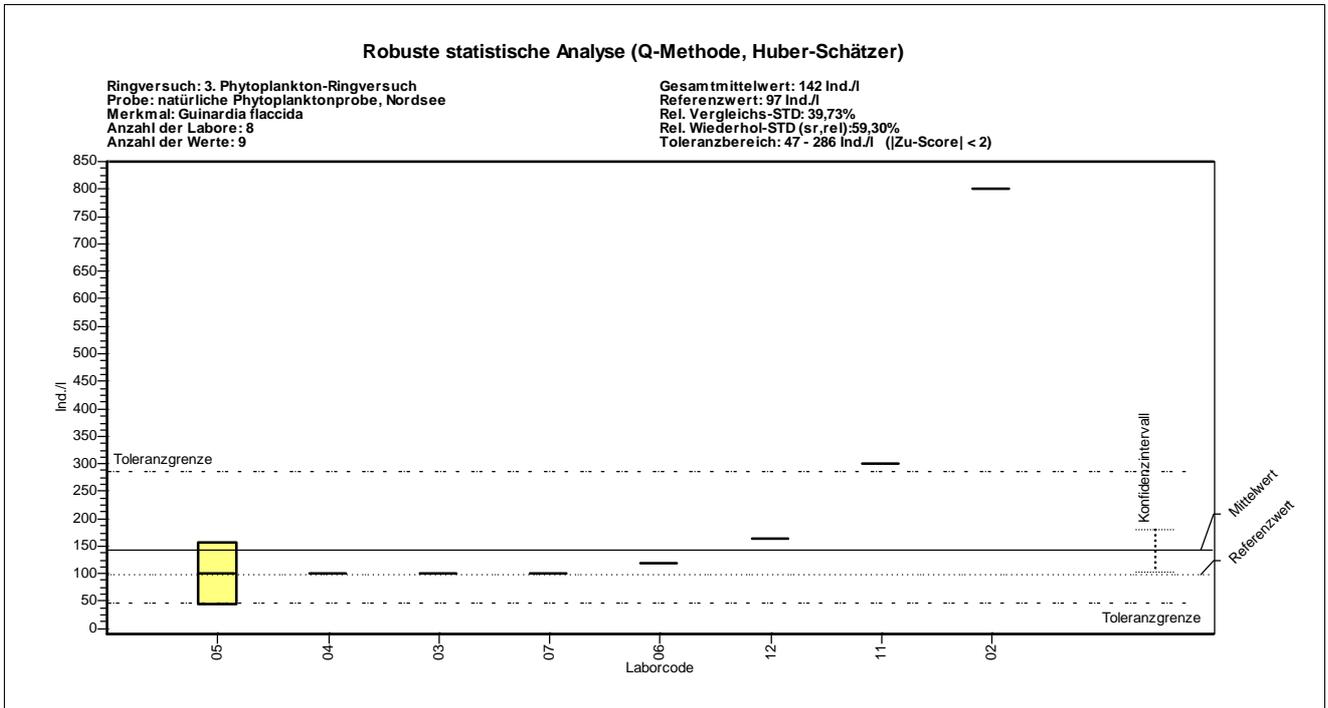


Abbildung 22: Ergebnisse der statistischen Analyse für *Rhizosolenia imbricata* (Labormittelwert \pm zweifache Laborstandardabweichung)

