

Ringtest Phytoplankton 2009

Abschlussbericht Juni 2010

Andreas Meybohm, Jan Trübsbach und Tilo Ihle

INHALT

1.	ORGANISATION	1
1.1.	Ausrichter	1
1.2.	Teilnehmer	2
1.3.	Ringversuchsdesign	3
1.4.	Ringversuchsablauf	3
1.5.	Probenherstellung	4
1.5.1.	Synthetische Probe	4
1.5.2.	Natürliche Phytoplanktonprobe	4
2.	HOMOGENITÄTSTEST	5
2.1.	Synthetische Proben	6
2.2.	Natürliche Proben	8
2.3.	Ergänzende Statistik	10
3.	ERGEBNISSE	11
3.1.	Komponente 1: Synthetische Probe	11
3.1.1.	Konzentration, Volumenkonzentration und Vermessung der Mikropartikel	11
3.2.	Komponente 2: Natürliche Probe	18
3.2.1.	Zellzahlen	18
3.2.2.	Gesamtbiovolumen und Biovolumen der Algenklassen	26
3.3.	Komponente 3: Taxonomische Bestimmung / Videoclips	34
3.3.1.	Bestimmungsergebnisse	34
4.	DISKUSSION	36
4.1.	Komponente 1: synthetische Probe	36
4.1.1.	Quantitative Aspekte	36
4.1.2.	Zusammenhang zwischen Zählstrategie und Ergebnis	37
4.1.3.	Vermessung der Mikropartikel	41
4.2.	Komponente 2: natürliche Probe	42
4.2.1.	Quantitative Aspekte	42
4.2.2.	Qualitative Aspekte	42
4.2.3.	Zusammenhang zwischen Zählstrategie und Ergebnis	48
4.2.4.	Zellvolumina	55
4.3.	Komponente 3: Taxonomie	58
5.	LITERATUR	63

1. Organisation

1.1. Ausrichter

EQAT Phytoplankton ist eine gemeinsame Aktivität der Arbeitsgemeinschaft Trinkwassertalsperren e.V. (ATT) und der Landestalsperrenverwaltung des Freistaates Sachsen (LTV). Die ATT ist ein eine gemeinnützige Vereinigung von rund 40 Wasserversorgungsunternehmen, Wasserverbänden, Talsperrenbetrieben und -verwaltungen, Hochschul-, Untersuchungs- und Forschungsinstituten in der Bundesrepublik Deutschland und im Großherzogtum Luxemburg. Die LTV ist ein Staatsbetrieb im Geschäftsbereich des Sächsischen Staatsministeriums für Umwelt und Landwirtschaft. Sie betreibt, bewirtschaftet und überwacht die 115 landeseigenen Talsperren und Speicher mit einem Gesamtstauraum von 523 Mio m³ zur Bereitstellung von Rohwasser für die Trink- und Brauchwasserversorgung, zum Hochwasserschutz sowie zur Niedrigwasseraufhöhung und ist verantwortlich für die Unterhaltung und Ausbau von ca. 3000 km Gewässer I. Ordnung und der Grenzgewässer (www.talsperren-sachsen.de). Der Arbeitskreis Biologie der ATT führt für seine Mitgliedsunternehmen seit Anfang der 90er Jahre Phytoplankton Ringversuche durch. Der Ringversuch EQAT Phytoplankton 2009 war der dritte von der ATT/LTV durchgeführte Ringversuch, der allen interessierten Laboren in Europa offen stand. Die Organisation, Durchführung und die Auswertung lagen federführend in der Hand der LTV. Alle 4 Labore der LTV sind nach ISO 17025 für die Probenahme sowie Identifizierung und Zählung von Phytoplankton akkreditiert. Die folgende Tabelle gibt eine Übersicht über die Aufgabenverteilung bei der Durchführung des Ringversuchs.

Ringversuchsleitung	Andreas Meybohm	LTV	Planung / Durchführung Auswertung, Bericht
Experten Gremium	Anita Nienhüser	ATT	Beratung
	Dr. Gabriele Packroff	ATT	Beratung
	Jan Trübsbach	LTV	Probenherstellung, Videos, Taxonomie
	Dr. Tilo Ihle	LTV	Statistik, Auswertung
	Dr. Regine Jahn	BGBM, FU Berlin	Taxonomie
	Wolf-Henning Kusber	BGBM, FU Berlin	Taxonomie

Kontaktperson: Andreas Meybohm
Telefon: 0049-3741-1564102
Email: andreas.meybohm@ltv.sachsen.de

1.2. Teilnehmer

Für die Teilnahme am Ringversuch Phytoplankton 2009 hatten sich 50 Labore angemeldet. Aus Deutschland lagen 20 Anmeldungen vor. Weitere 30 Anmeldungen kamen aus anderen europäischen Ländern. Allen angemeldeten Laboren wurden die Ringversuchs-Proben zugestellt. 47 Teilnehmer sandten vollständige Ergebnisdatensätze zurück. Die Anmeldungen kamen von privaten Laboren, Wasserversorgungsunternehmen, staatlichen Behörden sowie Universitäten und Forschungseinrichtungen. Einen Überblick über die geografische Herkunft der Teilnehmer gibt **Abbildung 1**.

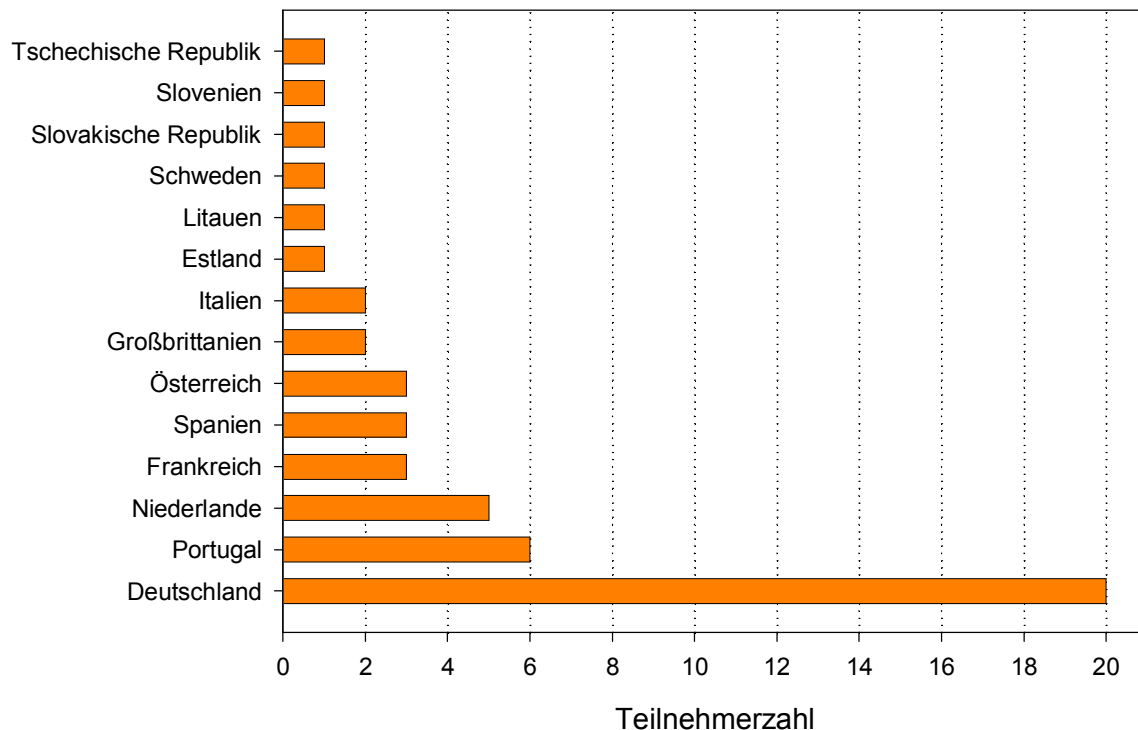


Abbildung 1: Geografische Herkunft der teilnehmenden Labore.

1.3. Ringversuchsdesign

Laborvergleichsuntersuchungen können durch eine breite Beteiligung einen wertvollen Beitrag zur Verbesserung der Qualität und der Vergleichbarkeit der produzierten Daten leisten. Dieses Potenzial wird jedoch nur dann optimal ausgeschöpft, wenn der Aufbau des Ringversuchs weitgehend an dem zu prüfenden Verfahren ausgerichtet ist. Im Fall der Phytoplanktonanalyse betrifft das die Bearbeitung kompletter Proben mit den einzelnen Schritten: Abfüllung in die Sedimentationskammern, Festlegung der Zählstrategie, Erfassen der Organismen, Berechnung der Abundanz, Vermessung der Organismen, Berechnung des Zellvolumens, Ermittlung des Gesamtbiovolumens, taxonomische Bestimmung und Zuordnung zu den Phytoplanktonklassen. **Abbildung 2** visualisiert das Ringversuchsdesign. Mit dieser Struktur wurde versucht, den Ringversuch weitgehend an den praktischen Anforderungen der Phytoplanktonanalyse auszurichten.

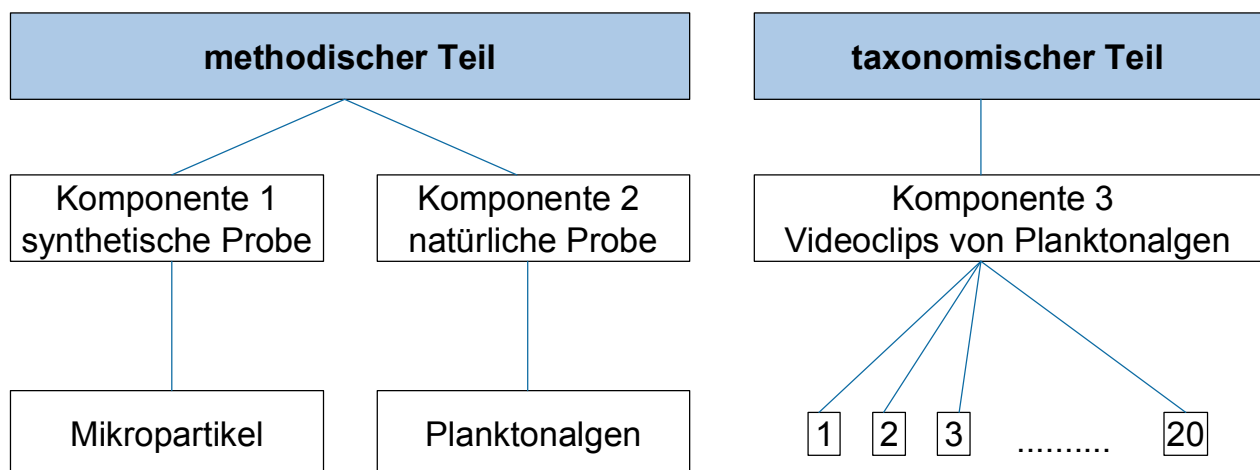


Abbildung 2: Struktur des Phytoplankton Ringversuchs.

1.4. Ringversuchsablauf

Die Ankündigung des Ringversuchs erfolgte ab Anfang Januar 2009. Bis zum 31. März 2009 konnten sich Interessenten zur Teilnahme anmelden. Am 25. Juni 2009 wurden die Proben an die Teilnehmer verschickt. Zeitgleich wurden die erforderlichen Dokumente und Videoclips auf der EQAT Phytoplankton Webseite aktiviert. Für die Bearbeitung der Proben wurde den Teilnehmern bis zum 14. September 2009 Zeit

gegeben. Bis zu diesem Zeitpunkt mussten die Ergebnisse beim Ringversuchsausrichter eingegangen sein. Am 7.1.2010 wurden die Ergebnisse als Vorabinformation auf der Webseite eingestellt. Die Erstellung des Abschlussberichts wurde Ende Mai abgeschlossen. Seit dem steht der Bericht unter www.planktonforum.eu zum download bereit.

1.5. Probenherstellung

1.5.1. Synthetische Probe

Für die Herstellung der synthetischen Probe wurden Mikropartikel zwei verschiedener Größenfraktionen verwendet (10,12 und 32,2 μm). Entsprechend der gewählten Pipettier Volumina aus den Hersteller- und Stammsuspensionen sowie der Verdünnungsstufen ergaben sich in den versandfertigen Proben die in **Tabelle 1** dargestellten theoretischen Konzentrationen.

Tabelle 1: Theoretische Konzentration der Mikropartikel in den synthetischen Proben.

Partikeldurchmesser	Konzentration
32,2	15.180 L ⁻¹
10,12	1.114.667 L ⁻¹

Dabei ist zu beachten, dass diese Konzentrationen als Näherungswerte und nicht als Sollwerte zu verstehen sind. In der Praxis ist es nahezu unmöglich, aus 15 ml Herstellersuspension, deren Partikelanzahl im Bereich zwischen 10^7 und 10^{12} Partikel/ml liegt, exakte Zielkonzentrationen einzustellen.

1.5.2. Natürliche Phytoplanktonprobe

Im Fall der natürlichen Probe war es das Ziel, eine frische und klar strukturierte Planktonprobe zur Verfügung zu stellen. Im Gegensatz zu den vorangegangenen Ringversuchen wurde die Planktonprobe nicht aus Gewässerproben, sondern aus Algenkulturen hergestellt. Konkret wurden die natürlichen Proben aus Kulturen der

Arten *Desmodesmus subspicatus*, *Chlorella minutissima*., *Cryptomonas lucens*., *Peridinium cinctum*., *Nitzschia* sp. und *Planktothrix* sp. hergestellt.

2. Homogenitätstest

Testmaterialien, die für Ringversuche verwendet werden, sollten eine ausreichende Homogenität (d.h. die Variabilität der mittleren Zusammensetzung des Testmaterials sollte geringer sein als die analytische Variabilität) aufweisen. Nur so kann sichergestellt werden, dass sich die Variabilität der Testergebnisse ausschließlich aus zufälligen, subjektiven und methodischen Fehlern ergibt. Generell erfüllen Materialien - ausgenommen es handelt sich um echte Lösungen - diesen Anspruch nur hinreichend (Fearn & Thomson 2001). Im Fall der in diesem Ringversuch verwendeten Testmaterialien handelt es sich um synthetische Mikropartikel und natürliche Algen, die in suspendierter Form zur Verfügung gestellt wurden. Ihre Grundeigenschaften der Sedimentation und Agglomeration im wässrigen Medium führen zu Ungleichverteilungen im Medium. Diese Eigenschaften wurden bei der Herstellung und Abfüllung der Proben bestmöglich berücksichtigt. Die Überprüfung der homogenen Verteilung der Testmaterialien auf die Probenflaschen erfolgte im Fall der Mikropartikel für beide Größenfraktionen (10,12 und 32,2 μm). Im Fall der natürlichen Testmaterialien wurde die Homogenität stichprobenartig anhand der Dinophyceae *Peridinium cinctum* durchgeführt. Mit der Wahl der Mikropartikeln 32,2 μm und von *Peridinium cinctum* wurde dabei ganz bewusst auf die Testmaterialien zurückgegriffen, welche auf Grund ihrer Konzentration verteilungsunabhängig mit vertretbarem Aufwand erfasst werden konnten (Zählung ganzer Sedimentationskammern). Zusätzlich erfolgte der Homogenitätstest auch für die Mikropartikel 10,12 μm . Aufgrund der im Vergleich zu dem Mikropartikeln 32,2 μm höheren Konzentration und der geringeren Größe wurden in diesem Fall keine ganzen Kammern, sondern lediglich Teilflächen erfasst. Es wurden sowohl 4 jeweils um 45° versetzte Transekte als auch 60 gleichmäßig verteilte Sehfelder bei 400-facher Vergrößerung ausgezählt. Zur Durchführung der Homogenitätstests wurden dem Pool der synthetischen Proben 5 Flaschen entnommen und daraus unter Verwendung von 10 ml Sedimentationszylindern jeweils 5 Ansätze hergestellt. Im Fall der natürlichen Proben erfolgte die Entnahme von 7 Homogenitätstestsproben. Aus diesen wurden jeweils 3 Ansätze hergestellt, wobei aufgrund der gerin-

geren Konzentration von *Peridinium* 25 ml Sedimentationszylinder Verwendung fanden.

2.1. Synthetische Proben

Abbildung 3 visualisiert die Ergebnisse der Homogenitätsuntersuchung für die Mikropartikel 32,2 µm. Die Einzelergebnisse schwanken zwischen 100 und 219 gezählten Partikeln je 10 ml Sedimentationsansatz. Die dargestellten Ergebnisse der durchgeführten ANOVA (**Tabelle 2**) belegen eine homogene Verteilung der Testmaterialien auf die Probenflaschen. Die Homogenität der Varianzen war mit $p=0,104$ gegeben (Levene Statistik).

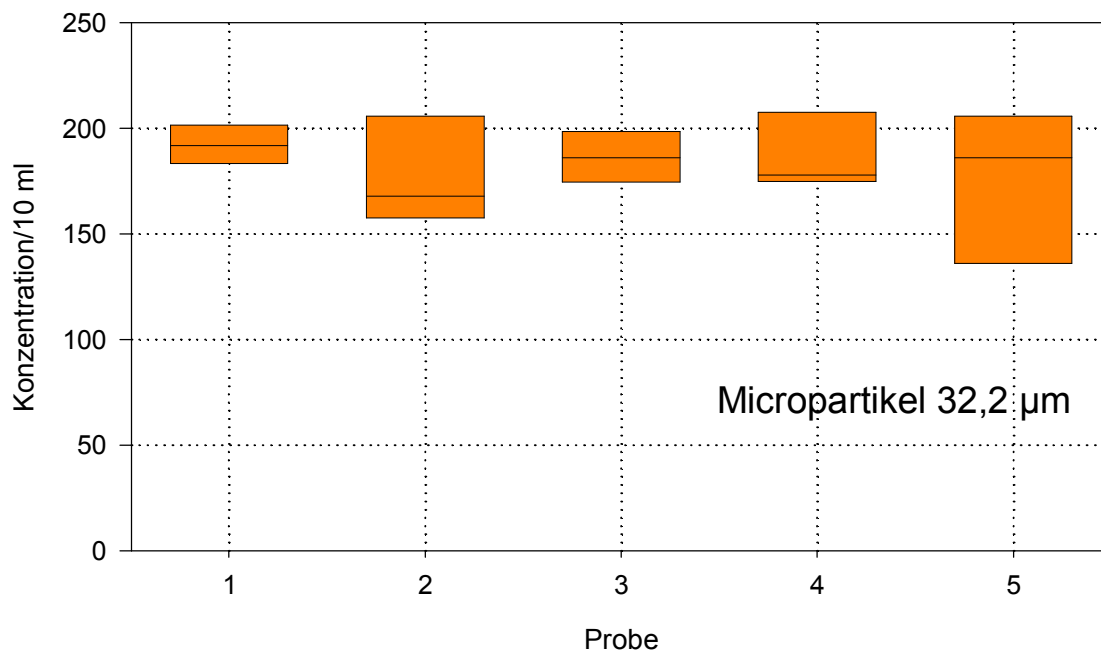


Abbildung 3: Homogenitätsuntersuchung der Mikropartikel 32,2 µm (je Probe N=5). 25 und 75% Perzentil, Median.

Tabelle 2: Homogenitätsuntersuchung der Mikropartikel 32,2; Ergebnisse ANOVA.

Mikropartikel 32,2 µm	Quadratsumme	df	Mittel der Quadrate	F	Signifikanz
Zwischen den Gruppen	1112,24	4	278,06	0,434	0,782
Innerhalb der Gruppen	12809,6	20	640,48		
Gesamt	13921,84	24			

In **Abbildung 4** sind die Ergebnisse der Homogenitätsuntersuchung für die Mikropartikel 10,12 μm dargestellt (Transektzählung). Die Einzelergebnisse schwanken zwischen 196 und 857 gezählten Partikeln je 10 ml Sedimentationsansatz. Die in **Tabelle 3** dargestellten Ergebnisse der durchgeführten ANOVA belegen eine homogene Verteilung der Testmaterialien auf die Probenflaschen. Die Homogenität der Varianzen wurde im Vorfeld mittels Levene Statistik überprüft ($p=0,676$).

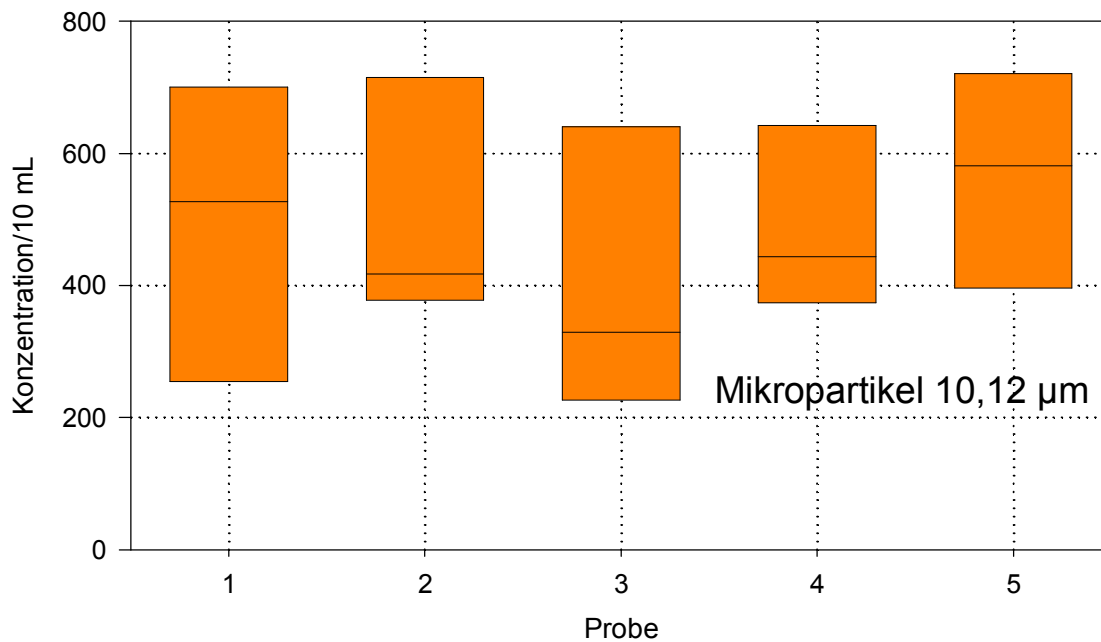


Abbildung 4: Homogenitätsuntersuchung der Mikropartikel 10,12 μm (je Probe $N=5$), 25 und 75% Perzentil, Median.

Tabelle 3: Homogenitätsuntersuchung der Mikropartikel 10,12; Ergebnisse ANOVA.