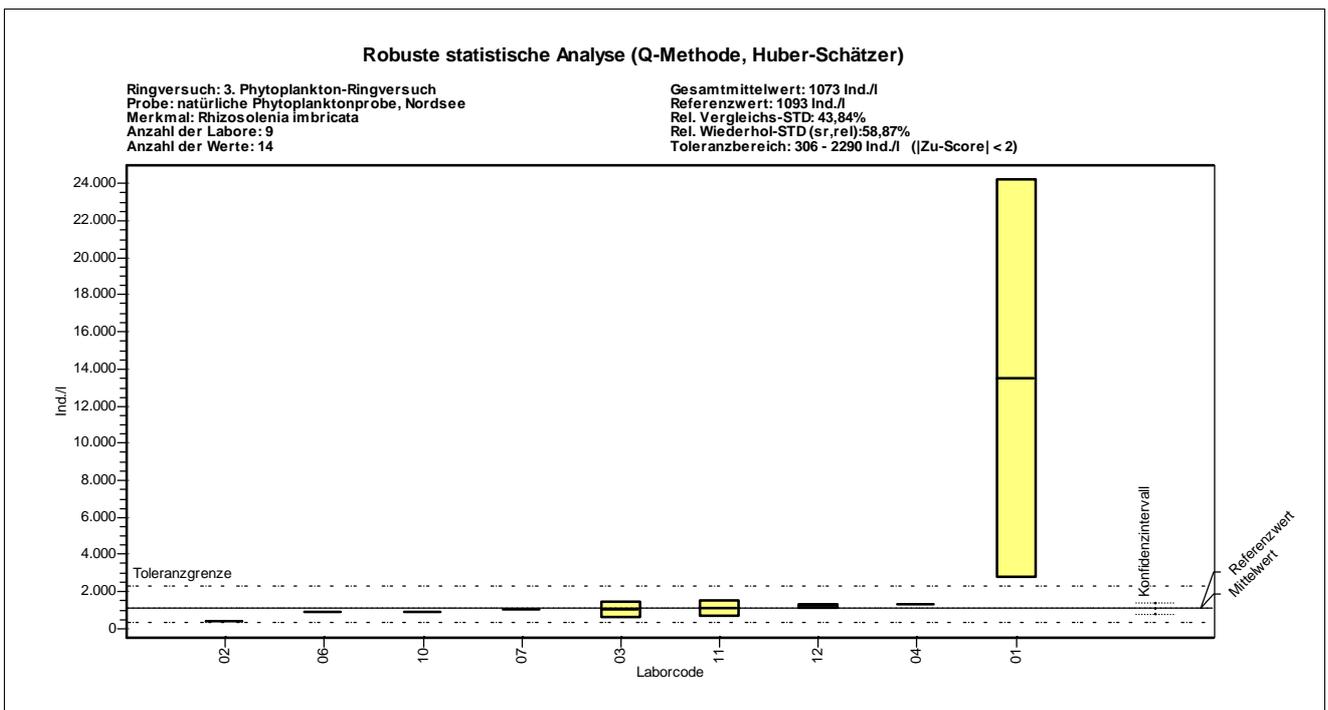


Abbildung 23: Ergebnisse der statistischen Analyse für *Rhizolenia setigera* (Labormittelwert \pm zweifache Laborstandardabweichung)

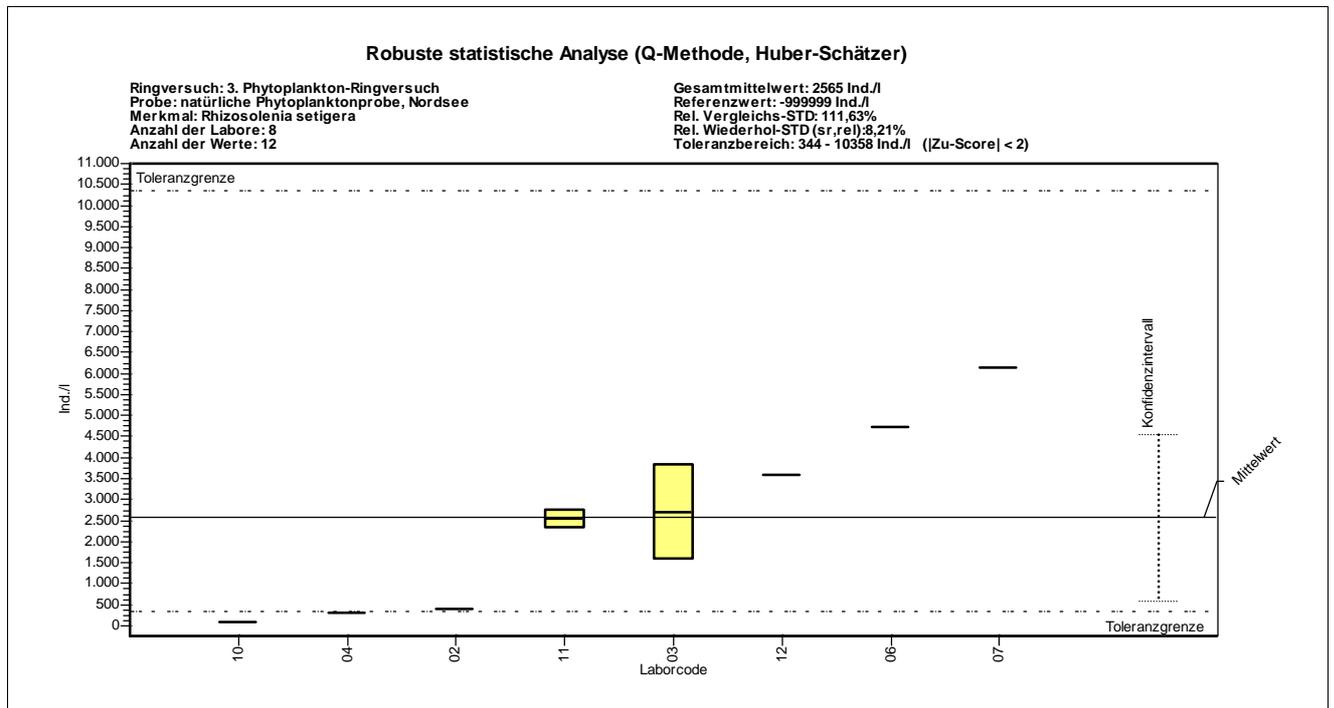


Abbildung 24: Ergebnisse der statistischen Analyse für *Lauderia annulata* (Labormittelwert \pm zweifache Laborstandardabweichung)

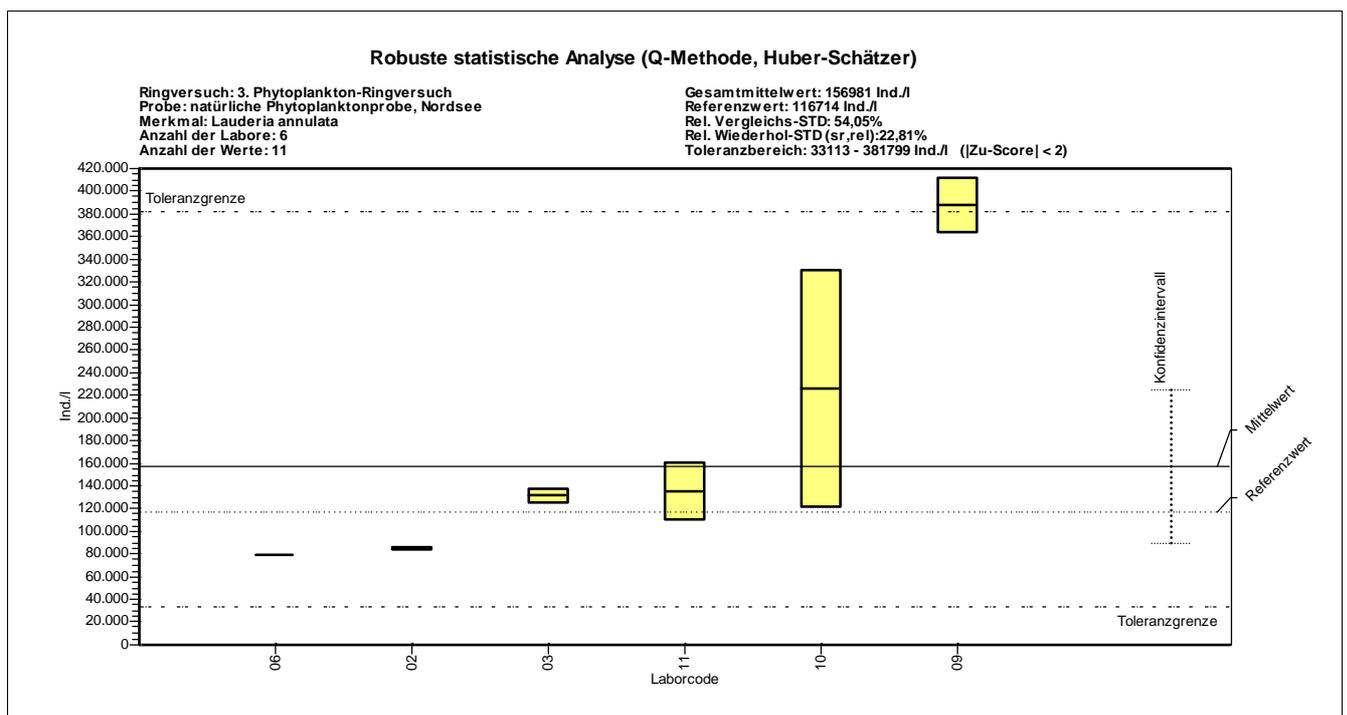


Abbildung 25: Ergebnisse der statistischen Analyse für *Thalassiosira rotula* (Labormittelwert \pm zweifache Laborstandardabweichung)

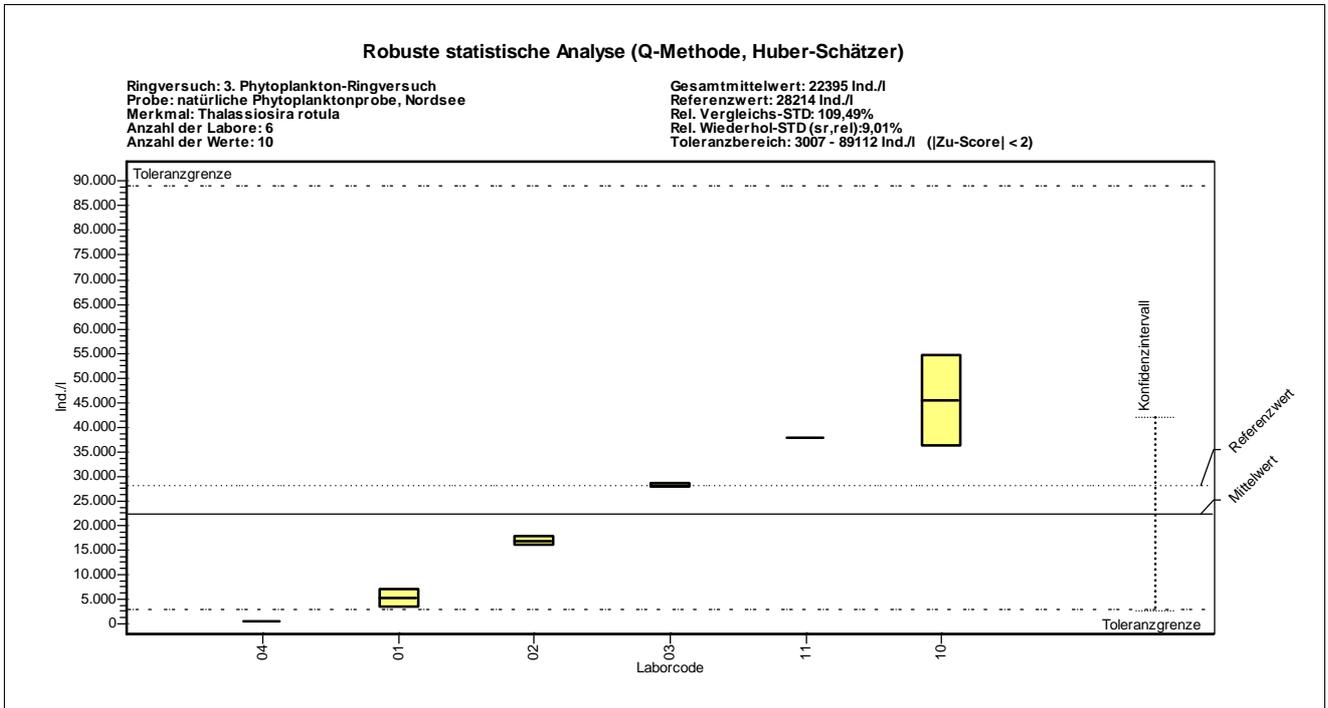


Abbildung 26: Ergebnisse der statistischen Analyse für *Protoperidinium bipes* (Labormittelwert \pm zweifache Laborstandardabweichung)