Mikropartikel 10,12 μm	Quadratsumme	df	Mittel der Quadrate	F	Signifikanz
Zwischen den Gruppen	60637,04	4	15159,26	0,393	0,811
Innerhalb der Gruppen	771498	20	38574,9		
Gesamt	832135,04	24			

Die homogene Verteilung der Mikropartikel 10,12 μm wurde darüber hinaus auch mithilfe der Auszählung von Sehfeldern bestätigt ($p=0,577$).

Neben der Beantwortung der wichtigen Frage der Homogenität war darüber hinaus von Interesse, inwieweit die Ergebnisse der Homogenitätsuntersuchungen und die Ergebnisse der Ringversuchsteilnehmer bei diesen Testmaterialien übereinstimmen. Die Ergebnisse eines Mann-Whitney Tests zeigen, dass es im Fall der Mikropartikel 32,2 μm keine signifikanten Unterschiede zwischen den Lageparametern gab ($p=0,488$). Im Fall der Mikropartikel 10,12 μm wurden bei der Verwendung der Ergebnisse der Transektzählung aus der Homogenitätsuntersuchung ebenfalls keine signifikanten Unterschiede festgestellt ($p=0,078$).

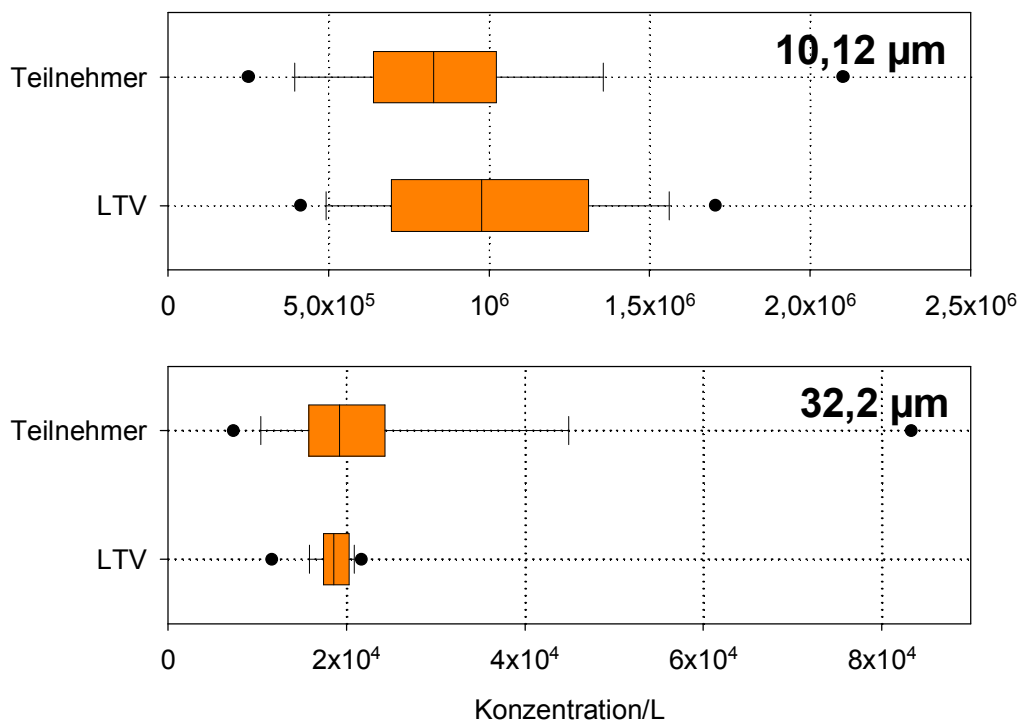


Abbildung 5: Mikropartikel 10,12 μm und 32,2 μm , Vergleich der Zählergebnisse zwischen den Teilnehmern und den Ergebnissen der Homogenitätszählung, 5/95, 10/90, 25/75% Perzentil, Median.

2.2. Natürliche Proben

Die Ergebnisse der Homogenitätsuntersuchung sind analog zu den synthetischen Proben grafisch dargestellt (**Abbildung 6**). Die Zählergebnisse für *Peridinium* sp. schwankten zwischen 162 und 192 Zellen/25 ml. Mit $p=0,151$ wurde auch bei diesem Testmaterial eine homogene Verteilung auf die Probenflaschen festgestellt

(Tabelle 4). Die Gleichheit der Varianzen war nicht gegeben (Levene Statistik $p=0,041$). Ein im Anschluss durchgeführter Mann-Whitney U-Test bestätigte jedoch das Ergebnis der ANOVA ($p=0,154$).

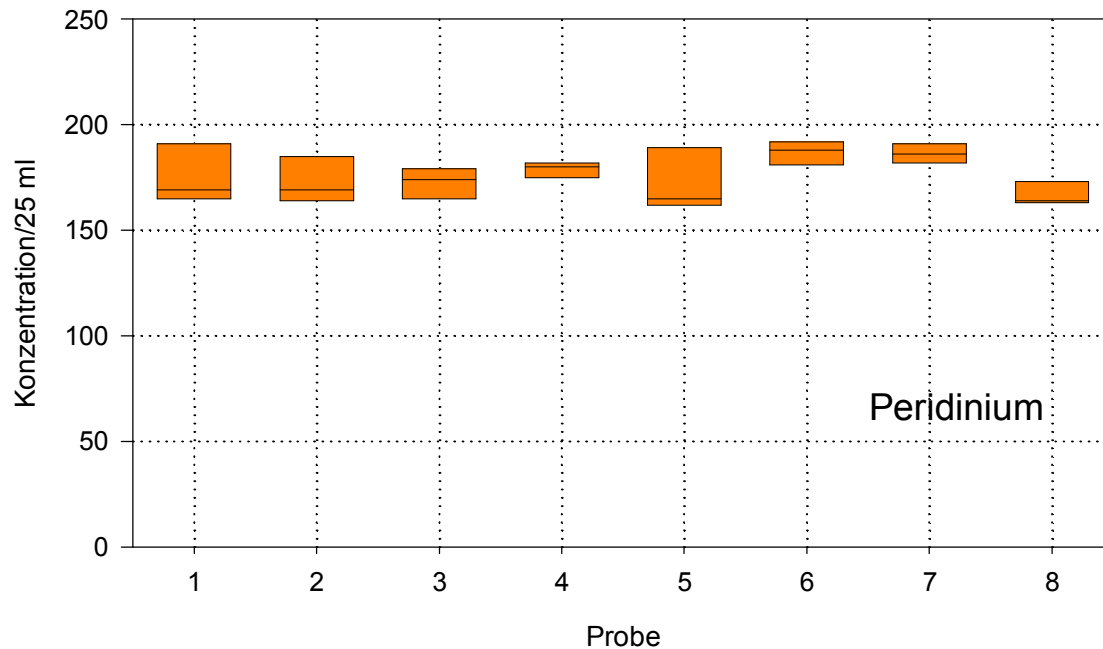


Abbildung 6: Homogenitätsuntersuchung der natürlichen Probe (je Probe N=3).

Tabelle 4: Homogenitätsuntersuchung natürlichen Probe, Ergebnisse ANOVA.

Peridinium	Quadratsumme	df	Mittel der Quadrate	F	Signifikanz
Zwischen den Gruppen	1085,167	7	155,024	1,823	0,151
Innerhalb der Gruppen	1360,667	16	85,042		
Gesamt	2445,833	23			

Analog zu den Mikropartikeln wurde auch für die ermittelten Zellzahlen von *Peridinium* ein Mann-Whitney U-Test durchgeführt. Dabei zeigten sich keine signifikanten Unterschiede zwischen den Ergebnissen der Homogenitätsuntersuchung und den Ergebnissen der Teilnehmer ($p=0,06$). Die Ergebnisse aller Teilnehmer schwanken zwischen 2 und 18.931 Zellen/L. Die im Rahmen des Homogenitätstest ermittelten Zellzahlen schwanken zwischen 6.480 und 7.680 Zellen/L.

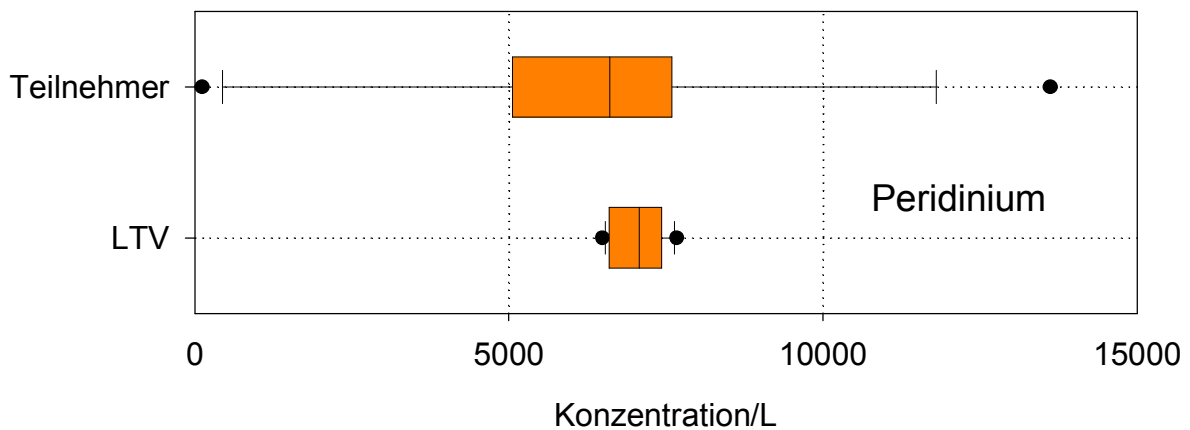


Abbildung 7: Natürliche Probe (*Peridinium*), Vergleich der Zählergebnisse zwischen den Teilnehmern und den Ergebnissen der Homogenitätzzählung, 5/95, 10/90, 25/75% Perzentil, Median.

2.3. Ergänzende Statistik

Einfache Varianzanalysen sind zur Homogenitätsüberprüfung unter Umständen – d.h. bei zu geringer als auch bei zu hoher analytischer Präzision – problematisch. Des Weiteren wird die Zwischen-Proben-Varianz aufgrund der relativ hohen Anzahl von Freiheitsgraden oft nicht ausreichend genau ermittelt. Darüber hinaus liegt die Präzision eines einzelnen Labors oft bei ca. 30%, welche entsprechend Protocol for Proficiency Testing (Thompson et al. 2006) als Zielstandardabweichung gefordert ist. Die Ergebnisse der Homogenitätzzählungen wurden deshalb zusätzlich mit dem Fearn-Test überprüft (Fearn & Thomson 2001), der dieser Problematik entsprechend Rechnung trägt. Im Ergebnis dieser Analyse zeigte sich, dass die geschätzten Varianzen zwischen den Proben sowohl bei den synthetischen als auch bei den natürlichen Proben geringer als der jeweils kritische Wert der Testvariablen nach Fearn & Thomson (2001) waren. Insofern bestätigen auch die Ergebnisse des Fearn-Tests eine ausreichende Homogenität sowohl der synthetischen als auch der natürlichen Proben. Die dem Test zugrunde liegende Zielstandardabweichung wurde aus der Vergleichsstandardabweichung vorangegangener Laborvergleichsuntersuchungen (Meybohm et al. 2005, 2008) abgeleitet.

3. Ergebnisse

3.1. Komponente 1: Synthetische Probe

3.1.1. Konzentration, Volumenkonzentration und Vermessung der Mikropartikel

Nachfolgende Abbildungen zeigen die Ergebnisse der Ringversuchsteilnehmer. In die Abbildungen wurden jeweils die Einzelwerte, der Labormittelwert, die Standardabweichung, der robuste Mittelwert sowie die obere und untere Toleranzgrenze eingetragen.

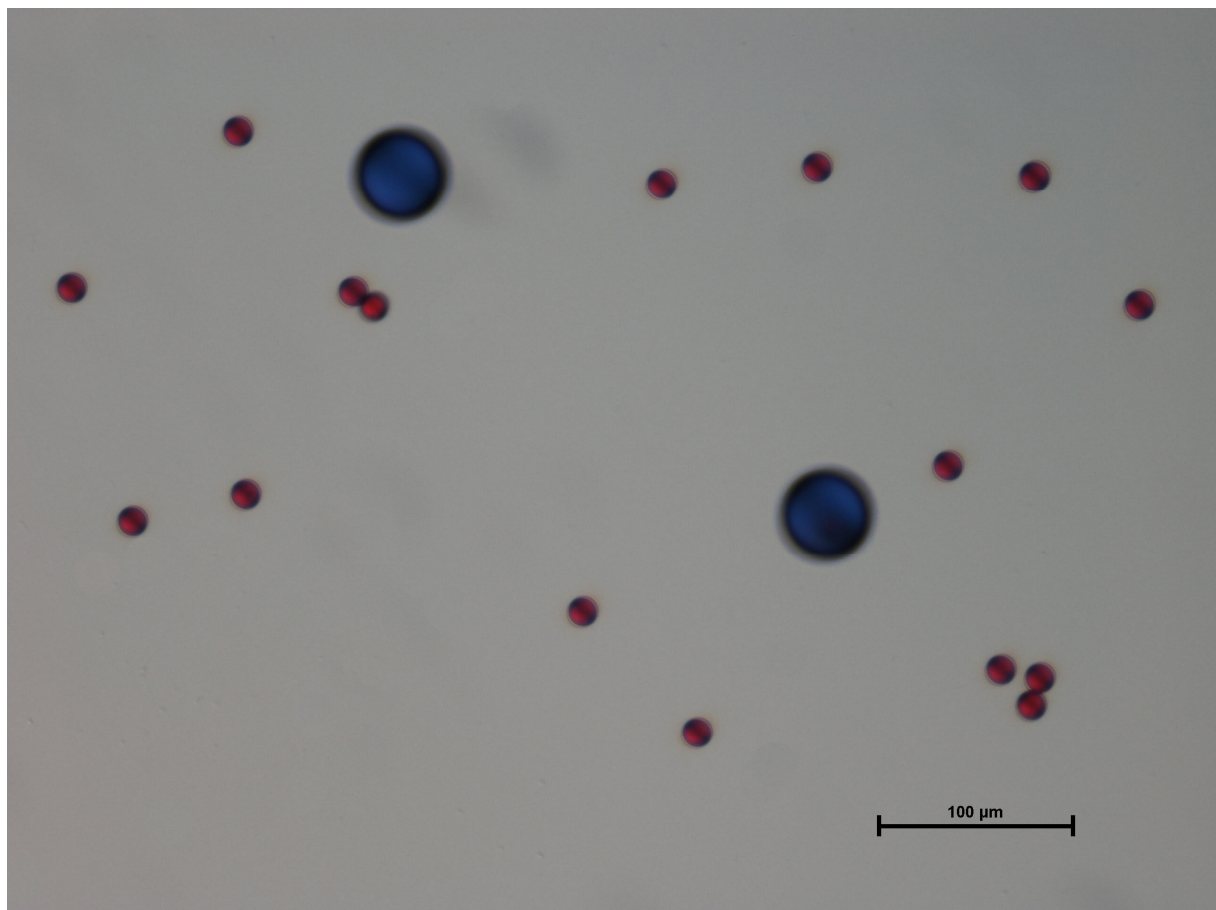


Abbildung 8: Synthetische Proben und deren Testmaterialien (blaue Mikropartikel [32,2 μm] und rote Mikropartikel [10,12 μm]) .

Probe:	Synthetische Probe	Robuster Mittelwert:	814.285 Partikel/l
Merkmal:	Mikropartikel 10,12 µm	Rel. Vergleichs - STD:	41,86%
Methode:	DIN 38405 A45	Rel. Wiederhol - STD:	11,73%
Anzahl der Teilnehmer:	49	Toleranzgrenzen (Zu-score <2,0):	248.418 - 1.689.264 Partikel/l

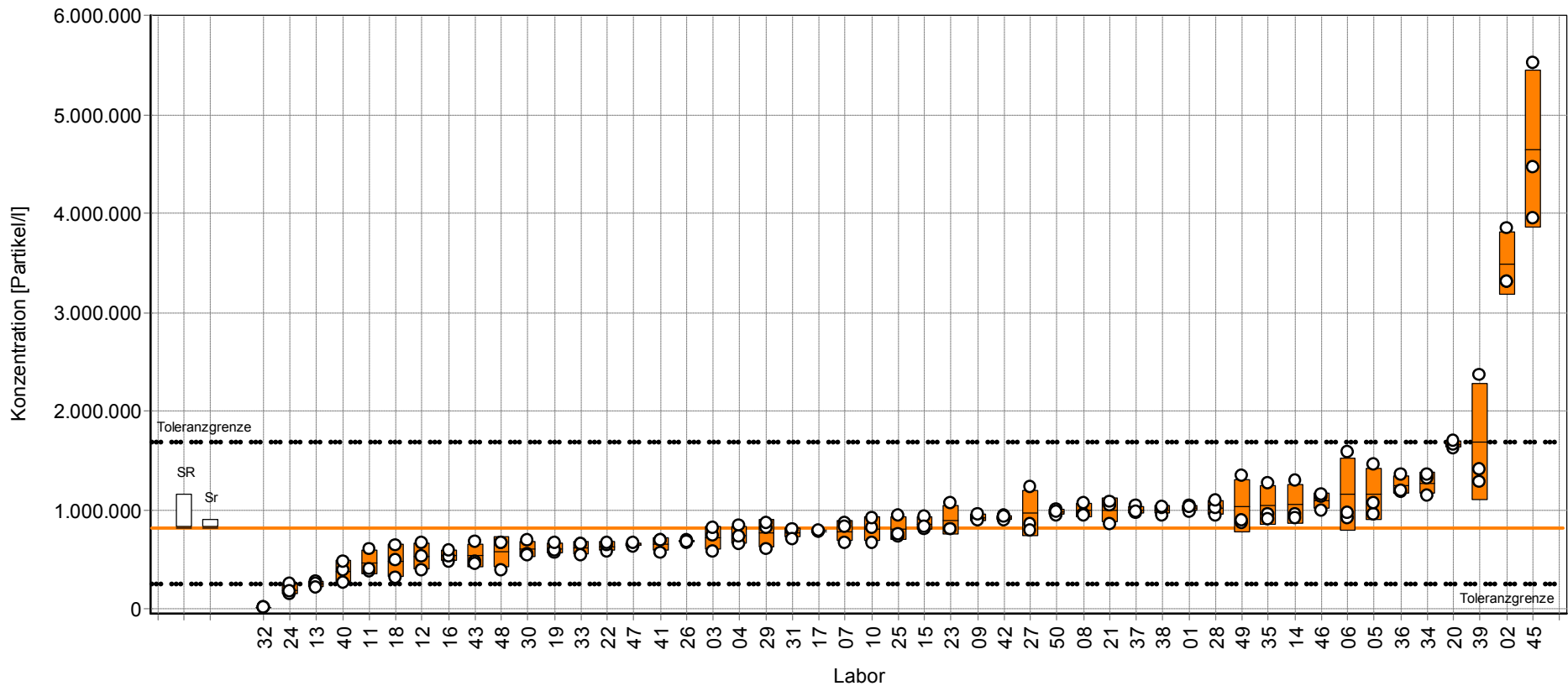


Abbildung 9: Ergebnisse der Konzentrationsbestimmung der Mikropartikel 10,12 µm, Labormittelwert, Standardabweichung (orange-Boxen), robuster Mittelwert (orangene Linie) sowie untere und obere Toleranzgrenze.

Probe:	Synthetische Probe	Robuster Mittelwert:	0,463 mm ³ /l
Merkmal:	Mikropartikel 10,12 µm	Rel. Vergleichs - STD:	69,76%
Methode:	DIN 38405 A45	Rel. Wiederhol - STD:	15,63%
Anzahl der Teilnehmer:	49	Toleranzgrenzen (Zu-score <2,0):	0,074 - 1,332 mm ³ /l

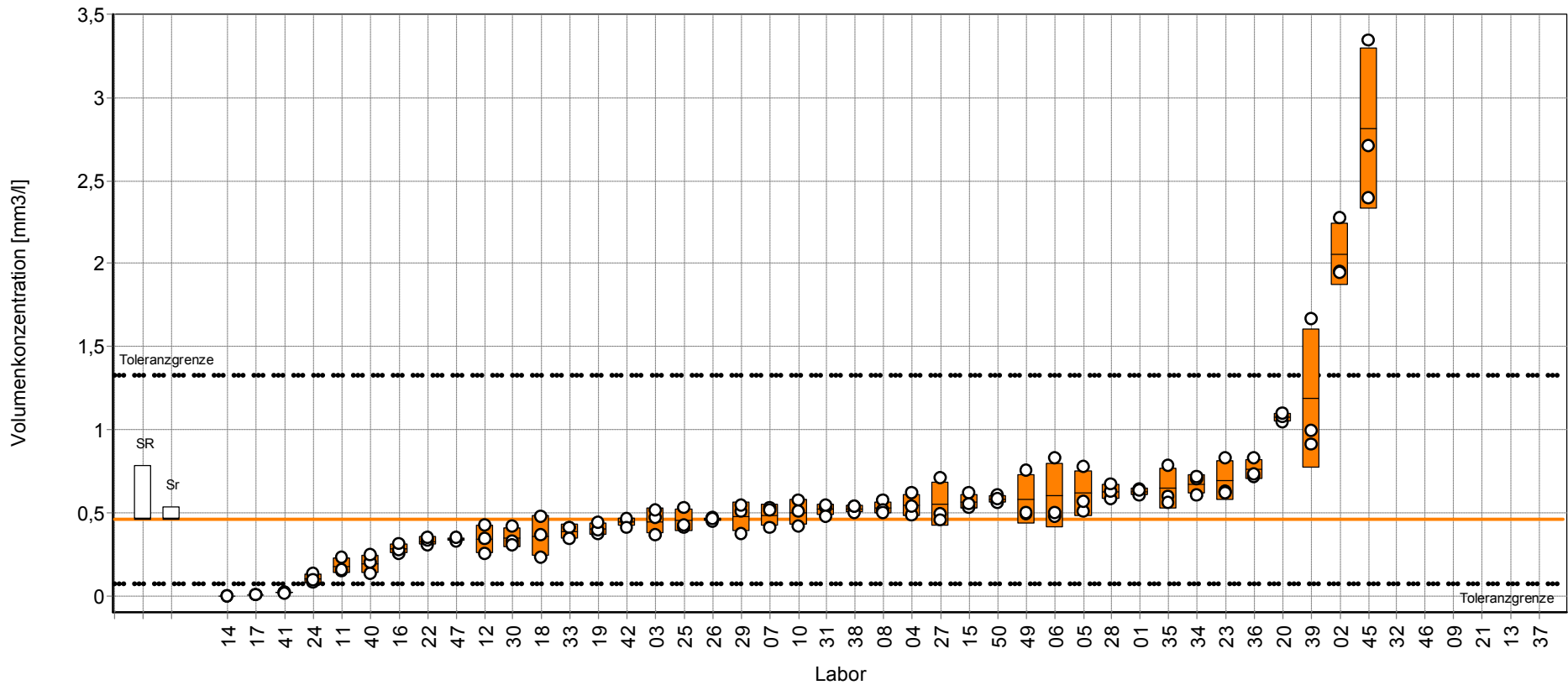


Abbildung 10: Ergebnisse der Volumenkonzentrationsbestimmung der Mikropartikel 10,12 µm, Labormittelwert, Standardabweichung (Boxen), robuster Mittelwert (orangene Linie) sowie untere und obere Toleranzgrenze (L 32: 243, L46: 544, L09: 1406;L21: 591.331, L13: 331.313.333, L37: 590.296.905 mm³/l).