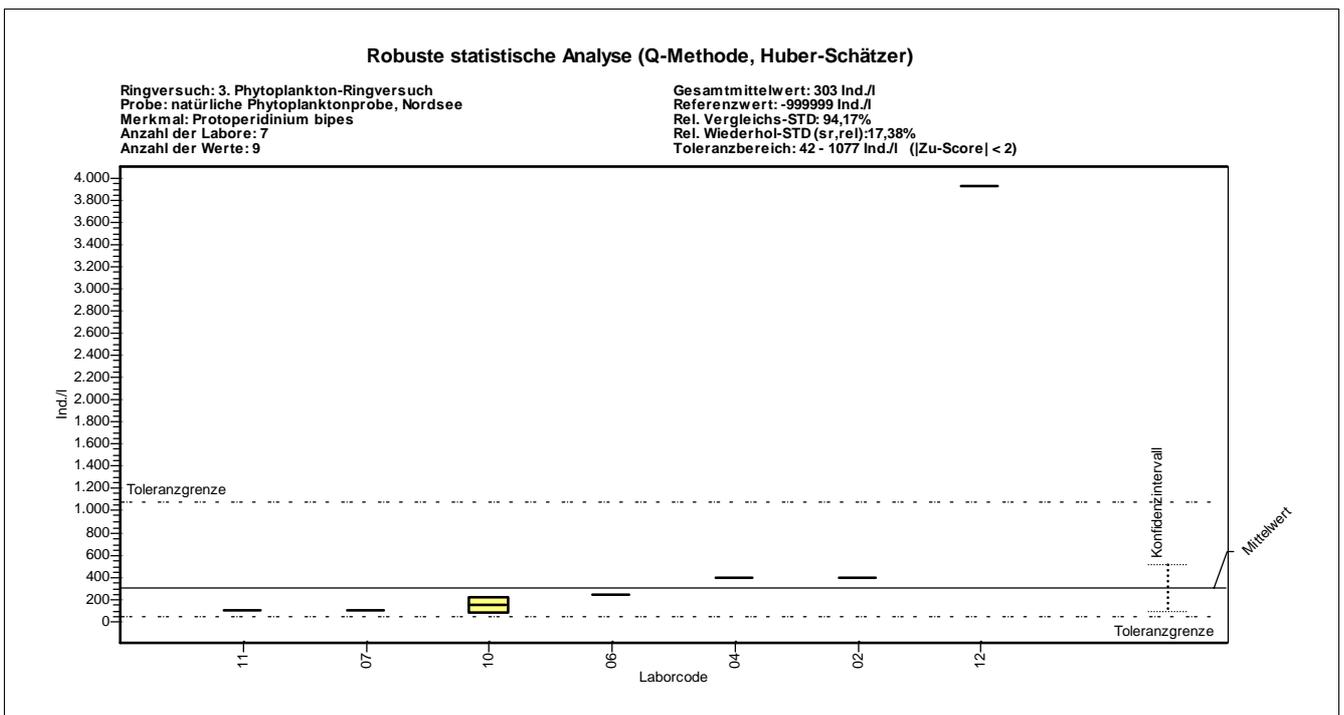
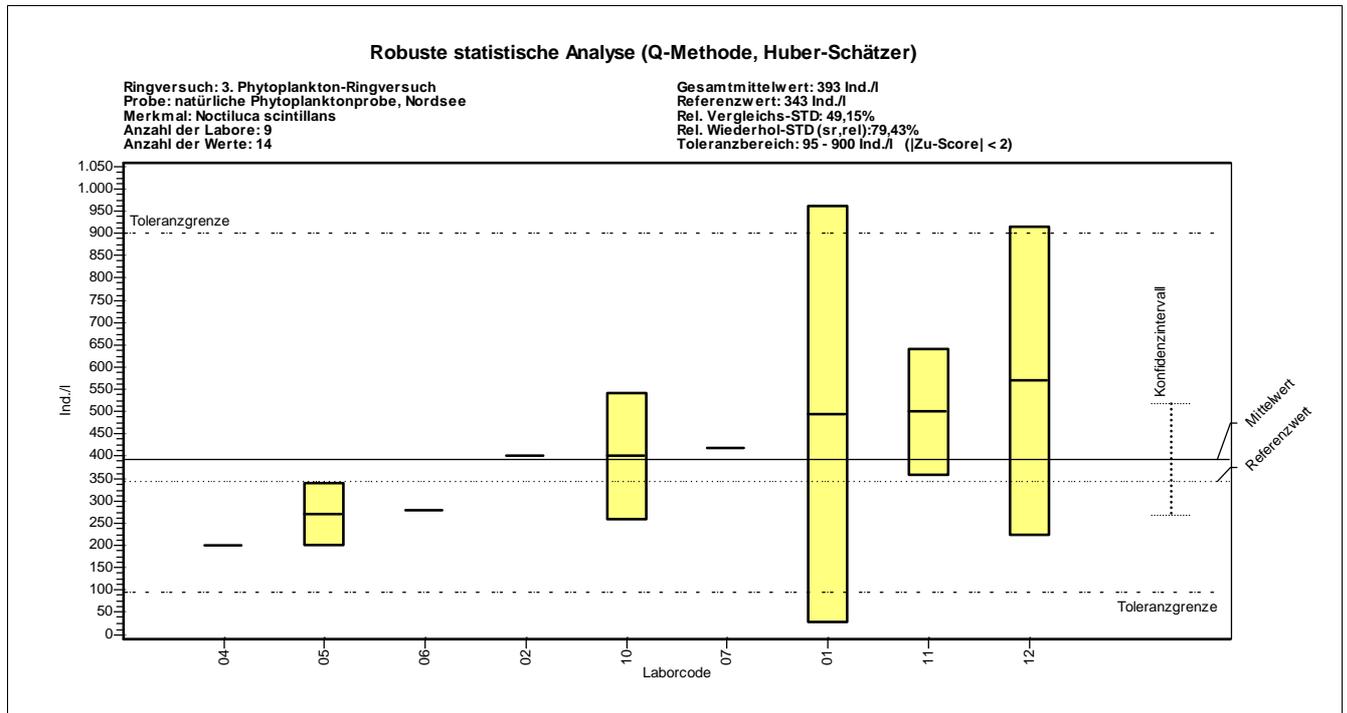