Probe:	Synthetische Probe	Robuster Mittelwert:	18.412 Partikel/l
Merkmal:	Mikropartikel 32,2 µm	Rel. Vergleichs - STD:	40,4%
Methode:	DIN 38405 A45	Rel. Wiederhol - STD:	16,4%
Anzahl der Teilnehmer:	49	Toleranzgrenzen (Zu-score <2,0):	5.913 - 37.397 Partikel/l

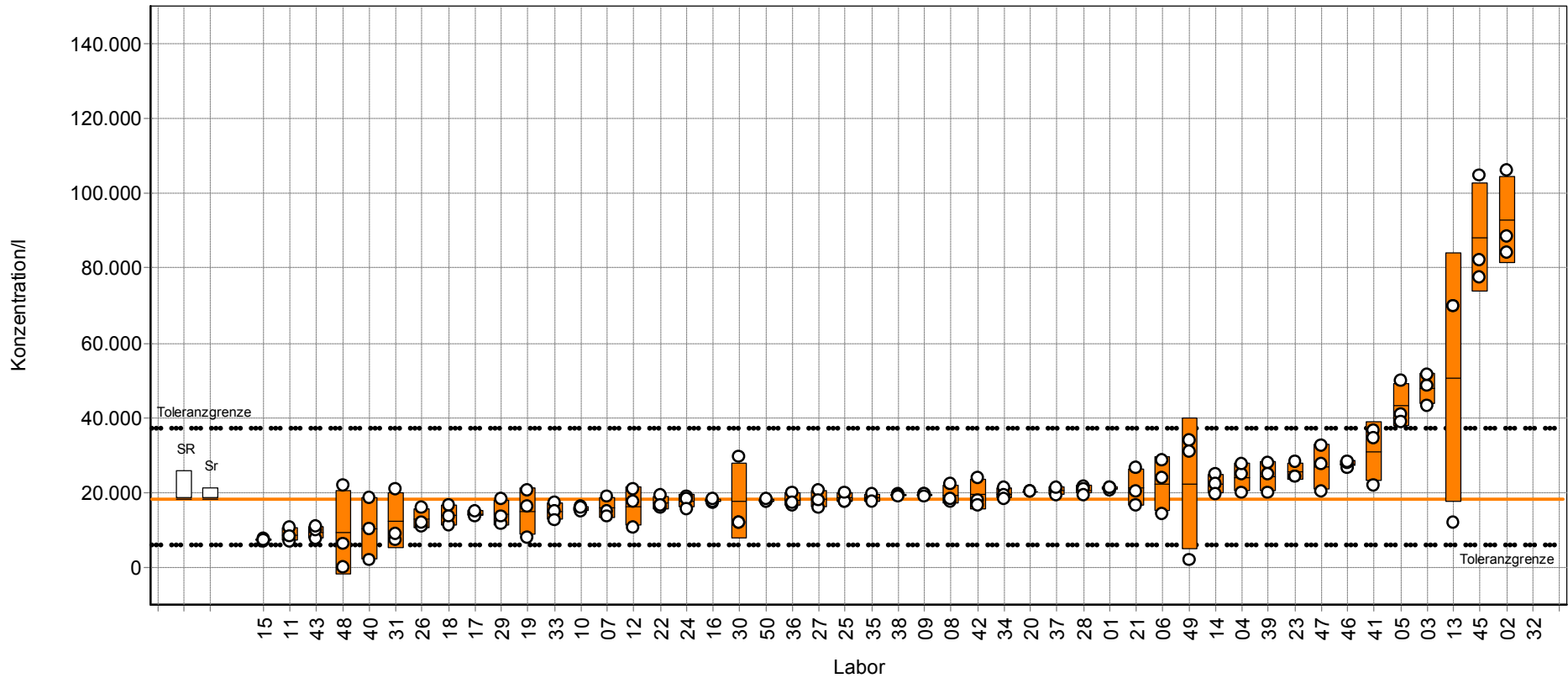


Abbildung 11: Ergebnisse der Konzentrationsbestimmung der Mikropartikel 32,2 µm, Labormittelwert, Standardabweichung (Boxen), robuster Mittelwert (orangene Linie) sowie untere und obere Toleranzgrenze (L32: 1.056.533 /l).

Probe:	Synthetische Probe	Robuster Mittelwert:	0,297 mm ³ /l
Merkmal:	Mikropartikel 32,2 µm	Rel. Vergleichs - STD:	62,43%
Methode:	DIN 38405 A45	Rel. Wiederhol - STD:	19,66%
Anzahl der Teilnehmer:	49	Toleranzgrenzen (Zu-score <2,0):	0,053 - 0,792 mm ³ /l

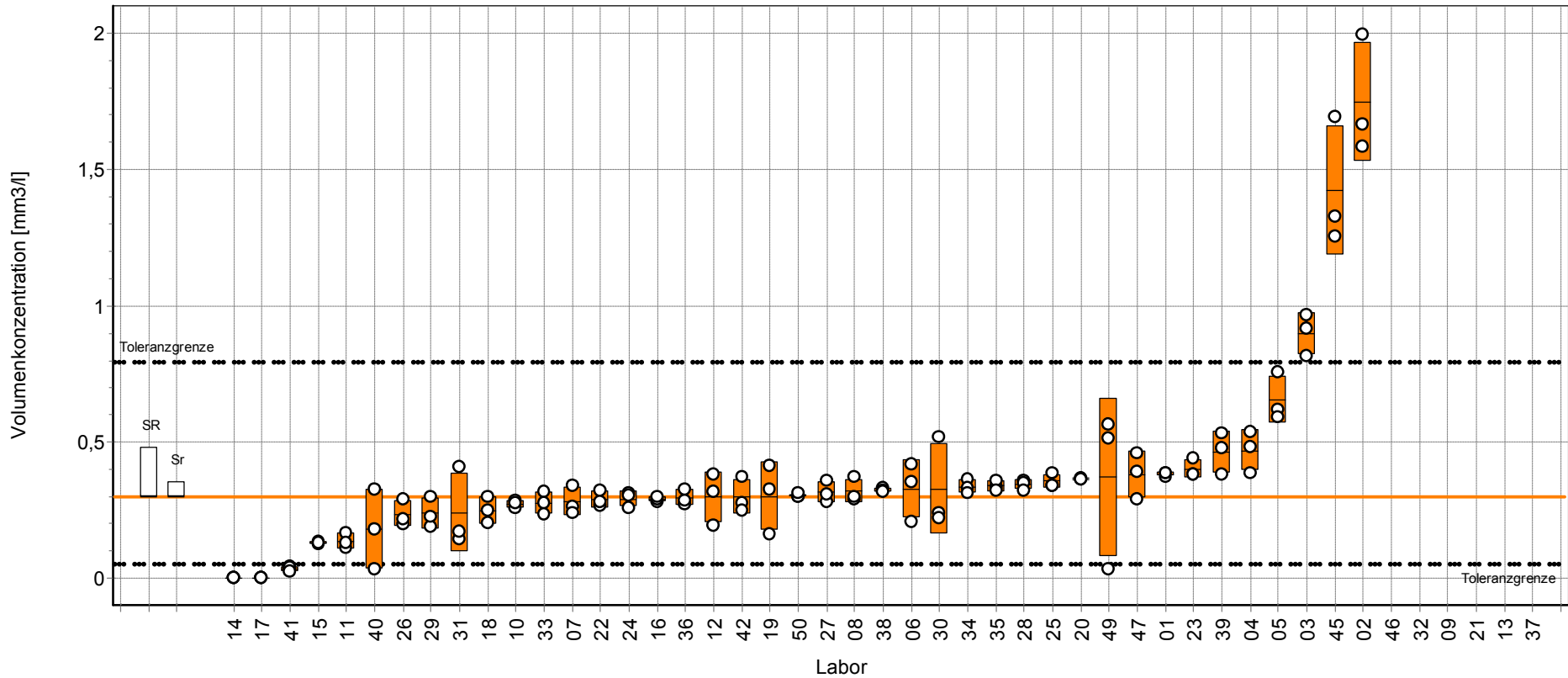


Abbildung 12: Ergebnisse der Volumenkonzentrationsbestimmung der Mikropartikel 32,2 µm, Labormittelwert, Standardabweichung (Boxen), robuster Mittelwert (orangene Linie) sowie untere und obere Toleranzgrenze (L46: 475, L32: 586, L09: 285.377, L21: 369.794, L13: 106.574.333, L37: 275.643.680 mm³/l) .

Probe:	Synthetische Probe	Referenzwert:	10,12 μm
Merkmal:	Mikropartikel 10,12 μm	Rel. Vergleichs - STD:	5,43%
Methode:	DIN 38405 A45	Rel. Wiederhol - STD:	2,27%
Anzahl der Teilnehmer:	49	Toleranzgrenzen (Zu-score <2,0):	9,05 - 11,25 μm

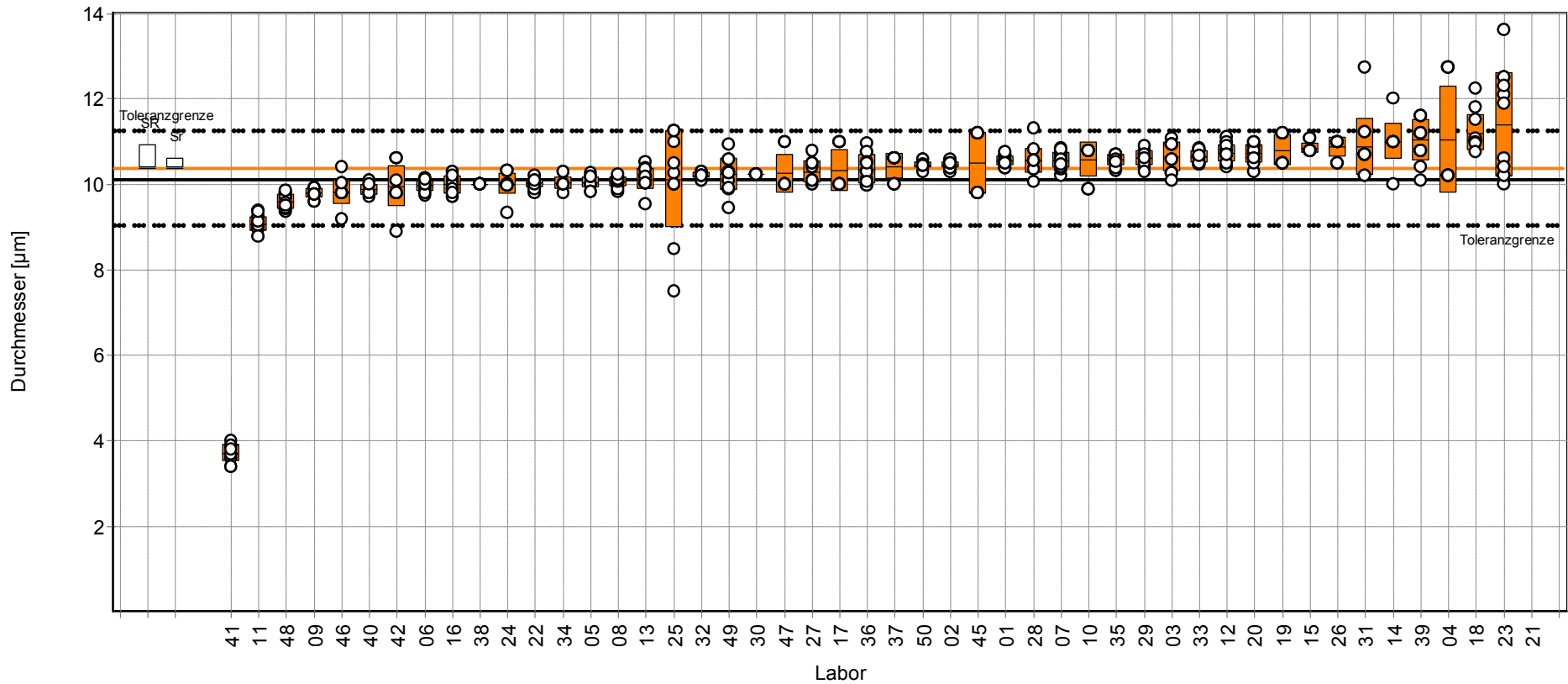


Abbildung 13: Ergebnisse der Vermessung der Mikropartikel 10,12 μm , Labormittelwert, Standardabweichung, Referenzwert (schwarze Linie), robuster Mittelwert (orangene Linie) sowie untere und obere Toleranzgrenze (L21: 597,5 μm).

Probe:	Synthetische Probe	Referenzwert:	32,2 µm
Merkmal:	Mikropartikel 32,2 µm	Rel. Vergleichs - STD:	5,59%
Methode:	DIN 38405 A45	Rel. Wiederhol - STD:	1,78%
Anzahl der Teilnehmer:	49	Toleranzgrenzen (Zu-score <2,0):	29,93 - 34,56 µm

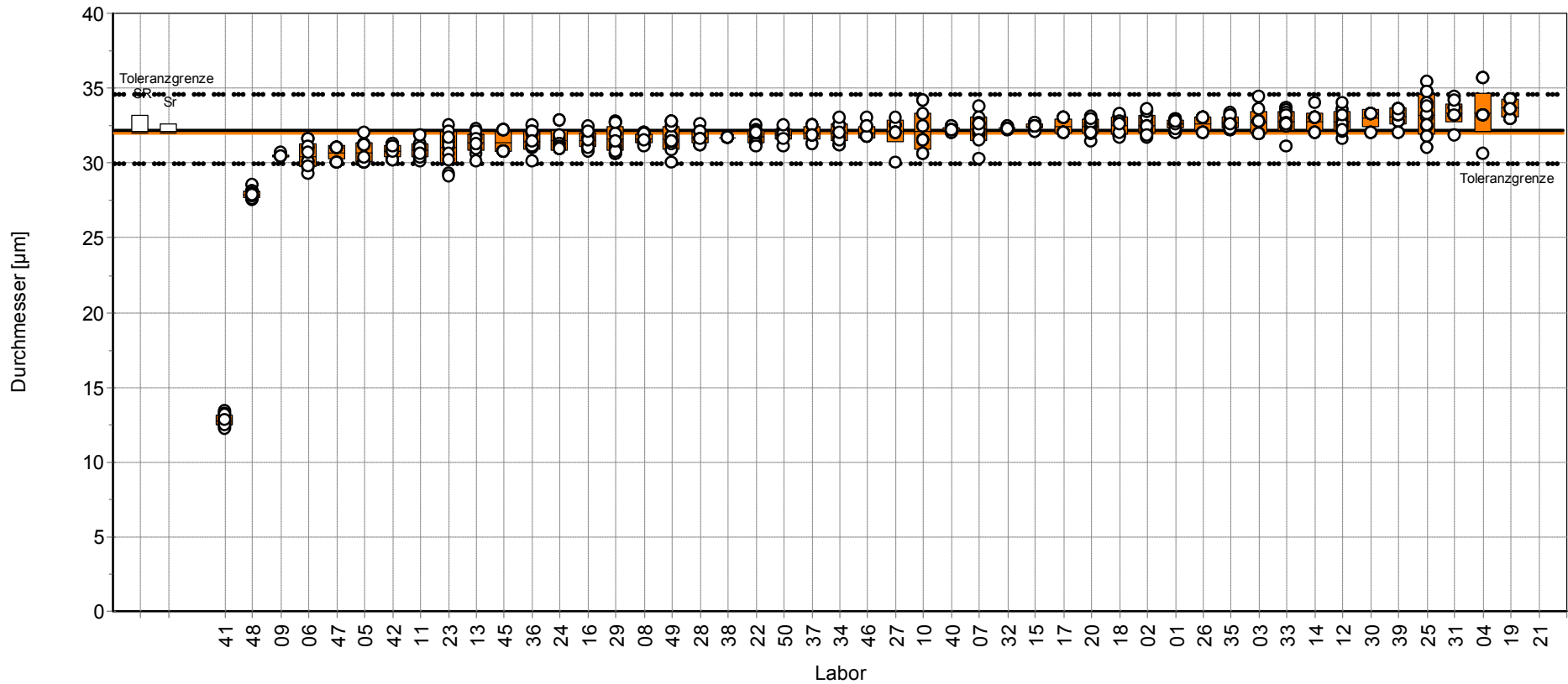


Abbildung 14: Ergebnisse der Vermessung der Mikropartikel 32,2 µm, Labormittelwert, Standardabweichung, Referenzwert (schwarze Linie), robuster Mittelwert (orangene Linie) sowie untere und obere Toleranzgrenze (L21: 17.461 µm).

3.2. Komponente 2: Natürliche Probe

3.2.1. Zellzahlen

Nachfolgende Abbildungen zeigen die Ergebnisse der Zellzahlbestimmung in der natürlichen Probe. Als Erstes sind die Ergebnisse der Gesamtzellzahl dargestellt. Die weiteren Grafiken in diesem Abschnitt bilden die Ergebnisse auf der Ebene der Algenklassen ab. In die Abbildungen sind jeweils die obere und untere Toleranzgrenze sowie der robuste Mittelwert eingetragen.

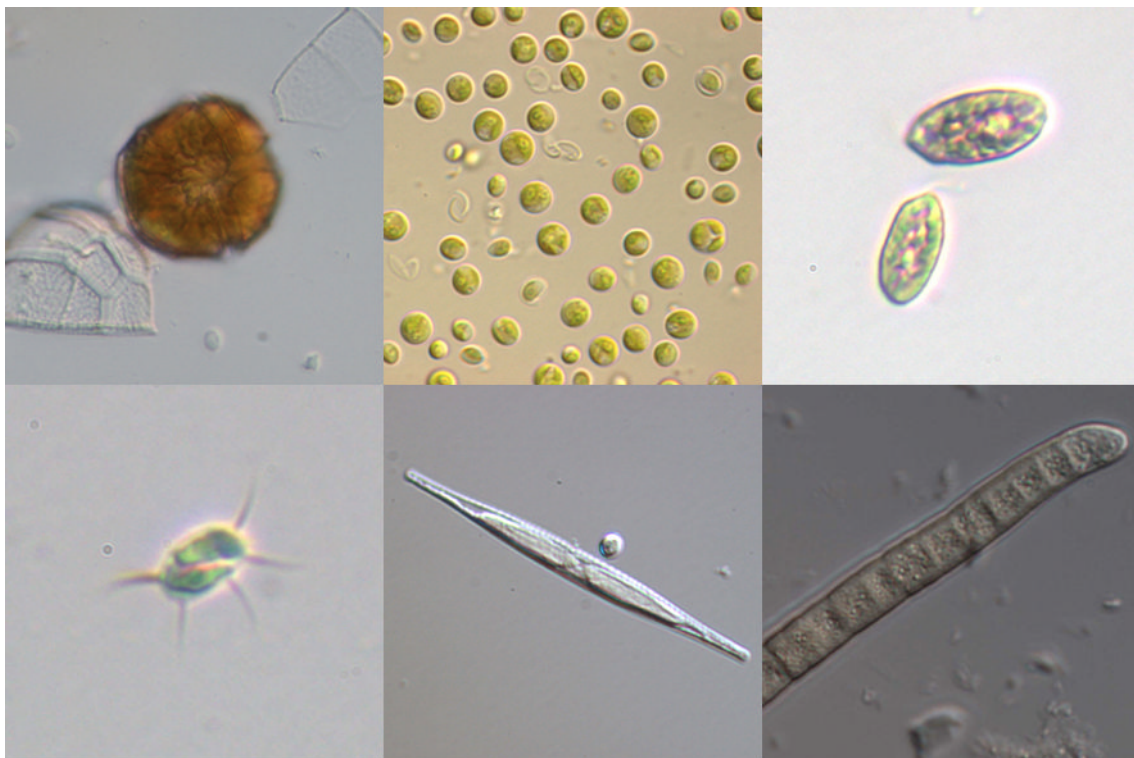


Abbildung 15: Natürliche Probe und deren Testmaterialien (*Peridinium cinctum*, *Chlorella minutissima*, *Cryptomonas lucens*, *Desmodesmus subspicatus*, *Nitzschia* sp. und *Planktothrix* sp.).

Probe:	Natürliche Planktonprobe	Robuster Mittelwert:	4.512.817 Zellen/l
Merkmal:	Gesamtzellzahl	Rel. Vergleichs - STD:	63,93%
Methode:	DIN 38405 A45	Rel. Wiederhol - STD:	9,52%
Anzahl der Teilnehmer:	49	Toleranzgrenzen (Zu-score <2,0):	782.351 - 12.239.643 Zellen/l

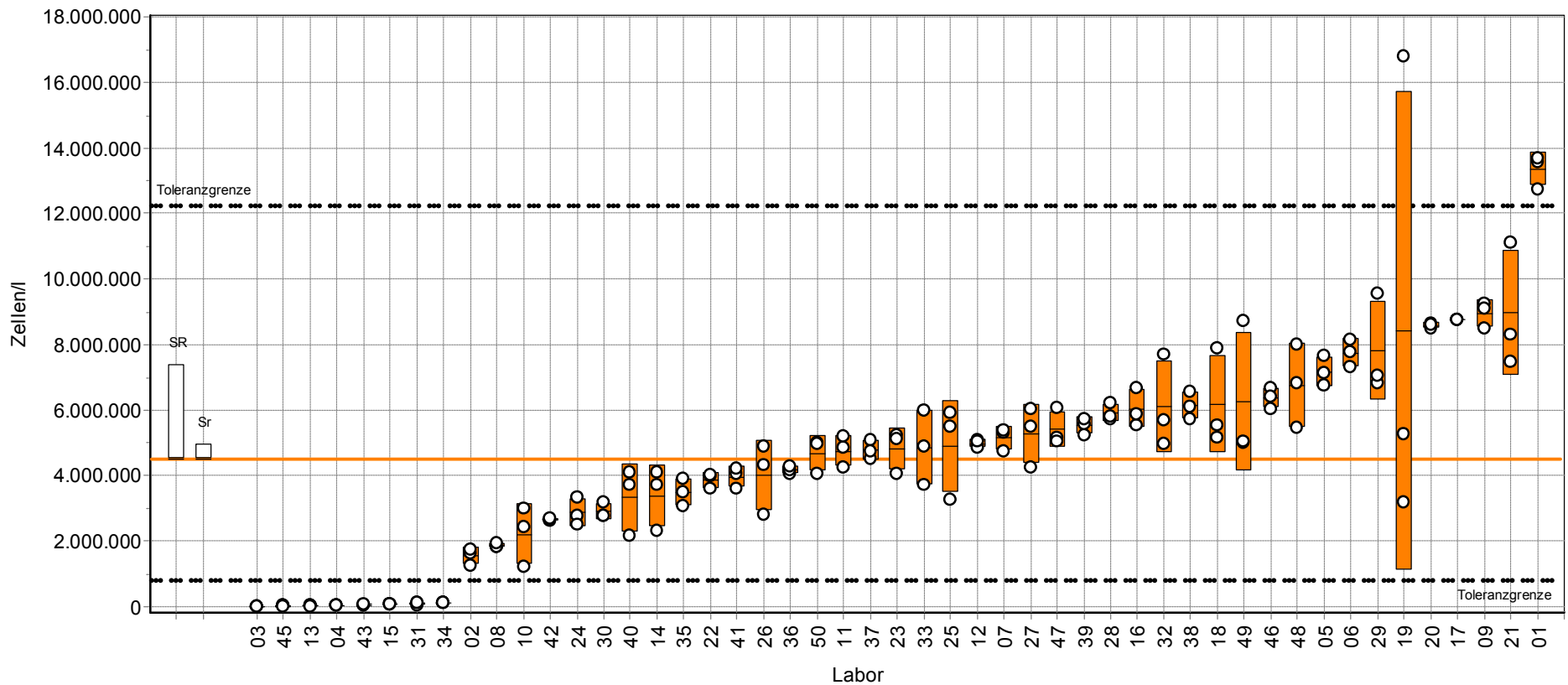


Abbildung 16: Ergebnisse der Gesamtzellzahlbestimmung der natürlichen Probe, Labormittelwert, Standardabweichung (orangene Boxen), robuster Mittelwert (orangene Linie) sowie untere und obere Toleranzgrenze.