Abbildung 27: Ergebnisse der statistischen Analyse für *Noctiluca scintillans* (Labormittelwert \pm zweifache Laborstandardabweichung)



7 Anhang 2 (Tabellen)

Tabelle 5: Alphabetische Liste der Ringversuchsteilnehmer

Institution	Bearbeiter	Anschrift
Alfred-Wegener-Institut für Polar- und Meeresforschung (AWI)	Dr. M. Nöthig	D-27570 Bremerhaven Am Handelshafen 12
Århus Amt Natur & Miljø	H. Munk Sørensen	DK-8270 Højbjerg Lyseng Allé 1
BIO/CONSULT as	B. S. Jensen	DK-8230 Åbyhøj Johs. Ewalds Vej 42 – 44
Institut für Chemie und Biologie des Meeres	Dr. C.-D. Dürselen	D-26111 Oldenburg Postfach 2503
Institut für Frischwasser- und Abwasserbiologie	J. C. Riedel-Lorjé	D-22765 Hamburg Rainvilleterrasse 9
Institut für Ostseeforschung Warnemünde (IOW) an der Universität Rostock	S. Busch K. Kuhnert	D-18119 Warnemünde Seestraße 15
Landesamt für Natur und Umwelt des Landes Schleswig-Holstein (LANU)	J. Göbel	D-24220 Flintbek Hamburger Chaussee 25
Niedersächsisches Landesamt für Ökologie, Forschungsstelle Küste (NLÖ-FSK)	Dr. M. Hanslik	D-26548 Norderney An der Mühle
Staatliches Amt für Umwelt und Natur	Ch. Schöppe	D-18439 Stralsund Badenstraße 18
Vejle Amt, Teknik og Miljø Hav- & Kystafdelingen	L. D. Kristensen	DK-7100 Vejle Damhaven 12

Tabelle 6: Zusammenstellung der verwendeten Bezeichnungen für nicht exakt zu bestimmende Gruppen

Klasse	sonstige und Sammelbezeichnungen mit den verwendeten Größengruppen	Anzahl verwendeter, verschiedener Größenklassen	Anzahl der Datensätze pro Sammel- bezeichnung
<i>Bacillariophyceae</i>	<i>Ohne nähere Angabe</i> (10-20 µm, 10x8 µm, 20-50 µm, 25x40/31 µm, 40-50 µm, 40x28 µm, 90x3 µm)	7	10
	<i>Centrales</i> (< 10 µm, < 40 µm, 0-20 µm, 10 µm, 10x7 µm, 20 µm, 30 µm, 30-40 µm, 30x15 µm, 30x20 µm, 30x25 µm, 30x30 µm, 37 µm, 40 µm, 40- 50 µm, 45 µm, 45x20 µm, 50 µm)	18	27
	<i>Pennales</i> (< 20 µm, > 50 µm, 10-20 µm, 15x4 µm, 20-50 µm, 20x4 µm, 30x3 µm, 30x6 µm, 40x3 µm, k. A.)	10	17
<i>Cryptophyceae</i>	<i>Ohne nähere Angabe</i> (< 10 µm, 10-15 µm, 11x6 µm, 15- 20 µm, 20x11 µm, 5-10 µm)	6	14
	<i>heterotrophe Cryptophyceae</i> (<< 10 µm, k. A.)	2	3
	<i>phototrophe Cryptophyceae</i> (< 10 µm, 10-25 µm, k. A.)	3	6
<i>Dinophyceae</i>	<i>Ohne nähere Angabe</i> [(A) 10-20 µm, < 20 µm, > 20 µm, 10x10 µm, 120x50 µm, 12x15 µm, 18x18 µm, 20-50 µm, 20x15 µm, 20x30 µm, 45x30 µm, 50x30 µm, 90x45 µm]	13	16
	<i>Thekate Dinophyceae</i> [(A) 20-50 µm, (H) 10-20 µm, 10- 20 µm, 20-30 µm, 20-50 µm, 30-50 µm]	6	6
	<i>Athekate Dinophyceae</i> (20-30 µm, 40-50 µm)	2	2
	<i>Nackte Dinophyceae</i> [(A) 20-50 µm, (H) 20-50 µm, > 50 µm, 10-20 µm]	4	4
<i>Euglenophyceae</i>	<i>Ohne nähere Angabe</i> (90x60 µm)	1	1

Klasse	sonstige und Sammelbezeichnungen mit den verwendeten Größengruppen	Anzahl verwendeter, verschiedener Größenklassen	Anzahl der Datensätze pro Sammel- bezeichnung
Sonstige Gruppen	Flagellaten ($< 12 \mu\text{m}$, $< 5 \mu\text{m}$, $10-15 \mu\text{m}$, $2-5 \mu\text{m}$, $5-10 \mu\text{m}$, k. A.)	6	11
	Nanoflagellaten [(A) $< 5 \mu\text{m}$, (A) $10-15 \mu\text{m}$, (A) $5-10 \mu\text{m}$, $< 5 \mu\text{m}$, $1-5 \mu\text{m}$, $10 \mu\text{m}$, $10-15 \mu\text{m}$, $14 \mu\text{m}$, $15 \mu\text{m}$, $20 \mu\text{m}$, $30 \mu\text{m}$, $3 \times 5 \mu\text{m}$, $5-10 \mu\text{m}$, $7 \mu\text{m}$, k. A.]	15	23
	Coccal ($< 5 \mu\text{m}$, $> 20 \mu\text{m}$, $10-20 \mu\text{m}$, $5-10 \mu\text{m}$)	4	8
	Nanoplankton ($2-5 \mu\text{m}$)	1	2
	Picoplankton ($< 2 \mu\text{m}$)	1	2
	Zellen ($< 12 \mu\text{m}$, $> 12 \mu\text{m}$)	2	4
	Ohne nähere Angabe ($< 25 \mu\text{m}$, $> 25 \mu\text{m}$)	2	4
	Ciliata	1	18
	Molluscen-Larven	1	2
Rotatoria	1	2	

Tabelle 7: Phytoplankton-Artenliste auf Grundlage der Angaben aller Ringversuchsteilnehmer und des Referenzlabores (nur Gattungs- und Artangaben berücksichtigt)

Gattung/Artnamen	Synonyme	Labor-Code
<i>Bacillariophyceae</i>		
Actinoptychus senarius	Actinoptychus undulatus	05, 10, 12, Referenz
Asterionellopsis glacialis	Asterionella glacialis, Asterionella japonica	01, 02, 03, 04, 05, 06, 07, 10, 11, 12, Referenz
Attheya septentrionalis	Chaetoceros septentrionalis	06
Bacteriastrium hyalinum		02
Bellerochea malleus		01, 03, 05, 12
Biddulphia alternans	Triceratium alternans, Trigonium alternans	12, Referenz
Brockmanniella spec.		Referenz
Brockmanniella brockmannii	Plagiogramma brockmannii	02, 04, 06, 11
Calyptrella robusta	Rhizosolenia robusta	12
Cerataulina bergonii	Cerataulina pelagica	10, Referenz
Chaetoceros spec.		01, 04, 06, 10, 12, Referenz
Chaetoceros danicus		06
Chaetoceros densus		10
Chaetoceros eibonii		11
Chaetoceros willei		03
Coscinodiscus spec.		04
Coscinodiscus radiatus		10
Cyclotella spec.		10
Cylindrotheca closterium	Nitzschia closterium	01, 02, 04, 06, 07, 09, 10, 11, 12
Cymatosira belgica		10
Delphineis surirella		03
Detonula pumila		Referenz
Ditylum brightwellii		11, Referenz
Eucampia spec.		09
Eucampia zodiacus		01, 02, 03, 04, 05, 06, 07, 10, 11, 12, Referenz
Eunotogramma spec.		02, 10
Eunotogramma dubium		11, Referenz
Guinardia delicatula	Rhizosolenia delicatula	01, 02, 03, 04, 05, 06, 07, 10, 11, 12, Referenz
Guinardia flaccida	Rhizosolenia flaccida	02, 03, 04, 05, 06, 07, 11, 12, Referenz
Helicotheca tamesis		03
Lauderia spec.		04
Lauderia annulata	Lauderia borealis	02, 03, 06, 09, 10, 11, Referenz
Leptocylindrus danicus		Referenz
Leptocylindrus minimus		11
Lithodesmium undulatum	Triceratium undulatum	02, 03, 05, 11, Referenz
Navicula spec.		03, 06, 10, 11