Probe:	Natürliche Planktonprobe	Robuster Mittelwert:	2.685 Zellen/l
Merkmal:	Bacillariophyceae Abundanz	Rel. Vergleichs - STD:	69,80%
Methode:	DIN 38405 A45	Rel. Wiederhol - STD:	26,05%
Anzahl der Teilnehmer:	49	Toleranzgrenzen (Zu-score <2,0):	430 - 7.724 Zellen/l

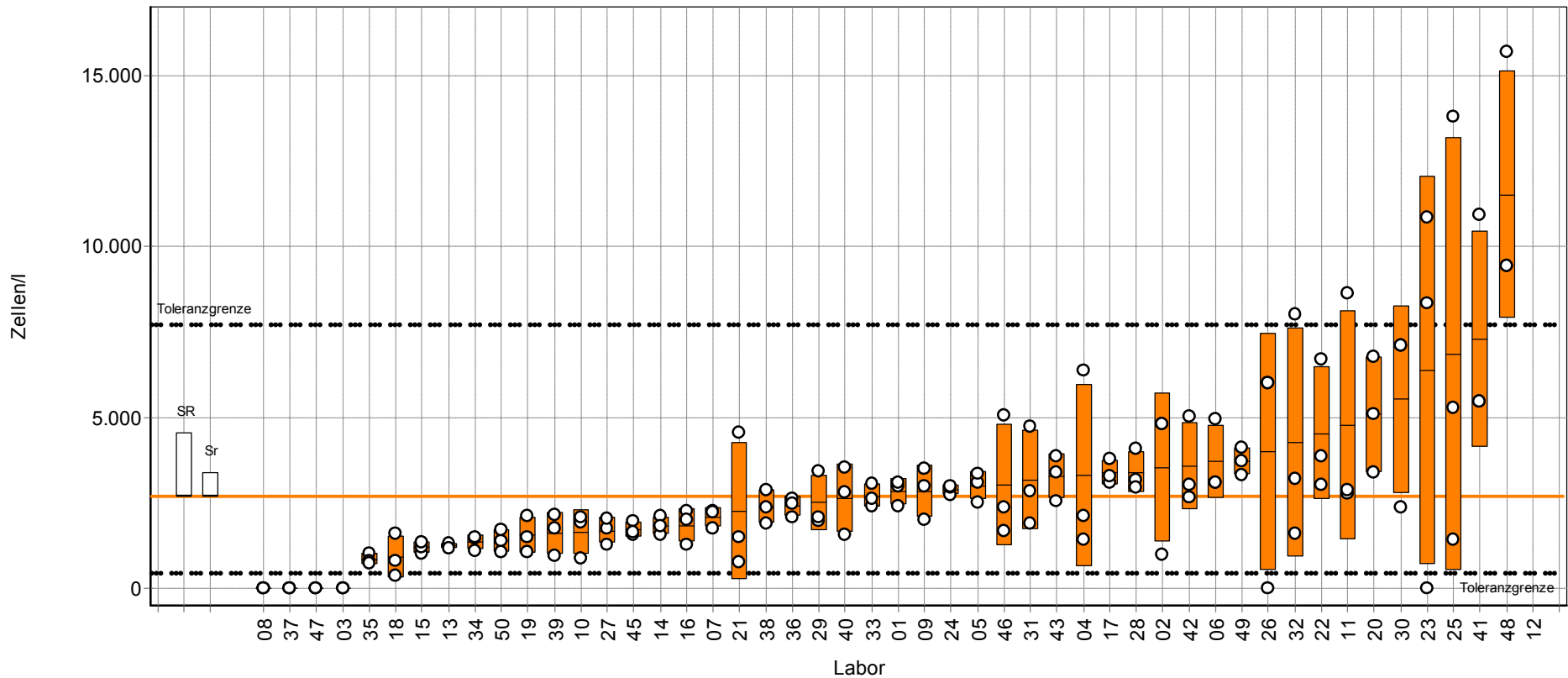


Abbildung 17: Ergebnisse der Zellzahlbestimmung der Bacillariophyceae in der natürlichen Probe, Labormittelwert, Standardabweichung (orangene Boxen), robuster Mittelwert (orangene Linie) sowie untere und obere Toleranzgrenze.

Probe:	Natürliche Planktonprobe	Robuster Mittelwert:	3.262.258 Zellen/l
Merkmal:	Chlorophyceae Abundanz	Rel. Vergleichs - STD:	86,86%
Methode:	DIN 38405 A45	Rel. Wiederhol - STD:	9,50%
Anzahl der Teilnehmer:	49	Toleranzgrenzen ($ Zu\text{-score} < 2,0$):	458570 - 10.929.453 Zellen/l

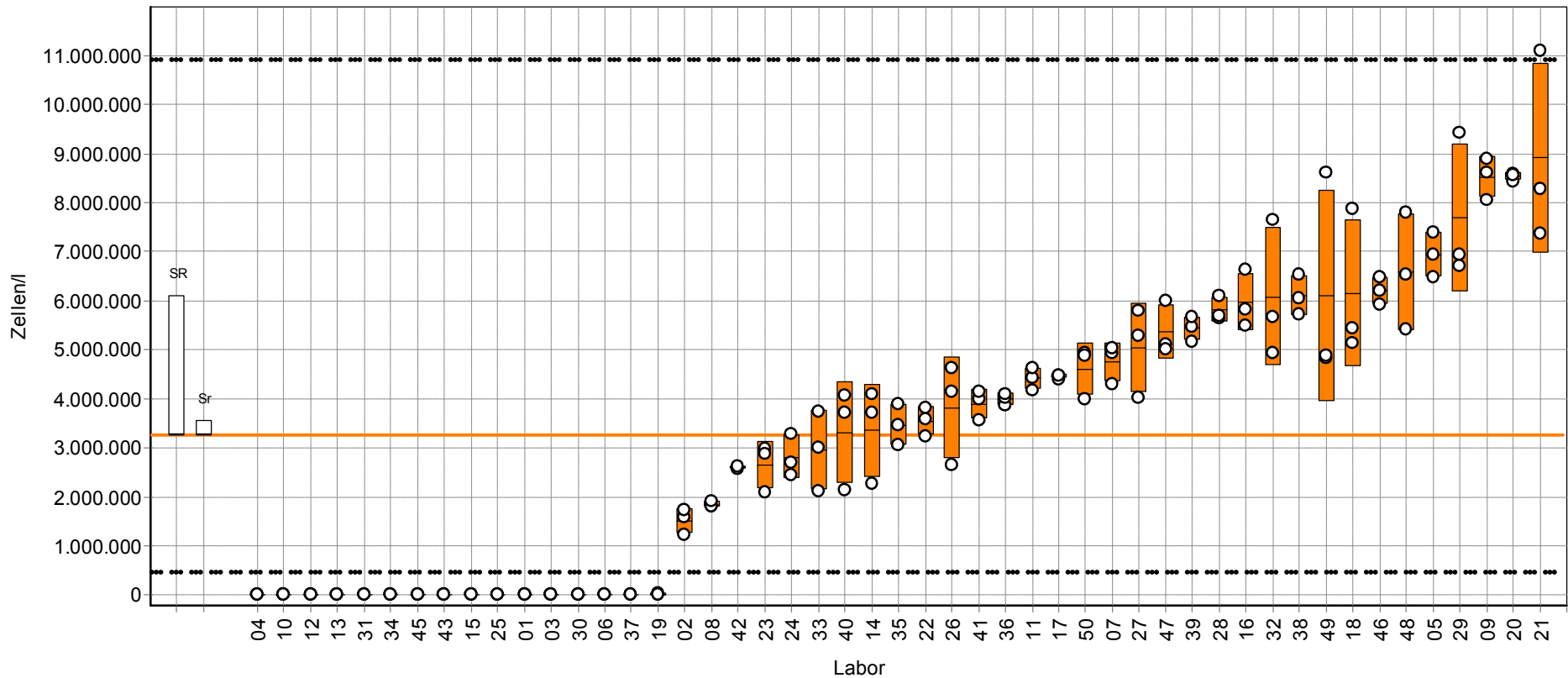


Abbildung 18: Ergebnisse der Zellzahlbestimmung der Chlorophyceae in der natürlichen Probe, Labormittelwert, Standardabweichung (orangene Boxen), robuster Mittelwert (orangene Linie) sowie untere und obere Toleranzgrenze.

Probe:	Natürliche Planktonprobe	Robuster Mittelwert:	6.575 Zellen/l
Merkmal:	Cryptophyceae Abundanz	Rel. Vergleichs - STD:	90,30%
Methode:	DIN 38405 A45	Rel. Wiederhol - STD:	28,56%
Anzahl der Teilnehmer:	49	Toleranzgrenzen ($ Zu\text{-score} < 2,0$):	912 - 22.656 Zellen/l

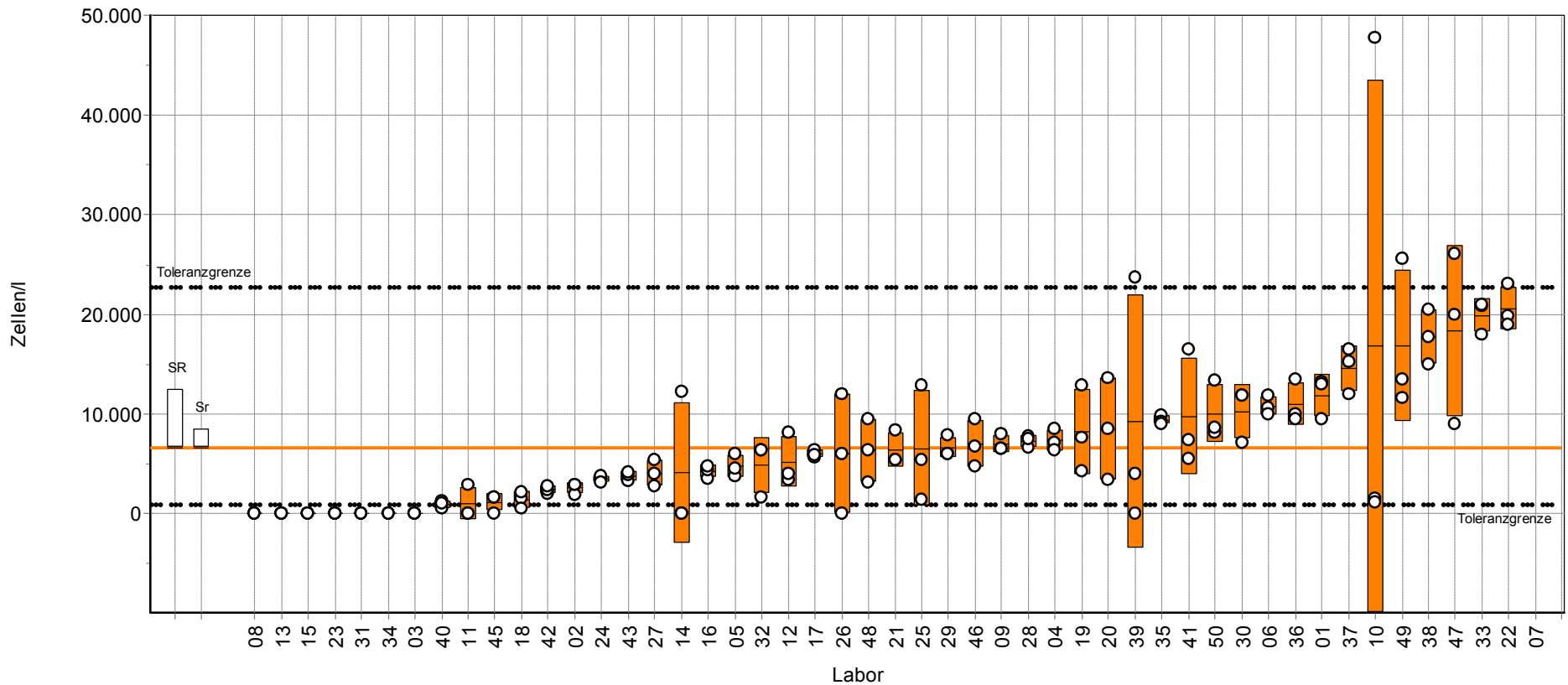


Abbildung 19: Ergebnisse der Zellzahlbestimmung der Cryptophyceae in der natürlichen Probe, Labormittelwert, Standardabweichung (orangene Boxen), robuster Mittelwert (orangene Linie) sowie untere und obere Toleranzgrenze.

Probe:	Natürliche Planktonprobe	Robuster Mittelwert:	48.559 Zellen/l
Merkmal:	Cyanophyceae Abundanz	Rel. Vergleichs - STD:	122,10%
Methode:	DIN 38405 A45	Rel. Wiederhol - STD:	23,77%
Anzahl der Teilnehmer:	49	Toleranzgrenzen ($ Zu\text{-score} < 2,0$):	6.551 - 210.283 Zellen/l

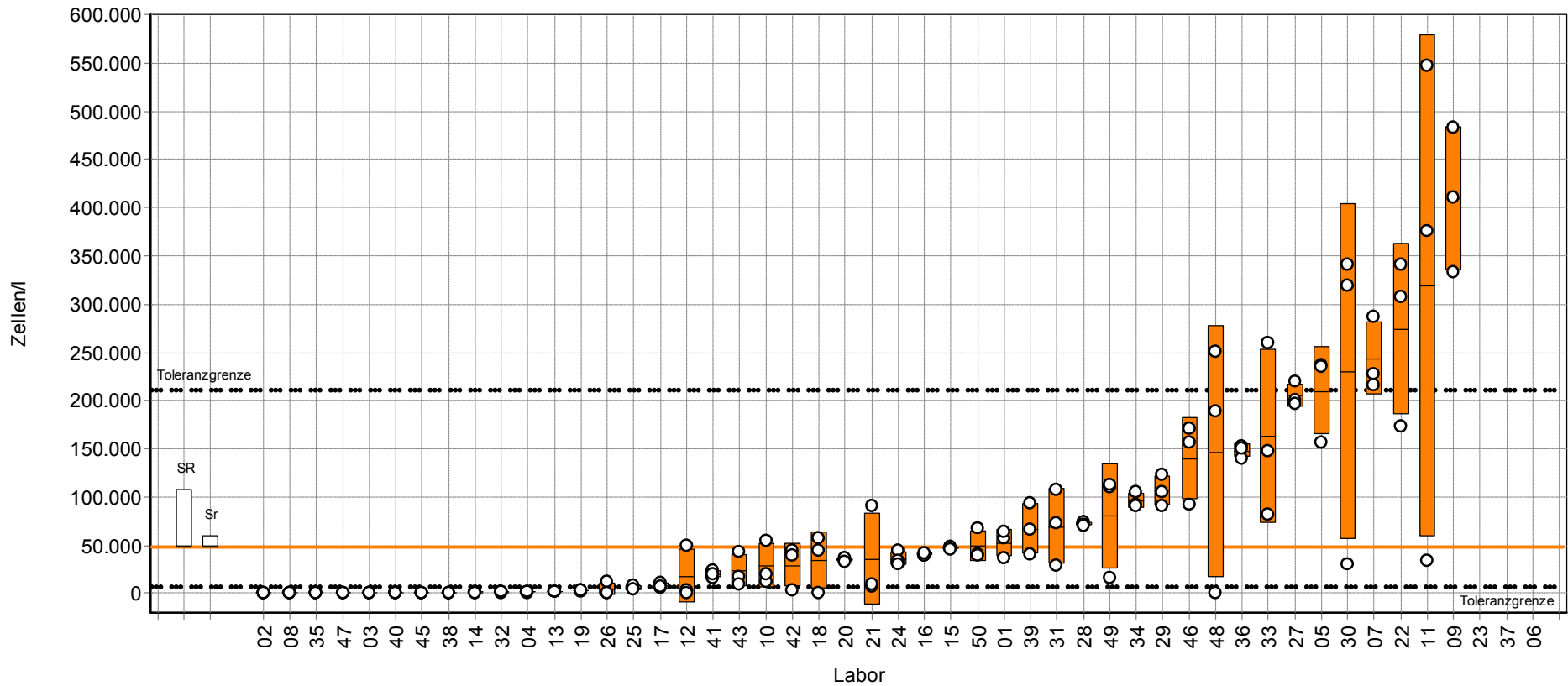


Abbildung 20: Ergebnisse der Zellzahlbestimmung der Cyanophyceae in der natürlichen Probe, Labormittelwert, Standardabweichung (orangene Boxen), robuster Mittelwert (orangene Linie) sowie untere und obere Toleranzgrenze.

Probe:	Natürliche Planktonprobe	Robuster Mittelwert:	7.126Zellen/l
Merkmal:	Dinophyceae Abundanz	Rel. Vergleichs - STD:	28,37%
Methode:	DIN 38405 A45	Rel. Wiederhol - STD:	13,18%
Anzahl der Teilnehmer:	49	Toleranzgrenzen ($ Zu\text{-score} < 2,0$):	3.513 - 11.927 Zellen/l

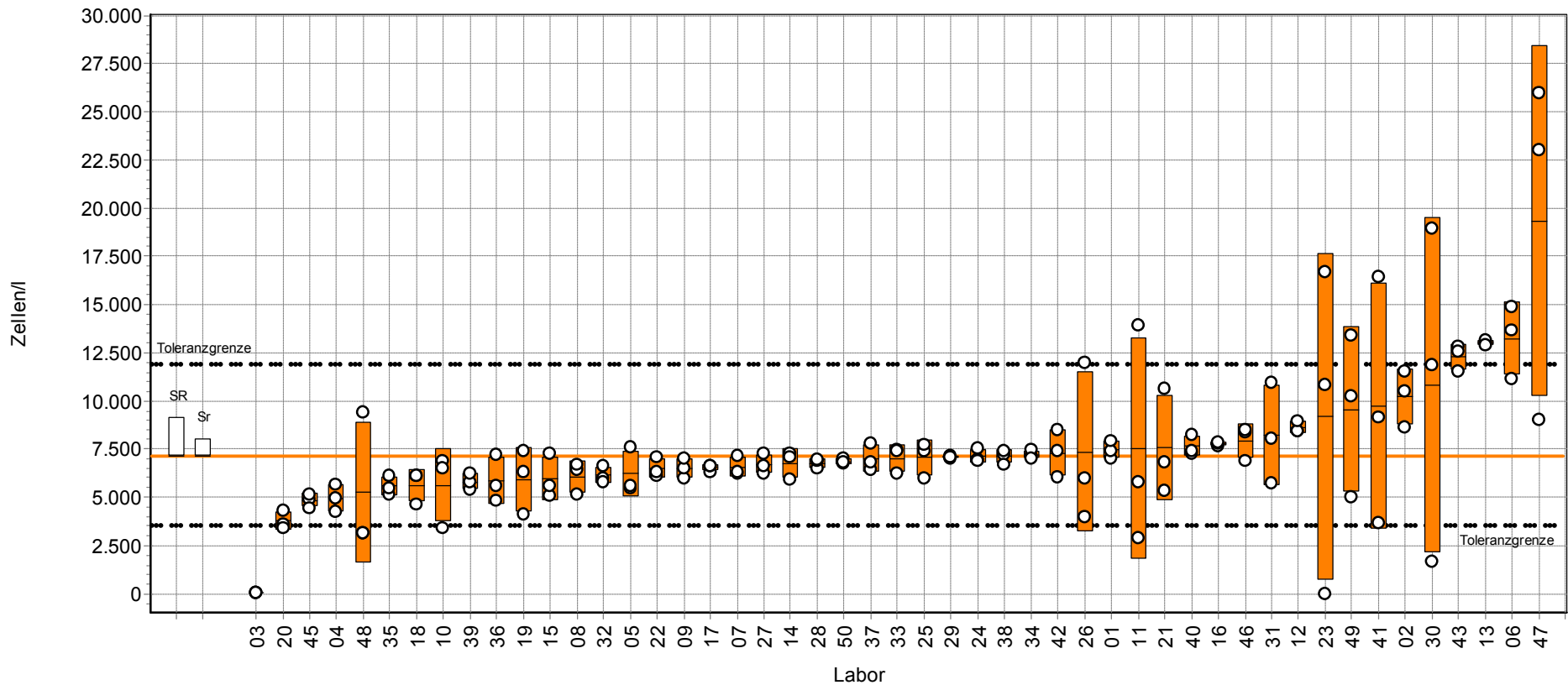


Abbildung 21: Ergebnisse der Zellzahlbestimmung der Dinophyceae in der natürlichen Probe, Labormittelwert, Standardabweichung (orangene Boxen), robuster Mittelwert (orangene Linie) sowie untere und obere Toleranzgrenze.