Gattung/Artname	Synonyme	Labor-Code
Nitzschia spec.		01, 03, 05, 09, 10, 11, Referenz
Nitzschia longissima		03
Odontella spec.		05, 09
Odontella aurita	Biddulphia aurita	03, Referenz
Odontella granulata	Biddulphia granulata	01, 02, 10, 11
Odontella mobiliensis	Odontella regia, Biddulphia mobiliensis, Biddulphia mobilis	01, 02, 03, 04, 06, 07, 10, 11, 12, Referenz
Odontella rhombus	Biddulphia rhombus	11, Referenz
Odontella sinensis	Biddulphia sinensis	01, 02, 03, 04, 05, 06, 07, 10, 11, 12, Referenz
Paralia sulcata	Melosira sulcata	03
Plagiogramma spec.		04
Plagiogrammopsis spec.		Referenz
Plagiogrammopsis vanheurckii	Plagiogramma vanheurckii	02, 03, 06, 07, 10, 11
Pleurosigma spec.		03
Pseudo-nitzschia spec.		02, 06, 07, Referenz
Pseudo-nitzschia pungens	Nitzschia pungens	09, 11
Pseudo-nitzschia seriata	Nitzschia seriata	01, 04, 10, 12
Rhaphoneis spec.		05
Rhaphoneis amphiceros		01, 02, 03, 10, 11, 12
Rhizosolenia spec.		05, 10, Referenz
Rhizosolenia alata		01
Rhizosolenia hebetata		01, 04, 09, 12
Rhizosolenia imbricata	Rhizosolenia shrubsolei, Rhizosolenia imbricata var. shrubsolei	01, 02, 03, 04, 06, 07, 10, 11, 12, Referenz
Rhizosolenia setigera		02, 03, 04, 06, 07, 10, 11, 12
Rhizosolenia similoides		02, 10
Skeletonema costatum		10, 12
Stephanopyxis turris		Referenz
Thalassionema nitzschioides		06, 10, 12, Referenz
Thalassiosira spec.		04, 05, 06, 07, 09, 10, 11, Referenz
Thalassiosira eccentrica		03, 10
Thalassiosira levanderi		10
Thalassiosira rotula		01, 02, 03, 04, 10, 11, Referenz
<i>Chlorophyceae</i>		
Brachiomonas spec.		12
Carteria spec.		02
Pediastrum spec.		06
Pediastrum boryanum		02
Scenedesmus spec.		04
Scenedesmus quadricauda		02
<i>Chrysophyceae</i>		
Chrysococcus rufescens		09

Gattung/Artname	Synonyme	Labor-Code
<i>Cryptophyceae</i>		
Hemiselmis spec.		01, 12
Leucocryptos spec.		04
Leucocryptos marina		11
Plagioselmis prolonga		01, 12
Rhodomonas spec.		11
Rhodomonas marina		09
Rhodomonas salina		11
Teleaulax acuta		09, 11, 12
Teleaulax amphioxeia		01, 11, 12
<i>Cyanophyceae</i>		
Merismopedia spec.		02, 05, 10
Merismopedia glauca		09
Merismopedia punctata		12
<i>Dictyochophyceae</i>		
Dictyocha speculum		06
Pseudopedinella spec.		10
<i>Dinophyceae</i>		
Amphidinium spec.		05
Amphidinium carterae		03
Cachonina niei		12
Ceratium fusus		06, Referenz
Diplopsalis spec.		10, 12
Dissodinium pseudolunula		05, 10
Erythrospidium spec.	Erythrospis spec.	10
Gymnodinium spec.		01, 03, 05, 09, 10, 12
Gymnodinium heterostriatum		11
Gyrodinium spec.		01, 04, 05, 07, 09, 10, 11, Referenz
Gyrodinium spirale		03, 04, 06
Katodinium spec.		02
Katodinium rotundatum		01
Noctiluca scintillans	Noctiluca miliaris	01,02, 04, 05, 06, 07, 10, 11, 12, Referenz
Polykrikos spec.		Referenz
Preperidinium meunierii	Diplopeltopsis minor	10
Prorocentrum minimum		03, 04, 10
Protoceratium reticulatum	Gonyaulax grindleyi	10
Protoperidinium spec.		02,10, 11
Protoperidinium bipes	Minuscula bipes, Peridinium minusculum	02, 04, 06, 07, 10, 11, 12
Protoperidinium brevipes		10
Protoperidinium divergens		11
Protoperidinium granii		12
Protoperidinium leonis		10
Protoperidinium mariaelebouriae		11
Protoperidinium minutum		07, 12
Torodinium robustum		10

Gattung/Artname	Synonyme	Labor-Code
<i>Ebriidea</i>		
Ebria tripartita		04, 06
<i>Euglenophyceae</i>		
Eutreptiella spec.		01, 06, 12
Eutreptia lanowii		09
Eutreptiella marina		10
Phacus spec.		01
<i>Prasinophyceae</i>		
Pterosperma spec.		12
Pyramimonas spec.		01, 09, 10, 12
Pyramimonas longicauda		10
Tetraselmis spec.		10
<i>Prymnesiophyceae</i>		
Chrysochromulina spec.		10
Phaeocystis spec.		04, 06, 07, 11
Phaeocystis globosa		10, Referenz
Phaeocystis pouchetii		01, 02, 12
Prymnesium spec.		10
<i>Raphidophyceae</i>		
Chattonella spec.		11
Fibrocapsa japonica		11
Heterosigma spec.		11
sonstige Gattungen und Arten		
Askenasia spec.		10
Codonellopsis spec.		10
Didinium spec.		10
Laboea strobila	Strombidium strobilum	10
Mesodinium rubrum	Myrionecta rubra	04, 10, Referenz
Strombidium spec.		10
Tintinnopsis lobiancoi		10
Trichocerca spec.		10

8 Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Zusammensetzung der Ringversuchsprobe auf der Grundlage der mittleren Artenzahlen der Ringversuchsteilnehmer	12
Abbildung 2: Zusammensetzung der Ringversuchsprobe auf der Grundlage der von den Ringversuchsteilnehmern ermittelten Individuenzahlen	12
Abbildung 3: Zusammensetzung der Ringversuchsprobe auf der Grundlage der Artenzahlen des Referenzlabores..	13
Abbildung 4: Zusammensetzung der Ringversuchsprobe auf der Grundlage der vom Referenzlabor ermittelten Individuenzahlen	13
Abbildung 5: Anzahl der pro Probe angegebenen Zählkategorien im Verhältnis zur Bestimmungstiefe	14
Abbildung 6: Individuenzahlen der pro Probe angegebenen Zählkategorien im Verhältnis zur Bestimmungstiefe ...	14
Abbildung 7:Übersicht zu den Zu -Scores für die 15 statistisch ausgewerteten Arten	18
Abbildung 8: Ergebnis der Homogenitätsprüfung des Referenzlabors für die Art <i>Guinardia delicatula</i>	23
Abbildung 9: Ergebnis der Homogenitätsprüfung des Referenzlabors für die Art <i>Lauderia annulata</i>	24
Abbildung 10: Grafische Darstellung der Zählergebnisse des Referenzlabors für die Homogenitätsprüfung der Art <i>Detonula pumila</i>	24
Abbildung 11: Ergebnis der Homogenitätsprüfung des Referenzlabors für die Art <i>Eucampia zodiacus</i>	25
Abbildung 12: Ergebnis der Homogenitätsprüfung des Referenzlabors für die Art <i>Thalassiosira rotula</i>	25
Abbildung 13: Ergebnisse der statistischen Analyse für <i>Cylindrotheca closterium</i> (Labormittelwert \pm zweifache Laborstandardabweichung)	26
Abbildung 14: Ergebnisse der statistischen Analyse für <i>Asterionellopsis glacialis</i> (Labormittelwert \pm zweifache Laborstandardabweichung)	26
Abbildung 15: Ergebnisse der statistischen Analyse für <i>Rhaphoneis amphiceros</i> (Labormittelwert \pm zweifache Laborstandardabweichung)	27
Abbildung 16: Ergebnisse der statistischen Analyse für <i>Plagiogrammopsis vanheurckii</i> (Labormittelwert \pm zweifache Laborstandardabweichung)	27
Abbildung 17: Ergebnisse der statistischen Analyse für <i>Odontella mobiliensis</i> (Labormittelwert \pm zweifache Laborstandardabweichung)	28
Abbildung 18: Ergebnisse der statistischen Analyse für <i>Odontella sinensis</i> (Labormittelwert \pm zweifache Laborstandardabweichung)	28
Abbildung 19: Ergebnisse der statistischen Analyse für <i>Eucampia zodiacus</i> (Labormittelwert \pm zweifache Laborstandardabweichung)	29
Abbildung 20: Ergebnisse der statistischen Analyse für <i>Guinardia delicatula</i> (Labormittelwert \pm zweifache Laborstandardabweichung)	29
Abbildung 21: Ergebnisse der statistischen Analyse für <i>Guinardia flaccida</i> (Labormittelwert \pm zweifache Laborstandardabweichung)	30
Abbildung 22: Ergebnisse der statistischen Analyse für <i>Rhizosolenia imbricata</i> (Labormittelwert \pm zweifache Laborstandardabweichung)	30
Abbildung 23: Ergebnisse der statistischen Analyse für <i>Rhizosolenia setigera</i> (Labormittelwert \pm zweifache Laborstandardabweichung)	31

Abbildung 24: Ergebnisse der statistischen Analyse für <i>Lauderia annulata</i> (Labormittelwert \pm zweifache Laborstandardabweichung)	31
Abbildung 25: Ergebnisse der statistischen Analyse für <i>Thalassiosira rotula</i> (Labormittelwert \pm zweifache Laborstandardabweichung)	32
Abbildung 26: Ergebnisse der statistischen Analyse für <i>Protoperdinium bipes</i> (Labormittelwert \pm zweifache Laborstandardabweichung)	32
Abbildung 27: Ergebnisse der statistischen Analyse für <i>Noctiluca scintillans</i> (Labormittelwert \pm zweifache Laborstandardabweichung)	33

9 Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Zeitlicher Ablauf des 3. Phytoplankton-Ringversuches	3
Tabelle 2: Zusammensetzung der Ringversuchsproben nach Angaben des Referenzlabores	6
Tabelle 3: Ergebnisse der Varianzanalyse für 5 ausgewählte Arten (5 Unterproben mit je 7 Parallelen)	8
Tabelle 4: Ergebnisse der statistischen Auswertung mit der Q-Methode in Kombination mit dem Huber-Schätzer..	17
Tabelle 5: Alphabetische Liste der Ringversuchsteilnehmer	34
Tabelle 6: Zusammenstellung der verwendeten Bezeichnungen für nicht exakt zu bestimmende Gruppen.....	35
Tabelle 7: Phytoplankton-Artenliste auf Grundlage der Angaben aller Ringversuchsteilnehmer und des Referenzlabores (nur Gattungs- und Artangaben berücksichtigt)	37