Probe:	Natürliche Planktonprobe	Robuster Mittelwert:	278 Zellen/l
Merkmal:	Übrige Klassen Abundanz	Rel. Vergleichs - STD:	9125,00%
Methode:	DIN 38405 A45	Rel. Wiederhol - STD:	9125,00%
Anzahl der Teilnehmer:	49	Toleranzgrenzen ($ Zu\text{-score} < 2,0$):	1.312 - 72.096 Zellen/l

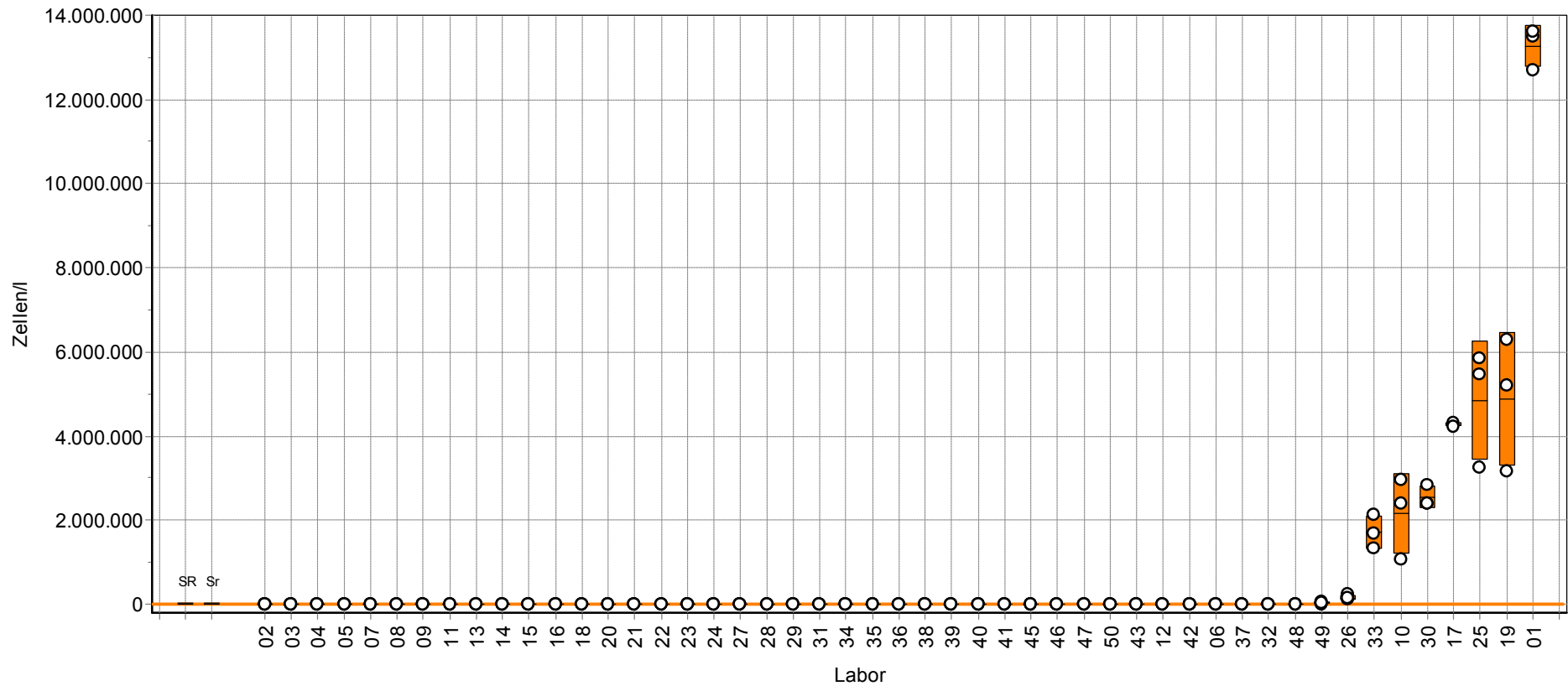


Abbildung 22: Ergebnisse der Zellzahlbestimmung der Übrigen Klassen in der natürlichen Probe, Labormittelwert, Standardabweichung (orangene Boxen) und robuster Mittelwert (orangene Linie).

3.2.2. Gesamtbiovolumen und Biovolumen der Algenklassen

Die Abbildungen in diesem Abschnitt zeigen die Ergebnisse der Gesamtbiovolumenbestimmung und die Biovolumen der einzelnen Algenklassen. Analog zu den vorherigen Darstellungen sind auch hier jeweils die obere und untere Toleranzgrenze sowie der robuste Mittelwert eingetragen.

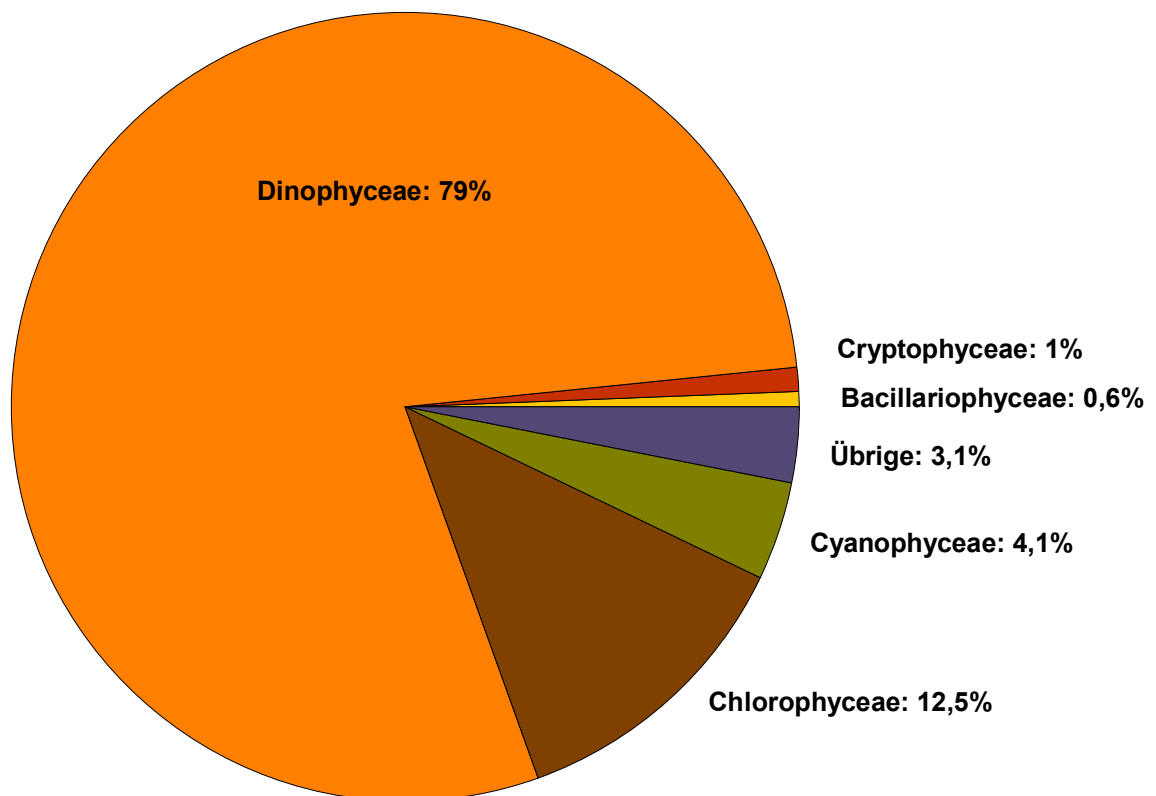


Abbildung 23: Biovolumenanteile der Algenklassen als Mittelwert der Ergebnisse aller Teilnehmer.

Probe:	Natürliche Planktonprobe	Robuster Mittelwert:	0,353 mm ³ /l
Merkmal:	Gesamt-Biovolumen	Rel. Vergleichs - STD:	66,89%
Methode:	DIN 38405 A45	Rel. Wiederhol - STD:	16,27%
Anzahl der Teilnehmer:	49	Toleranzgrenzen (Zu-score <2,0):	0,059 - 0,986 mm ³ /l

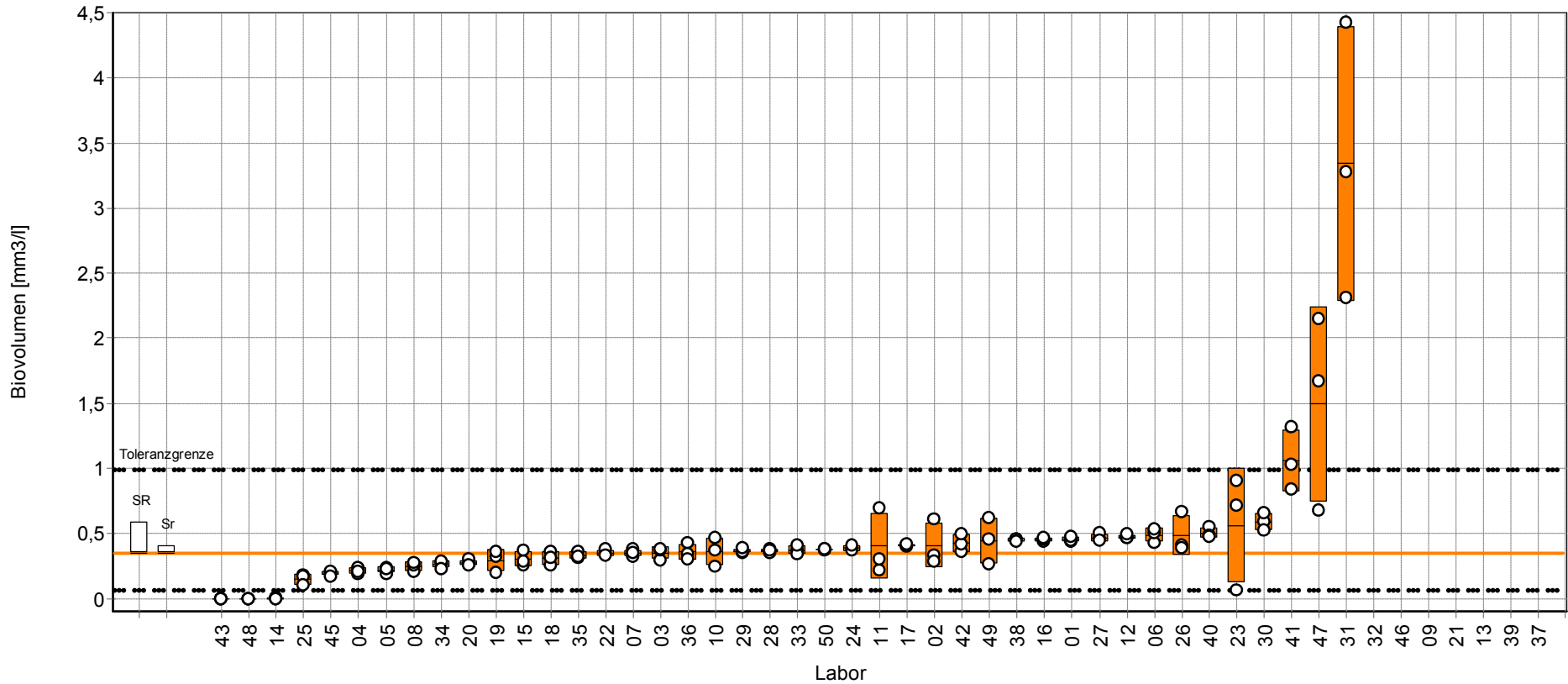


Abbildung 24: Ergebnisse der Gesamtbiovolumenbestimmung in der natürlichen Probe, Labormittelwert, Standardabweichung (orangene Boxen), robuster Mittelwert (orangene Linie) sowie untere und obere Toleranzgrenze (L32: 259, L46: 428, L09: 4.818, L21: 355.780, L13: 571.867, L39: 212.838.810, L37: 460.476.714 mm³/l) .

Probe:	Natürliche Planktonprobe	Robuster Mittelwert:	0,001mm ³ /l
Merkmal:	Bacillariophyceae Biovolumen	Rel. Vergleichs - STD:	118,77%
Method:	DIN 38405 A45	Rel. Wiederhol - STD:	36,33%
Anzahl der Teilnehmer:	49	Toleranzgrenzen (Zu-score <2,0):	0 - 0,003 mm ³ /l

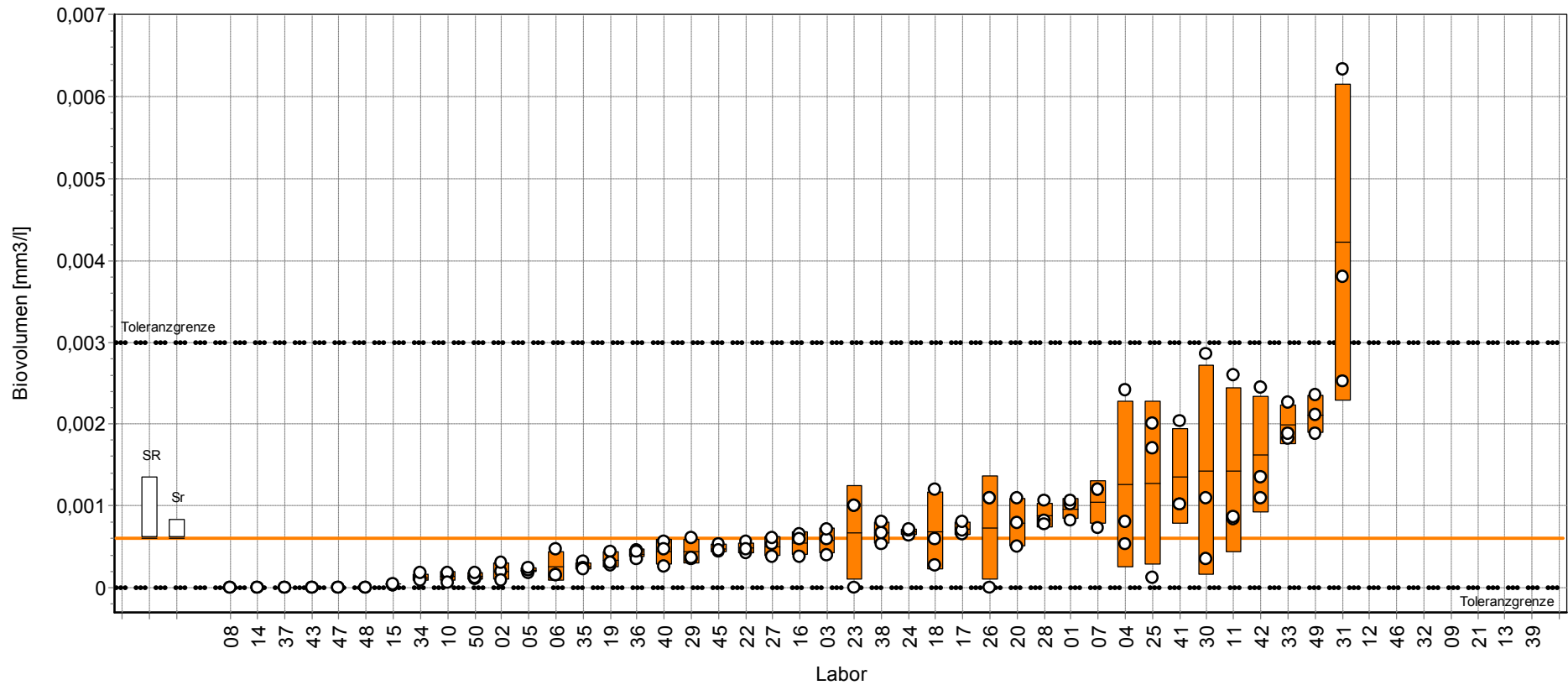


Abbildung 25: Biovolumen der Bacillariophyceae in der natürlichen Probe, Labormittelwert, Standardabweichung (orangene Boxen), robuster Mittelwert (orangene Linie) sowie untere und obere Toleranzgrenze (L12: 0,09, L46: 0,48, L32: 1,74, L09: 23,37, L21: 138,5, L13: 253,7, L39:1.845.307) .

Probe:	Natürliche Planktonprobe	Robuster Mittelwert:	0,041 mm ³ /l
Merkmal:	Chlorophyceae Biovolumen	Rel. Vergleichs - STD:	127,75%
Method:	DIN 38405 A45	Rel. Wiederhol - STD:	12,04%
Anzahl der Teilnehmer:	49	Toleranzgrenzen (Zu-score <2,0):	0,006 - 0,182 mm ³ /l

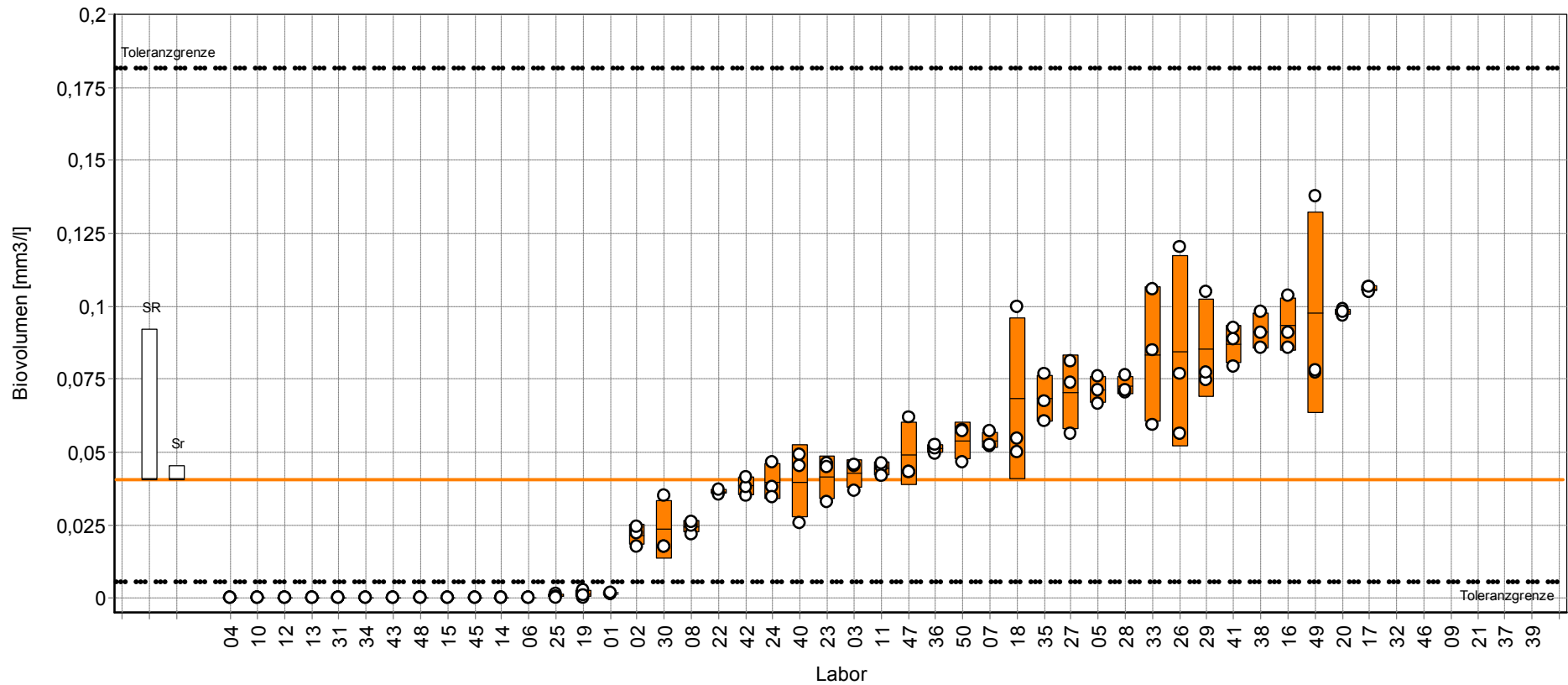


Abbildung 26: Biovolumen der Chlorophyceae in der natürlichen Probe, Labormittelwert, Standardabweichung (orangene Boxen), robuster Mittelwert (orangene Linie) sowie untere und obere Toleranzgrenze (L32: 27,04, L46: 91,5, L09: 1.140, L21: 106.938, L37: 1.022.624, L39: 56.186.095 mm³/l).

Probe:	Natürliche Planktonprobe	Robuster Mittelwert:	0,002 mm ³ /l
Merkmal:	Cryptophyceae Biovolumen	Rel. Vergleichs - STD:	130,67%
Methode:	DIN 38405 A45	Rel. Wiederhol - STD:	35,19%
Anzahl der Teilnehmer:	49	Toleranzgrenzen (Zu-score <2,0):	0,0003 - 0,0087 mm ³ /l

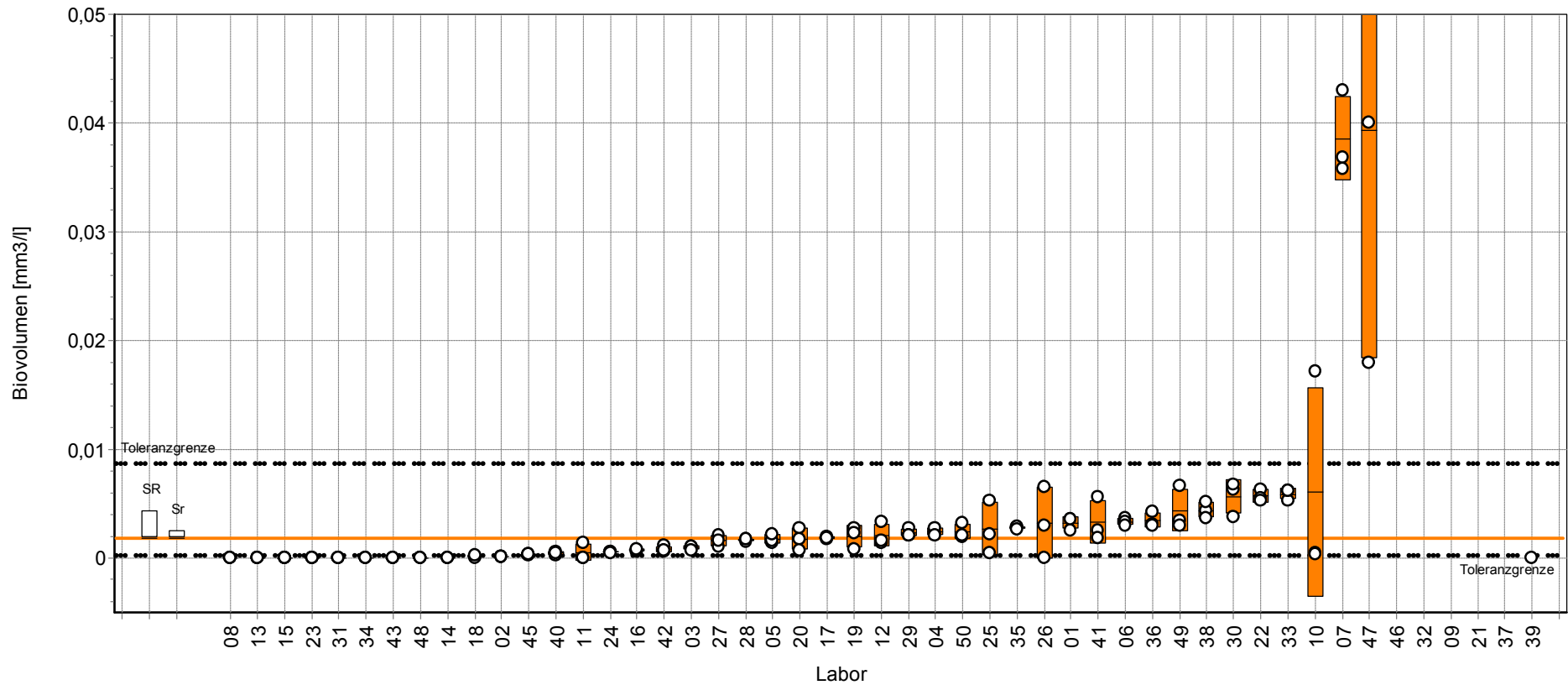


Abbildung 27: Biovolumen der Cryptophyceae in der natürlichen Probe, Labormittelwert, Standardabweichung (orangene Boxen), robuster Mittelwert (orangene Linie) sowie untere und obere Toleranzgrenze (L46: 1,86, L32: 2,47, L09: 57,5, L21: 1.885, L37: 7.222.996, L39: 12.582.556).

Probe:	Natürliche Planktonprobe	Robuster Mittelwert:	0,006 mm ³ /l
Merkmal:	Cyanophyceae Biovolumen	Rel. Vergleichs - STD:	146,81%
Methode:	DIN 38405 A45	Rel. Wiederhol - STD:	46,24%
Anzahl der Teilnehmer:	49	Toleranzgrenzen (Zu-score <2,0):	0,001 - 0,028 mm ³ /l

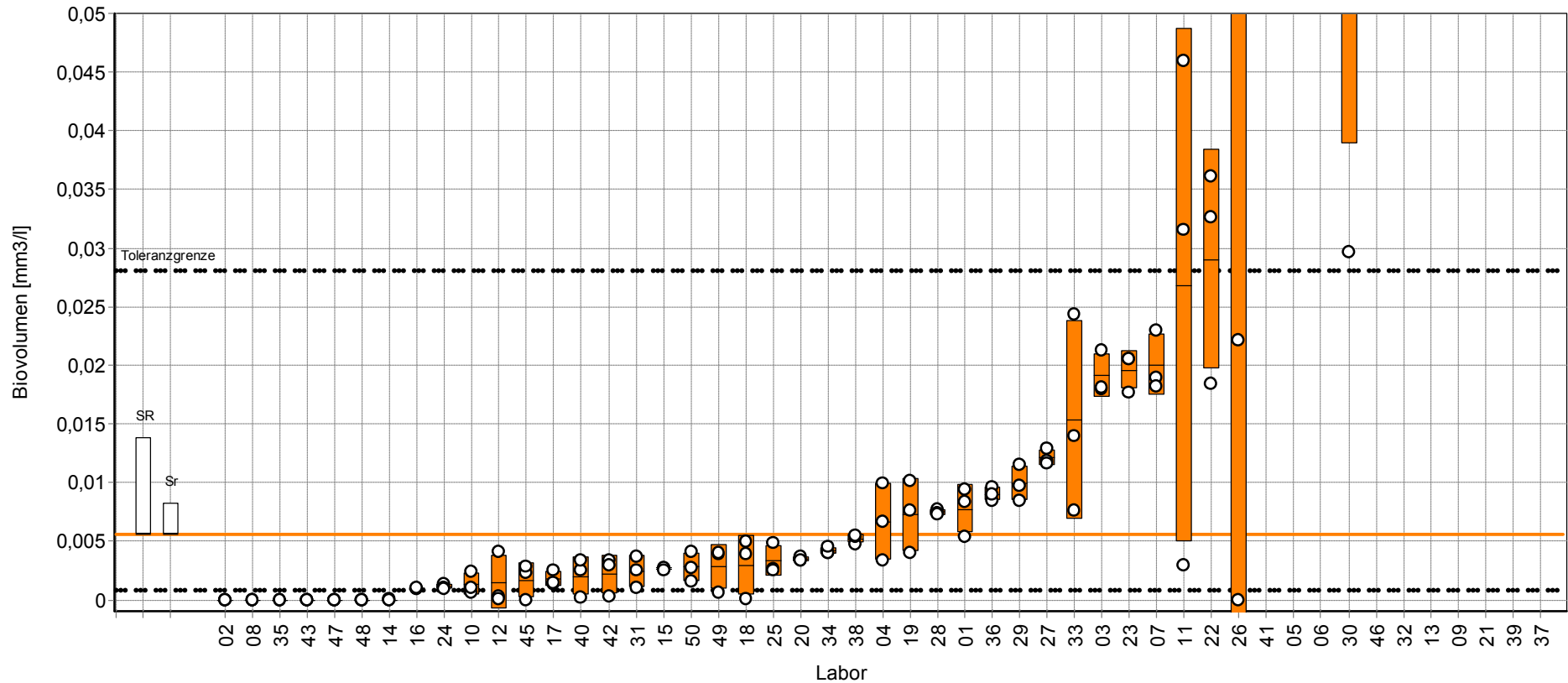


Abbildung 28: Biovolumen der Cyanophyceae in der natürlichen Probe, Labormittelwert, Standardabweichung (orangene Boxen), robuster Mittelwert (orangene Linie) sowie untere und obere Toleranzgrenze (L26: 0,065, L41: 0,068, L05: 0,069, L06: 0,081, L30: 0,101, L46: 11, L32: 11,4, L13: 61,2, L09: 203,7, L21: 4.131, L39: 9.609.543, L37: 65.455.431).

Probe:	Natürliche Planktonprobe	Robuster Mittelwert:	0,275 mm ³ /l
Merkmal:	Dinophyceae Biovolumen	Rel. Vergleichs - STD:	70,41%
Method:	DIN 38405 A45	Rel. Wiederhol - STD:	19,49%
Anzahl der Teilnehmer:	49	Toleranzgrenzen (Zu-score <2,0):	0,044 - 0,796 mm ³ /l

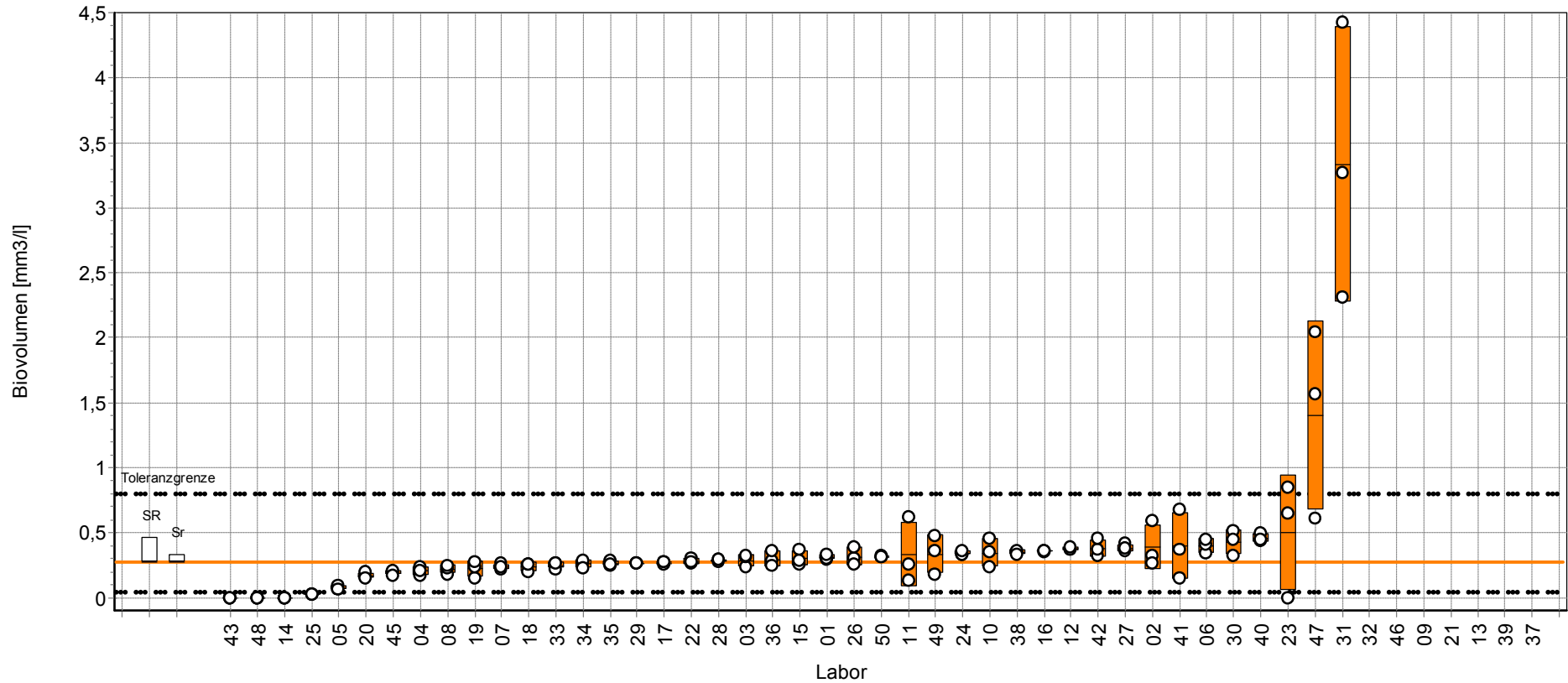


Abbildung 29: Biovolumen der Dinophyceae in der natürlichen Probe, Labormittelwert, Standardabweichung (orangene Boxen), robuster Mittelwert (orangene Linie) sowie untere und obere Toleranzgrenze (L32: 214,6, L46: 323,2, L09: 3.393, L21: 242.687, L13: 571.551, L39: 132.615.309, L37: 386.132.441).

Probe:	Natürliche Planktonprobe	Robuster Mittelwert:	0,0007 mm ³ /l
Merkmal:	Übrige Klassen Biovolumen	Rel. Vergleichs - STD:	873,79%
Method:	DIN 38405 A45	Rel. Wiederhol - STD:	281,46%
Anzahl der Teilnehmer:	49	Toleranzgrenzen (Zu-score <2,0):	0,0003 - 0,017 mm ³ /l

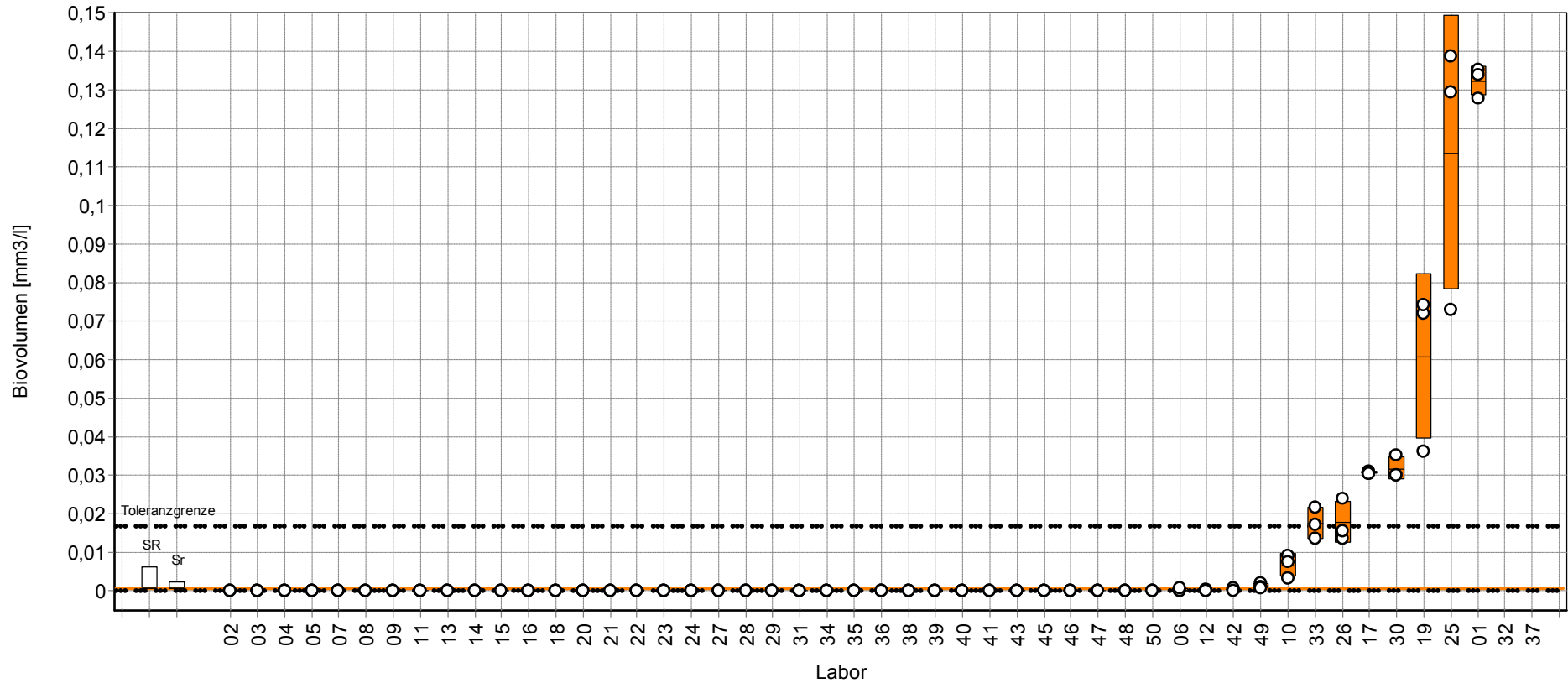


Abbildung 30: Biovolumen der übrigen Klassen in der natürlichen Probe, Labormittelwert, Standardabweichung (orangene Boxen), robuster Mittelwert (orangene Linie) sowie untere und obere Toleranzgrenze (L32: 1,42, L37: 643.222).

3.3. Komponente 3: Taxonomische Bestimmung / Videoclips

3.3.1. Bestimmungsergebnisse

Die Abbildungen und Tabellen in diesem Abschnitt zeigen die Ergebnisse der taxonomischen Bestimmung der Planktonalgen in den 20 Videoclips.



Abbildung 31: Testmaterialien der Komponente 3, taxonomische Bestimmung von Planktonalgen anhand von Videoclips.

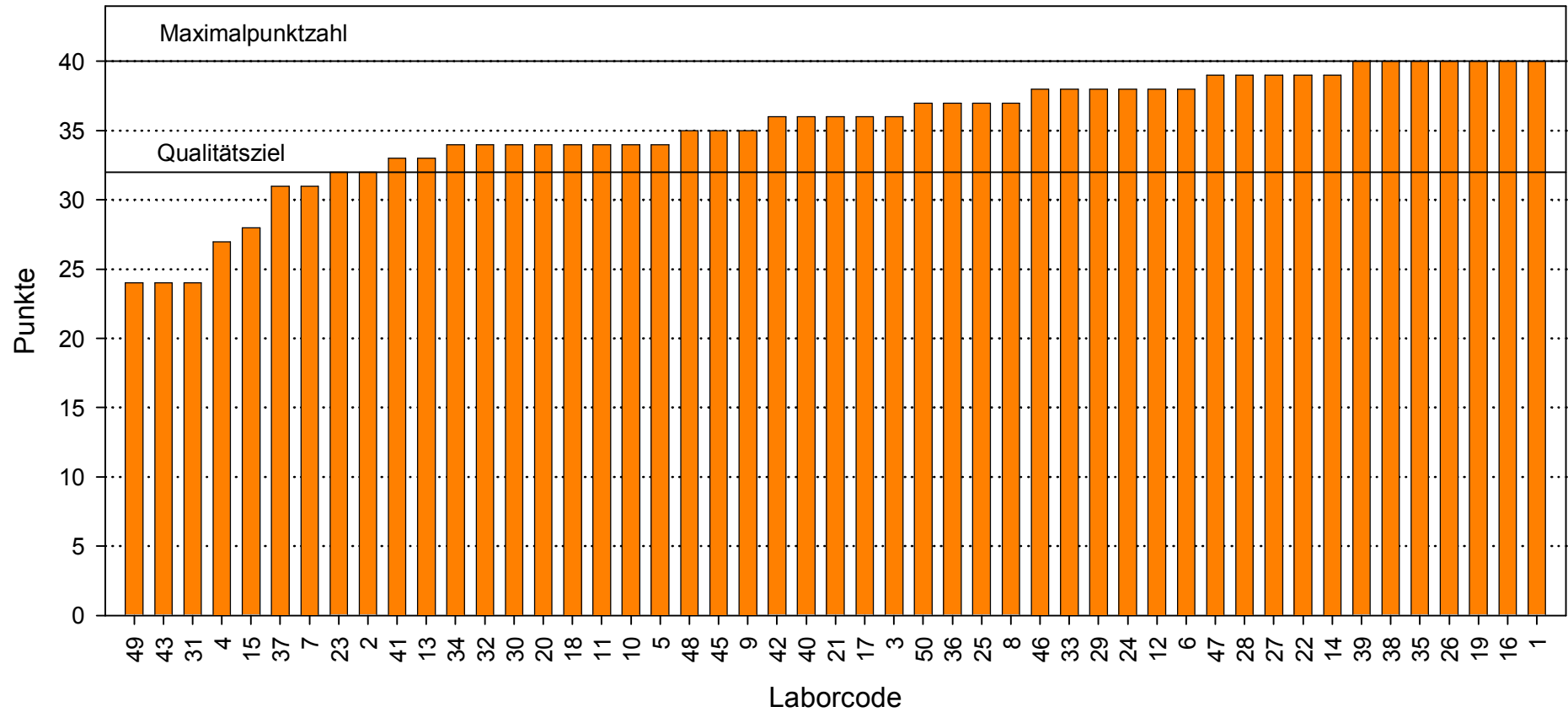


Abbildung 32: Die Ergebnisse der taxonomischen Bestimmung der Planktonalgen in den Videoclips. Das Qualitätsziel (32 Punkte) beträgt 80% der Maximalpunktzahl.

4. Diskussion

Planktonuntersuchungen sind Stichprobenuntersuchungen, deren Ziel darin besteht, zahlenmäßige Rückschlüsse auf die Planktonzönose im Gewässer treffen zu können. Die möglichst repräsentative Ermittlung von Zellzahlen und Biovolumen ist nicht Ziel des Ringversuchs, sodass die Fragen der Probenahme hier keine Rolle spielen. Vom Ringversuchsausrichter wurde anhand der durchgeführten Homogenitätstests sichergestellt, dass alle Teilnehmer nahezu identische Proben untersuchen konnten. Im Vergleich zu hochgradig automatisierten chemischen Analyseverfahren sind die Ergebnisse der Planktonanalyse in sehr starkem Maße von der Erfahrung und den Kenntnissen des jeweiligen Bearbeiters abhängig. Zusätzlich handelt es sich beim Testmaterial nicht um Lösungen, sondern um Suspensionen, was in Hinblick auf die Unterprobenahme und die Verteilung der Partikel auf dem Kammerboden im Zuge der Sedimentation zu weiteren Schwierigkeiten führt. Trotz dieser erschwerten Problematik sind Maßnahmen zur Qualitätssicherung auch bei der Planktonanalyse unablässig. Mit Hilfe der Ergebnisse dieses Ringversuchs können die Labore ihre analytische Leistungsfähigkeit einschätzen.

Statistische Auswertungen auf der Basis natürlicher Proben sind schwierig und aufwändig. Der sehr subjektive Teil der Analyse wie das Erkennen von Arten, die taxonomische Bestimmung und Artbezeichnung sowie zum Teil sehr unterschiedliche Zählstrategien erschweren die Auswertung. Zur Trennung dieses extrem subjektiven Teils der Analyse wurde die Verteilung von synthetischen Proben in das Ringversuchsdesign integriert. Auf diese Weise lassen sich systematische und zufällige Fehler, die unabhängig vom taxonomischen Wissen des Bearbeiters sind, besser voneinander trennen. Die nachfolgenden Auswertungen sollen bei der Analyse von Fehlerquellen behilflich sein.

4.1. Komponente 1: synthetische Probe

4.1.1. Quantitative Aspekte

Die Ergebnisse der Konzentrationsbestimmung der roten Mikropartikel (10,12 µm) schwanken zwischen 13.800 (Labor 32) und 4,46 Mio Partikel/L (Labor 45). Bei den blauen Mikropartikeln (32,2 µm) liegt die Spannweite zwischen 7.200 (Labor 15) und

1,06 Mio Partikel/L (Labor 32). Bis auf den Befund von Labor 15 liegen diese Ergebnisse außerhalb der berechneten Toleranzgrenzen. Im Fall von Labor 32 scheint eine Verwechslung der Konzentrationsbefunde zwischen den blauen und roten Mikropartikeln wahrscheinlich. Labor 45 zeigte Mehrbefunde ebenfalls bei den blauen Mikropartikeln, sodass hier ein Berechnungsfehler zugrunde liegen könnte.

Bei der Berechnung der Volumenkonzentration schwanken die Ergebnisse zwischen 0,001 und 590 Mio mm³/L (rote Mikropartikel) bzw. 0,0004 und 276 Mio mm³/L (blaue Mikropartikel). Die Labore 14 und 17 berechneten bei beiden Größenfraktionen sehr niedrige Werte. Während Labor 14 mit durchschnittlich 60 (rote Mikropartikel) bzw. 34 (blaue Mikropartikel) gezählten Partikeln hinsichtlich des Zählaufwandes im unteren Bereich liegt, hat das Labor 17 mit durchschnittlich 478 bzw. 143 erfassten Partikeln einen ausreichenden Zählaufwand betrieben. Die Gründe werden daher ebenfalls in einem Berechnungsfehler vermutet. Neben diesen sehr niedrigen Befunden, fällt bei der Berechnung der Volumenkonzentration eine ganze Reihe von sehr hohen Befunden auf. Jeweils 6 Labore berechneten Ergebnisse im Bereich von mehreren hundert bis Millionen mm³/L. Diese Werte sind in Bezug auf die Partikelkonzentration und das empfohlene Sedimentationsvolumen absolut unplausibel und hätten im Rahmen einer Überprüfung der Werte auffallen müssen. Für eine Erklärung kommen nur Berechnungsfehler entweder bei der Faktorisierung der Zählstrategie oder bei der Umrechnung in die geforderte Einheit in Frage.

4.1.2. Zusammenhang zwischen Zählstrategie und Ergebnis

Bei der Auswertung von Planktonproben besitzt der statistische Zählfehler eine zentrale Bedeutung. Er grenzt den Bereich ein, innerhalb dessen mit 95% Eintrittswahrscheinlichkeit der wahre Zählwert liegt. Dabei werden jedoch alle anderen Fehlerquellen nicht mit in Betracht gezogen. Voraussetzung für die korrekte Anwendung dieses Ansatzes ist das Vorliegen einer Poissonverteilung. Diese kann unter anderem angenommen werden, wenn das Plankton nach der Sedimentation zufällig auf dem Kammerboden verteilt ist und nicht geklumpt bzw. anderweitig unregelmäßig verteilt vorliegt.

Der maximal mögliche statistische Zählfehler F (Cavalli-Sforza 1965) berechnet sich nach der Formel:

$$F = \pm t \cdot \frac{100}{\sqrt{N}} [\%]$$

Bei Zählung von 100 Organismen je interessierender Gruppe beträgt der maximal mögliche Zählfehler $\pm 20\%$ (Hoehn et al. 1998). Im Rahmen dieses Ringversuchs wurden durch die Teilnehmer sehr unterschiedliche Anzahlen der jeweiligen Mikro-partikel gezählt. Sie schwanken zwischen 0 und 527 im Fall der blauen Mikro-partikel sowie zwischen 22 und 6329 im Fall der roten Mikro-partikel. Der maximal mögliche statistische Zählfehler beträgt folglich zwischen 2,5 und 1271 %, wobei im Fall der geringsten Anzahl erfasster Partikel von 1 ausgegangen wurde. In den folgenden Tabellen sind die Zählstrategien der Teilnehmer zusammengefasst.

Tabelle 5: Zusammenfassung der Zählstrategien bei den blauen Mikro-partikeln.

Zählfläche	Anzahl	Sedimentationsvolumen [ml]	Vergrößerung	Gezählte Partikel	Anzahl Labore
Kammern	1	1-25	100-400	2-(154)-527	26
Transekte	2-(5,4)-20	3-10,14	100-400	2-(39)-215	12
Felder	1-(100)-300	10-25	100-600	0-(20)-68	11

Von der Mehrheit der Teilnehmer wurden bei den blauen Mikro-partikeln ganze Kammern ausgezählt. Diese Erfassung ist unabhängig von der Verteilung der Partikel auf dem Kammerboden. In der Folge ist eine Betrachtung des statistischen Zählfehlers bei der Auszählung ganzer Kammern weniger relevant. Im Fall der blauen Mikro-partikel führte die Zählung von Transekten und Feldern zu einer Verringerung der Anzahl der gezählten Partikel. Dabei sank die mittlere Anzahl der gezählten Partikel deutlich unter 100, was in einem hohen statistischen Zählfehler resultierte.

Tabelle 6: Zusammenfassung der Zählstrategien bei den roten Mikropartikeln.

Zählfläche	Anzahl	Sedimentationsvolumen [ml]	Vergrößerung	Gezählte Partikel	Anzahl Labore
Kammern	0,5-1	2-10	100-400	45-(2152)-5201	6
Transekte	1-(3,7)-10	2-10,85	100-600	58-(533)-2406	24
Felder	1-(95)-323	1-25	100-630	22-(639)-6329	19

Die roten Mikropartikel wurden hauptsächlich mittels Transekt- und Sehfelderzählung erfasst. Der minimale Zählaufwand führte zu Zählfehlern zwischen 26 und 44%, wobei beide als nicht akzeptabel einzuschätzen sind. Bereits die mittleren Anzahlen gezählter Mikropartikel ergaben maximale Zählfehler von kleiner als 8,5 %.

Für Ringversuchsteilnehmer, welche die Mikropartikel-Replikatzählungen unter identischen Bedingungen (d.h. ohne Wechsel der Zählstrategie während der Bearbeitung – ausgenommen hiervon ist die Sedimentationszeit) durchgeführt haben, sind in **Abbildung 33** die Variationskoeffizienten der entsprechenden Zählung im Verhältnis zur theoretischen Zählfehlerobergrenze ($p = 0,05$; rote Kurve) dargestellt.

Teilnehmer, bei denen das Verhältnis zwischen Variationskoeffizient der Zählung und der theoretischen Zählfehlerobergrenze größer als eins war (liegen oberhalb der roten Linie), müssen davon ausgehen, dass über den statistischen Zählfehler hinausgehende, signifikante Unterschiede zwischen den Einzelansätzen vorlagen. Diese führten durch die Angabe eines über Mittelwertbildung gewonnenen Zählergebnisses nicht zwangsläufig zu einem ausschlussrelevanten Minder- bzw. Mehrbefund, deuten aber auf methodische Unsicherheiten, die beim Handling der roten Mikropartikel offensichtlich stärker ausgeprägt waren.

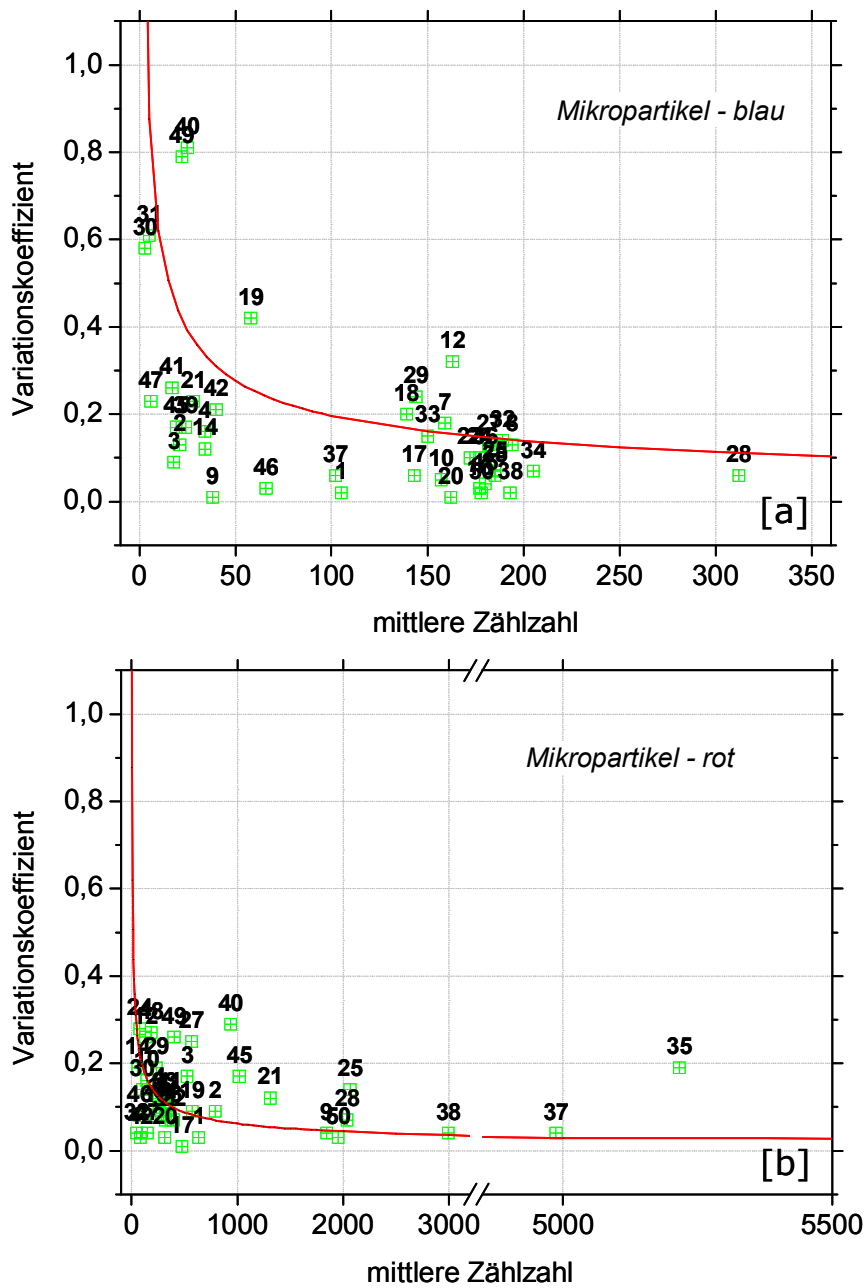


Abbildung 33: Abhängigkeit des Variationskoeffizienten für die Mikropartikel-Zählungen (blaue [a] und rote [b] Mikropartikel) von der mittleren Zählzahl (die rote Kurve grenzt den theoretischen Zählfehlerbereich bei $p = 0,05$ ab; Zahlen an den Symbolen entsprechen den Laborcodes).

4.1.3. Vermessung der Mikropartikel

Die Spannweite der mittleren Messergebnisse ist groß. Den Teilnehmern, die deutlich vom Referenzwert der jeweiligen Mikropartikel abweichen, wird eine Rekalibrierung ihrer mikroskopischen Messeinrichtung empfohlen. Dies betrifft vor allem die Labore 21 und 41. Im Fall von Labor 32 handelt es sich offensichtlich nicht um einen Messfehler, sondern um eine Verwechslung der beiden Größenfraktionen beim Eintragen der Messergebnisse. Mit 17.401 und 597,5 μm stellt Labor 21 die Maximalwerte aller Teilnehmer. Die Vermessung wurde wie bei der überwiegenden Anzahl der Teilnehmer mit einer PC Bildverarbeitungssoftware durchgeführt, sodass ein Fehler bei der Kalibrierung nahe liegt. Die extreme Abweichung hätte jedoch im Rahmen einer Plausibilitätsprüfung auffallen müssen.

Die relative Wiederholstandardabweichung als Maß für die Präzision innerhalb der Messwiederholungen eines Labors steigt mit abnehmender Größe der Mikropartikel. Dies ist nicht ungewöhnlich, da die prozentualen Abweichungen bei kleineren Objekten größer werden. Dieser Effekt ist jedoch im vorliegenden Fall gering ausgeprägt, was in der hohen Präzision der Messung bei der überwiegenden Anzahl der Teilnehmer begründet liegt. Der Quotient SR/Sr deutet bei beiden Mikropartikelfraktionen auf eine ausgewogenes Verhältnis zwischen systematischen und zufälligen Fehlern.

Tabelle 7: Zusammenfassung der Ergebnisse der Vermessung (Min: Minimum; MW: Mittelwert; Max: Maximum jeweils der Labormittelwerte, SR [%]: relative Vergleichsstandardabweichung, Sr [%]: relative Wiederholstandardabweichung).

	Mikropartikel Blau	Mikropartikel Rot
Min	10,22	3,72
Median	32,01	10,43
Max	17.461	598
SR [%]	5,99%	5,43%
Sr [%]	1,78%	2,27%
Sollwert	32,2	10,12

4.2. Komponente 2: natürliche Probe

4.2.1. Quantitative Aspekte

Die Ergebnisse der Gesamtzellzahl schwanken zwischen 2.867 (Labor 3) und 13.346.826 Zellen/L (Labor 1). Beide Befunde liegen außerhalb der berechneten Toleranzgrenzen. Bei Labor 3 wurden bei allen relevanten Algenklassen Minderbefunde festgestellt. In diesem Fall ist davon auszugehen, dass systematische Fehler bei der Berechnung der Zellzahl überwiegen. Beträchtliche Minderbefunde wurden ebenfalls bei den Laboren 4, 13, 15, 31, 34, 43 und 45 festgestellt. In diesen Fällen wurden einzelne Algenklassen nicht oder nur unzureichend erfasst. Das betrifft die Chlorophyceen, Cryptophyceen und die Cyanophyceen. Bei den Chlorophyceen wirkten sich die Minderbefunde besonders stark auf das Gesamtergebnis aus, da diese mit Abstand die höchste Zellkonzentration aufwiesen.

Die Ergebnisse der Biovolumenbestimmung schwanken zwischen 0,0004 (Labor 14) und 460.476.714 mm³/L (Labor 37). Beide Werte stellen extreme Abweichungen dar. In beiden Fällen handelte es sich wahrscheinlich um einen Berechnungsfehler, da die Ergebnisse der Zellzahlen innerhalb der Toleranzgrenzen liegen. Unrealistisch hohe Werte wurden ebenfalls von den Laboren 13, 21, 32, 37, 39 und 46 angegeben. Die Abweichungen von mehreren Zehnerpotenzen deuten darauf hin, dass die betreffenden Teilnehmer den Umgang mit der geforderten Einheit nicht gewohnt sind bzw. keine Plausibilitätsprüfung durchgeführt wurde.

4.2.2. Qualitative Aspekte

Die Schwankungsbreiten der angegebenen Zellzahlen der einzelnen Algenklassen waren sehr hoch (**Tabelle 8**). Die höchsten mittleren Abundanzen wurden bei den Chlorophyceen angegeben. Diese Klasse setzte sich hauptsächlich aus *Chlorella minutissima* zusammen, deren Konzentration bei etwa 6,2 Mio Zellen/L eingestellt wurde. Sechs Labore haben keine Chlorophyceen gefunden und 10 weitere lediglich sehr geringe Abundanzen von bis zu wenigen 1000 Zellen/L angegeben. Von diesen Laboren wurden relativ hohe Abundanzen unter Sonstige bzw. Bacillariophyceae eingetragen. In diesen Fällen ist davon auszugehen, dass *Chlorella minutissima* erkannt, jedoch einer anderen Algenklasse zugeordnet wurde. Die fehlenden Befunde

von 6 Laboren sind schwer zu erklären. Von einem Auflösen der kleinen Zellen ist nicht auszugehen, da zum Einen der überwiegende Anteil der Teilnehmer Befunde in der richtigen Größenordnung vorgelegt hat und zum Anderen selbst bei der letzten Stabilitätsuntersuchung vom 18.3.2010 noch 3,71 Mio Zellen/L *Chlorella minutissima* ermittelt wurden. Letztlich kann nur vermutet werden, dass die Proben nicht gründlich genug bei entsprechend hoher Vergrößerung untersucht worden sind. Hinweise dafür ergeben sich aus den zusätzlichen Informationen der Ergebnistabellen, aus denen hervorgeht, dass bei der Untersuchung teilweise lediglich mit maximal 200-facher Vergrößerung gearbeitet wurde. Diese Vergrößerung reicht nach unserer Auffassung nicht aus, um Phytoplankter wie *Chlorella minutissima* zu erkennen und quantitativ zu erfassen. Neben *Chlorella* war weiterhin *Desmodesmus subspicatus* in den Proben enthalten (ca. 200.000 Zellen/L). Fehlende Befunde bzw. Minderbefunde bei den Chlorophyceae haben in 8 Fällen so starke Auswirkungen auf das Ergebnis der Gesamtzellzahl, dass auch diese Ergebnisse außerhalb der berechneten Toleranzgrenzen liegen.

Die Abundanz der Cyanophyceae wurde im Mittel mit 394.981 Zellen/Liter angegeben. Es handelte sich dabei um Vertreter der Oscillatoriales (*Planktothrix*), deren Abundanz mit ca. 500.000 Zellen/L eingestellt wurde. Von insgesamt 4 Laboren wurden keine Cyanobacteria gefunden. Weitere 11 Labore übermittelten deutliche Minderbefunde.

Nach unserer Auffassung waren diese fädigen Cyanobacteria beim Durchmustern der Proben bei geringer Vergrößerung und der empfohlenen Sedimentation von 25 ml nicht zu übersehen, wenngleich die Dichte der Fäden vergleichsweise gering war. Eine Auflösung der Fäden kann ausgeschlossen werden, da die letzte Stabilitätsuntersuchung vom 18.3.2010 eine Abundanz von ca. 570.000 Zellen/L ergab. Die Dimensionen der Einzelzellen wurden anhand der Vermessung von 100 Zellen bei 1000-facher Vergrößerung ermittelt und betragen im Mittel 3,28 x 5,76 µm.

Cryptomonas sp. wurde in den Proben in einer Konzentration von ca. 139.000 Zellen/L zur Verfügung gestellt. Diese Konzentration wurde mit Ausnahme des Ergebnisses von Labor 7 von keinem Teilnehmer auch nur annähernd erreicht. Die Ergebnisse der Stabilitätsproben deuten darauf hin, dass es bereits im Zuge der Probeabfüllung und Abfüllung zu einem hohen Verlust an Zellen gekommen ist. Die Homogenitätsuntersuchungen, welche direkt im Anschluss an das Abfüllen der Probe durchgeführt wurden, ergaben bereits lediglich im Mittel 65.000 Zellen/L. Nach dem

Versand der Proben wurden ebenfalls Stabilitätsuntersuchungen durchgeführt, die zum Vorschein brachten, dass sich die Konzentration der Cryptomonaszellen sukzessive weiter verringerte. Die letzte Stabilitätsuntersuchung vom 18.3.2010 ergaben im Mittel noch ca. 45.000 Zellen/L, was eine Abnahme von ca. 30% innerhalb von 9 Monaten entspricht. Da die Untersuchungen von allen Teilnehmern in einem sehr engen Zeitraum durchgeführt wurden, ist die beobachtete Auflösung der Cryptomonaszellen in ihrer Auswirkung auf die Bewertung der Ergebnisse als sehr gering einzustufen.

Dinophyceae wurden unter Verwendung von *Peridinium* sp. in einer Konzentration von ca. 7.100 Zellen zur Verfügung gestellt. Im Mittel wurde diese Konzentration durch die Ringversuchsteilnehmer bestätigt. Auch im Rahmen der Stabilitätsuntersuchungen wurden keine nennenswerten Veränderungen der Konzentration festgestellt. Im Fall des Minderbefundes von Labor 3 ist von einem Berechnungsfehler (Faktor 1000) auszugehen. Im Fall der Befunde oberhalb der Toleranzgrenze Zu-Score=2 wurde zum Teil nur eine sehr geringe Anzahl von Seefeldern bei verhältnismäßig hoher Vergrößerung erfasst.

Die Bacillariophyceae (hauptsächlich *Nitzschia* sp.) wurden in sehr geringer Konzentrationen von ca. 3.500 Zellen/L zur Verfügung gestellt. Insofern ist es erstaunlich, dass diese Gruppe von fast allen Teilnehmern erfasst wurde. Die wenigen sehr hohen Befunde sind durch Einordnung von beispielsweise *Chlorella* als Centrales entstanden, insofern täuscht der hohe arithmetische Mittelwert aus **Tabelle 8** über die wahren Verhältnisse hinweg. Die Ergebnisse der Dinophyceae sowie die Chlorophyceae zeigten die geringsten Variationskoeffizienten.

Tabelle 8: Abundanzen der einzelnen Algenklassen in Zellen/L berechnet aus den Ergebnissen aller Ringversuchsteilnehmer (Min: Minimum, MW: Mittelwert, Max: Maximum, Stabw: Standardabweichung, V: Variationskoeffizient).

	Bacil	Chloro	Crypto	Cyano	Dino	Others
Min	0,0	0,0	0,0	0,0	4,9	0,0
MW	106.727	3.579.170	10.777	394.981	7.492	1.412.712
Max	5.016.216	11.086.820	164.000	8.131.404	26.000	13.613.335
Stabw	710.938	2.812.830	20.929	1.331.277	3.595	2.992.680
CV (%)	666,1	78,6	194,2	337,0	48,0	211,8

Vom überwiegenden Anteil der Teilnehmer wurden die Dinophyceae (*Peridinium*) als die das Biovolumen dominierende Algenklasse erkannt. Der mittlere Anteil dieser Algeklasse lag bei 78,5%. Lediglich die Labore 5 und 25 (18,2 bzw. 34,2 %) ermittelten deutlich geringere Biovolumenanteile, in dessen der Folge die taxonomische Zusammensetzung der Planktonprobe grundlegend anders beschrieben wurde. Die Chlorophyceae mit den Arten *Chlorella minutissima* und *Desmodesmus subspicatus* war mit durchschnittlich 13,6% Anteil die Klasse mit dem zweithöchsten Biovolumenanteil. Gefolgt wurde sie von den Klassen Sonstige (6,9%) und Cyanophyceae (4,3%).

Die von den Teilnehmern berechneten relativen Anteile der einzelnen Algenklassen am Gesamtbiovolumen schwanken zum Teil sehr stark (**Tabelle 9**). Die Schwankungen reflektieren die Schwierigkeiten einiger Teilnehmer, die Arten zu erkennen und der entsprechenden Algenklasse zuzuordnen. Die geringsten Schwankungen zeigten die Ergebnisse bei den Dinophyteen (20,8%), was an der Größe und der damit verbundenen guten Erkennbarkeit der ausgewählten Alge *Peridinium cinctum* sowie der eingestellten Zellkonzentration liegt. Größere Schwierigkeiten gab es bei den Chlorophyceae. Die kleine *Chlorella minutissima* wurde von mehreren Teilnehmern nicht erkannt bzw. zu den Bacillariophyceae (kleine Centrales), Cyanophyceae oder zu Sonstige eingeordnet. Chlorophyceae, Cryptophyceae, Cyanophyceae und Sonstige zeigten Variationskoeffizienten zwischen 86,6 und 438 %. Es wird deutlich, dass mit sinkendem Anteil am Gesamtbiovolumen der Variationskoeffizient stark ansteigt.

Tabelle 9: Relativer Anteil der Algenklassen am Gesamtbiovolumen berechnet aus den Ergebnissen aller Ringversuchsteilnehmer (Min: Minimum, MW: Mittelwert, Max: Maximum, Stabw: Standardabweichung, V: Variationskoeffizient).

	Bacil	Chloro	Crypto	Cyano	Dino	Others
Min	0,0	0,0	0,0	0,0	15,5	0,0
MW	0,7	13,6	1,1	4,3	78,5	6,9
Max	20,0	67,6	19,3	34,7	99,9	79,9
Stabw	2,9	11,8	2,4	7,1	16,3	17,0
CV (%)	438,0	86,6	210,0	162,6	20,8	247,0

In **Tabelle 10** bis **Tabelle 15** wurden die von den Teilnehmern gefundenen Taxa nach Algenklassen und Anzahl der Befunde geordnet zusammengefasst. Aus Gründen der Übersichtlichkeit wurden dafür die taxonomischen Bezeichnungen vereinheitlicht und Größenklassen zusammengefasst.

Tabelle 10: Taxonomische Bezeichnung der Bacillariophyceae in der natürl. Probe.

Taxon	Anzahl	Taxon	Anzahl
Nitzschia sp.	73	Synedra sp.	3
Nitzschia acicularis	55	Fragilaria capucina	2
Fragilaria sp.	11	Navicula sp.	2
Centrales	8	Synedra	2
Cyclotella sp.	6	Fragilaria ulna var. acus	1
Pennales	4	Nitzschia gracilis	1
Stephanodiscus sp.	4	Synedra acus	1
Fragilaria tenera	3		

Tabelle 11: Taxonomische Bezeichnung der Cyanobacteria in der natürl. Probe.

Taxon	Anzahl	Taxon	Anzahl
Oscillatoria sp.	34	cocc. Cyanobakterien	3
Planktothrix sp.	34	Cyanobacteria	3
Planktothrix agardhii	16	Planktothrix rubescens	3
Phormidium sp.	11	Synechocystis sp.	3
Oscillatoriales	7	Cyanobium plancticum	2
Cyanobacteria filamentous	6	Microcystis delicatissima	1
Anabaena sp.	3	Oscillatoria tenuis	1
Chroococcales	3	Pseudanabaena sp.	1
Chroococcus turgidus	3		

Tabelle 12: Taxonomische Bezeichnung der Cryptophyceae in der natürl. Probe.

Taxon	Anzahl	Taxon	Anzahl
Cryptomonas sp.	97	Cryptomonas phaseolus	4
Chroomonas sp.	6	Cryptomonas erosa/ovata	3
Cryptomonas ovata	6	Cryptomonas erosa	2
Cryptophyceae	6	Rhodomonas sp.	2

Tabelle 13: Taxonomische Bezeichnung der Chlorophyceae in der natürl. Probe.

Taxon	Anzahl	Taxon	Anzahl
Chlorella sp.	32	Korshikoviella sp.	3
Chlorococcales	28	Pseudococcomyxa sp.	3
Chlamydomonas sp.	27	Scenedesmus spinosus	3
Lagerheimia sp.	15	Volvocales	3
Chlorophyta	11	Ankistrodesmus falcatus	2
Chlorella minutissima	10	Crucigenia tetrapedia	2
unbestimmt/unidentified	8	Siderocelis ornata	2
Chlorella vulgaris	6	Coelastrum microporum	1
Scenedesmus sp.	5	Didymocystis sp.	1
Pteromonas sp.	4	Eutetramorus sp.	1
Chlorella miniata	3	Franceia cf. minuscula	1
Chlorella minutissima (Autosporen)	3	Monoraphidium minutum	1
Choricystis minor	3	Tetrastrum komarekii	1
Coenochloris fottii	3	Tetrastrum sp.	1

Tabelle 14: Taxonomische Bezeichnung der Dinophyceae in der natürlichen Probe.

Taxon	Anzahl	Taxon	Anzahl
Peridinium sp.	92	Peridinium raciborskii	8
Peridinium willei	26	Peridiniopsis polonicum	3
Peridinium cinctum	10	Ceratium hirundinella	1

Tabelle 15: Taxonomische Bezeichnung der Sonstigen Algen in der natürl. Probe.

Taxon	Anzahl	Taxon	Anzahl
unbestimmt/unidentified	22	Picoplankton	3
Euglena sp.	6	Ultraplankton	3
Trachelomonas sp.	5	Xanthophyceae	3
Closterium sp.	3	Kephyrion/Pseudokephyrion	1
Mallomonas sp.	3		

4.2.3. Zusammenhang zwischen Zählstrategie und Ergebnis

Analog zur synthetischen Probe sind in **Tabelle 16** bis **Tabelle 20** die Zählstrategien der Teilnehmer für die relevanten Zähleinheiten dargestellt. *Peridinium* wurde von der Mehrzahl der Teilnehmer mittels Kammerzählung erfasst, welche vor dem Hintergrund der Größe der Zellen und der vergleichsweise niedrigen Abundanz als optimale Zählstrategie anzusehen ist. Die deutlich geringere mittlere Anzahl gezählter Zellen bei der Transekt- bzw. Felderzählung resultiert in vergleichsweise hohen statistischen Zählfehlern von ca. 60 und 30 %.

Tabelle 16: Zusammenfassung der Zählstrategien bei *Peridinium* sp..

Zählfläche	Anzahl	Sedimentationsvolumen [ml]	Vergrößerung	Gezählte Zellen	Anzahl Labore
Kammern	0,5-(0,97)-1	2-50	100-400	1-(122)-393	29
Transekte	1-(5)-12	10-50	100-460	2-(13)-28	6
Felder	1-(109)-486	9-25	100-600	1-(45)-330	12

Chlorella wurde hauptsächlich mittels Transekt- und Felderzählung erfasst. Eine Kammerzählung erscheint infolge der geringen Größe und der hohen Abundanz als ungeeignete Strategie.

Tabelle 17: Zusammenfassung der Zählstrategien bei *Chlorella minutissima*.

Zählfläche	Anzahl	Sedimentationsvolumen [ml]	Vergrößerung	Gezählte Zellen	Anzahl Labore
Kammern	1	25	400	1221-(1266)-1355	1
Transekte	1-(2,3)-10	2-50	400-630	1-(806)-4450	26
Felder	10-(40)-100	2-50	100-1000	1-(631)-2482	19

Die qualitativen Zählstrategien waren bei *Cryptomonas* sp. ausgeglichen verteilt. Unter Berücksichtigung der Größe (ca. 20 µm) und der geringen Abundanz wird die Zählung von mehreren Transekten als optimale Strategie angesehen.

Tabelle 18: Zusammenfassung der Zählstrategien bei *Cryptomonas* sp.

Zählfläche	Anzahl	Sedimentationsvolumen [ml]	Vergrößerung	Gezählte Zellen	Anzahl Labore
Kammern	0,25-(0,95)-1	2-50	100-400	1-(99)-522	15
Transekte	1-(5)-12	10-50	200-630	1-(21)-100	17
Felder	1-(113)-330	2-50	160-630	1-(17)-123	13

Planktothrix sp. lag in Form von langen Zellfäden in den Proben vor, sodass anhand der Anzahl der gezählten Zellen keine Rückschlüsse auf den statistischen Zählfehler gezogen werden können. Die Fäden wurden hauptsächlich mittels Zählung ganzer Kammern erfasst. Diese Strategie ist im Hinblick auf die verhältnismäßig geringe Konzentration der Fäden als optimal anzusehen.

Tabelle 19: Zusammenfassung der Zählstrategien bei *Planktothrix* sp.

Zählfläche	Anzahl	Sedimentationsvolumen [ml]	Vergrößerung	Gezählte Zellen	Anzahl Labore
Kammern	0,25-(0,95)-1	2-50	100-400	1-(1103)-8408	27
Transekte	1-(4,4)-12	10-50	100-630	1-(651)-7697	9
Felder	1-(86)-330	10-50	100-600	1-(168)-1748	11

Die Diatomeen waren mit einer sehr geringen Konzentration in den Proben vertreten (ca. 3.500 Zellen/L). Lediglich 3 Labore haben keine Diatomeen erfasst, was in Anbetracht der niedrigen Abundanz eine geringe Anzahl darstellt. Ein großer Anteil der Teilnehmer hat die Diatomeen mittels Kammerzählung erfasst. Diese Strategie ist mit einem vergleichsweise hohen Aufwand verbunden. Die Erfassung mittels Transektzählung erscheint in diesem Fall als die optimale Strategie. Erhöhte statistische Zählfehler sind vor dem Hintergrund des sehr geringen Biomasseanteils der Diatomeen tolerierbar.

Tabelle 20: Zusammenfassung der Zählstrategien bei den Diatomeen.

Zählfläche	Anzahl	Sedimentations- volumen [ml]	Vergrößerung	Gezählte Zellen	Anzahl Labore
Kammern	0,25-(0,9)-1	2-50	100-400	1-(36)-167	21
Transekte	1-(5,1)-12	10-50	100-630	1-(6,3)-26	12
Felder	1-(93)-330	9-50	160-1000	1-(29)-486	13

Äquivalent zur Vorgehensweise bei den Mikropartikeln erfolgte die Betrachtung von Zählaufwand und Variationskoeffizient für ausgewählte Organismen der natürlichen Probe, denen eindeutig die Zugehörigkeit zu *einer* Zählkategorie zugeordnet werden konnte (**Abbildung 34**). Eine Wertung der Ergebnisse hinsichtlich ihrer taxonomischen Richtigkeit wurde dabei im Vorfeld nicht getroffen. Teilnehmer, die während der Bearbeitung der Replikate die Zählstrategie geändert haben, konnten für diese Auswertung nicht berücksichtigt werden.

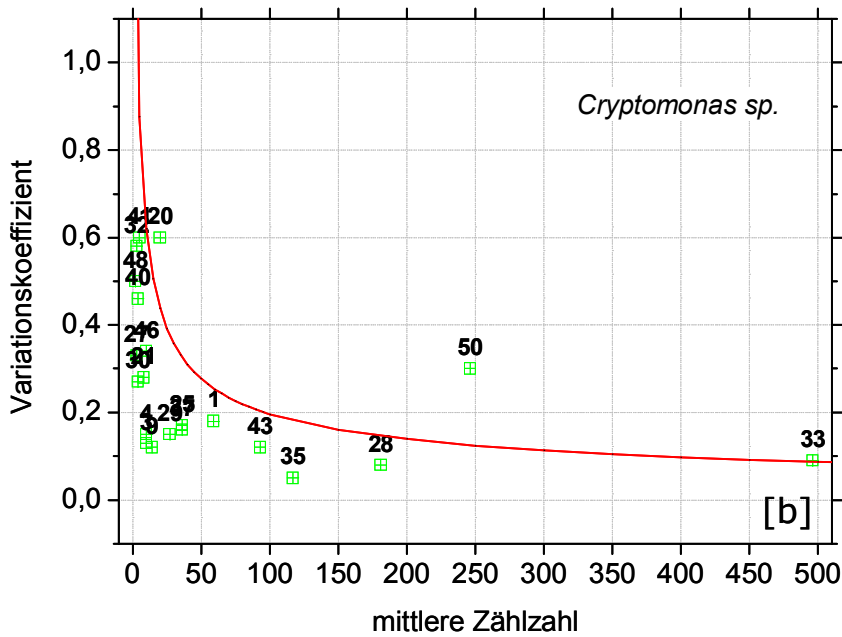
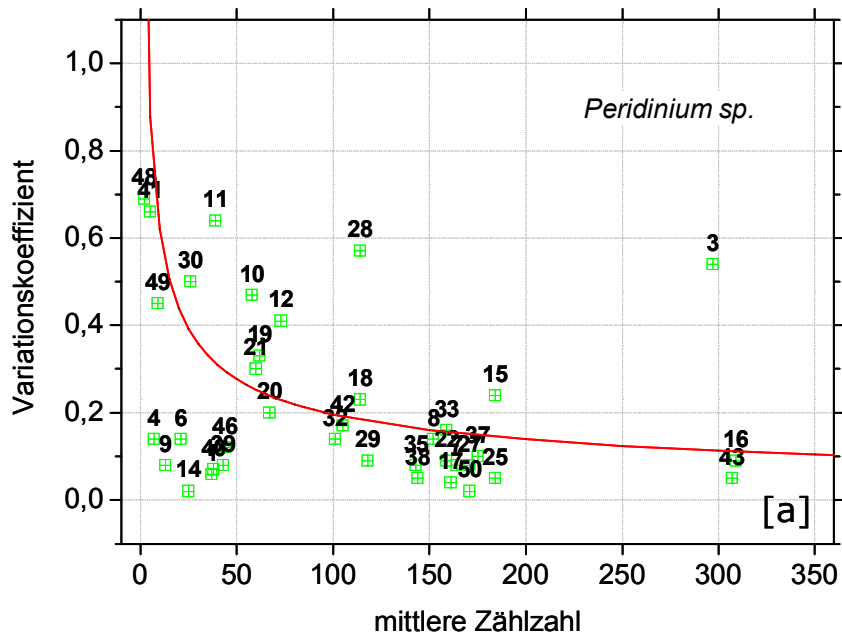


Abbildung 34: Abhängigkeit des Variationskoeffizienten der natürlichen Zählprobe ([a] ... *Peridinium cinctum*. und [b] ... *Cryptomonas lucens*., von der mittleren Zählzahl (die rote Kurve grenzt den theoretischen Zählfehlerbereich bei $p = 0,05$ ab; Zahlen an den Symbolen entsprechen dem Laborcode).

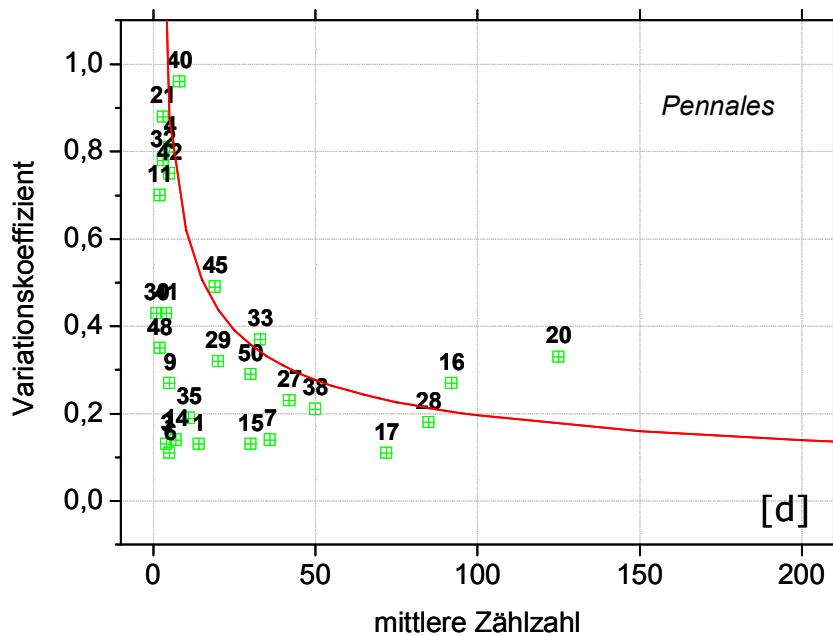
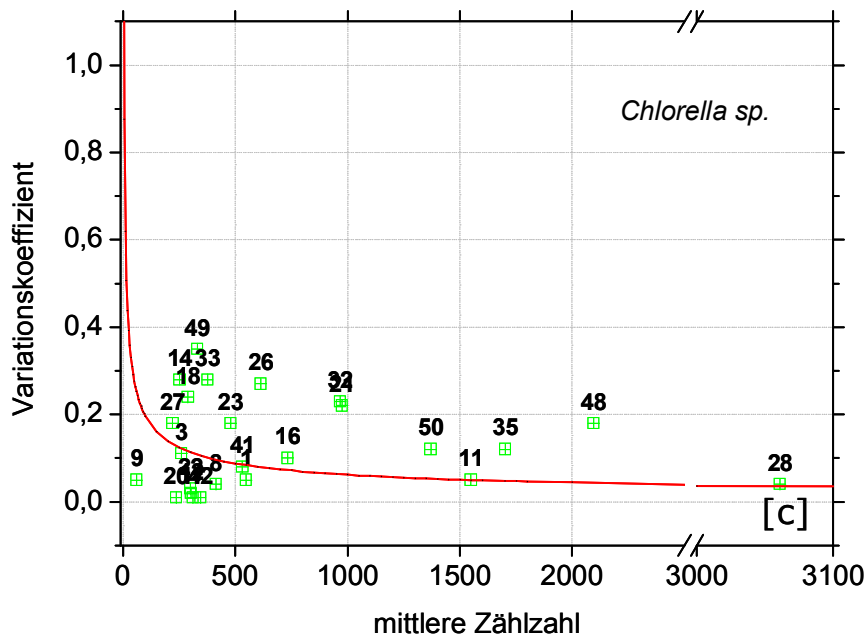


Abbildung 35: Abhängigkeit des Variationskoeffizienten der natürlichen Zählprobe [c] ... *Chlorella minutissima*. und [d] ... *Pennales (Nitzschia sp.)* von der mittleren Zählzahl (die rote Kurve grenzt den theoretischen Zählfehlerbereich bei $p = 0,05$ ab; Zahlen an den Symbolen entsprechen dem Laborcode).

Wie aus **Abbildung 34** und **Abbildung 35** ersichtlich, waren auch in der natürlichen Probe – mit Ausnahme von *Cryptomonas sp.* und den *Pennales* – häufig über den statistischen Zählfehler hinausgehende Unterschiede zwischen den Replikaten festzustellen.

Kritisch sind generell Zählergebnisse zu bewerten, denen eine geringe Zählzahl zugrunde liegt. Als Vorgabewert für den erforderlichen Zählaufwand wird in der Regel (d.h. bei abundanten Formen/Zähleinheiten) eine Mindestanzahl von 100 und nicht weniger als 40 Zähleinheiten als notwendig erachtet. Dies entspricht näherungsweise einer Zählpräzision zwischen 10 und 15%. Zählraten kleiner als 40 sind für wichtige Arten/Organismen generell inakzeptabel.

Für die Darstellung des Zusammenhanges zwischen der im Ringversuch erzielten Ergebnis und der angewendeten Zählstrategie (hierfür wurde die Vergrößerung und die Zählflächenart herangezogen) wurde eine Korrespondenzanalyse durchgeführt. Als Maß für die Performance wurden die Klassen-Zu-Scores verwendet, die für diese Auswertung als Flächenäquivalente – bezogen auf die Fläche unter einer Normalverteilungskurve – aufgeteilt wurden. Einem Zu-Score zwischen $-1 \geq z \leq 1$ (entspricht 68,26%) wurde dabei das Prädikat „top“, einem Zu-Score, der zwar höher aber immer noch im Bereich $-2 \geq z \leq 2$ lag, das Prädikat „state-of-the-art“ zugeordnet. Zu-Scores, die außerhalb dieses Bereiches lagen, wurden als „unzureichend“ eingestuft. In **Abbildung 36** ist der vorab erwähnte Zusammenhang für ausgewählte Organismen der natürlichen Probe als Faktorenkarte dargestellt. Erwartungsgemäß ist zwischen dem im Ringversuch erreichten organismenspezifischen Ergebnis und der dabei zugrunde liegenden Zählstrategie eine Beziehung herzustellen: So sind bei niedrig abundanten, großen Formen wie *Peridinium* sp. und *Cryptomonas* sp. die besten Zählergebnisse mit der Kammerzählung bei niedrigen bzw. mittleren Vergrößerungen assoziiert. Hochabundante Formen sind dagegen sicherer mit Zählstreifen/-feld zu erfassen.

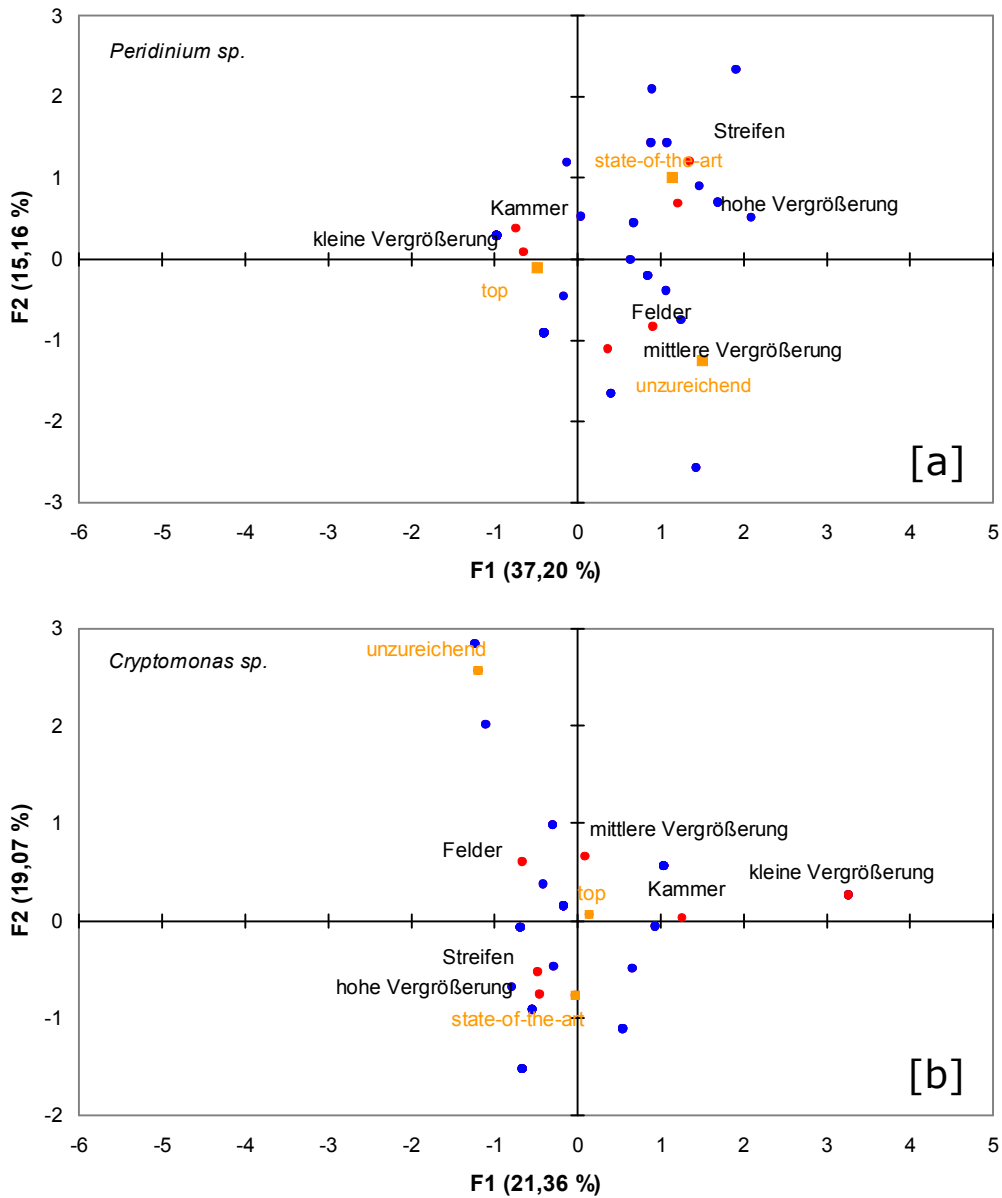


Abbildung 36: Abhängigkeit des Ringversuchsergebnisses von der Zählstrategie für ausgewählte Organismen der natürlichen Zählprobe ([a] ... *Peridinium sp.*, [b] ... *Cryptomonas sp.*), dargestellt als Faktorenkarte (für Erläuterungen siehe Text, die blauen Symbole repräsentieren die merkmalsbildenden Beobachtungen).

4.2.4. Zellvolumina

Tabelle 21 gibt eine Übersicht über die berechneten Zellvolumina der 5 wichtigsten Taxa. Die größten Abweichungen wurden bei *Peridinium* festgestellt. Zwei Labore gaben Zellvolumina unter $3.500 \mu\text{m}^3$ an. In beiden Fällen handelt es sich nicht um einen Kalibrationsfehler des Messsystems, da die Mikropartikel von beiden Laboren korrekt vermessen wurden. Insofern liegt ein Fehler bei der Berechnung des Zellvolumens nahe. Ein Labor gab mit $405.088 \mu\text{m}^3$ ein immens hohes Zellvolumen an. Auch in diesem Fall kann ein Messfehler ausgeschlossen werden. Die verwendete Formel ($V=4/3 \pi a*b*c$) setzt die Verwendung der Halbachsen voraus. Vermutlich wurde in diesem Fall mit den Werten der gesamten Achsen gerechnet. Die geringsten relativen Abweichungen wurden bei *Chlorella* festgestellt. Das verdeutlicht, dass die Fehler nicht überwiegend bei der Vermessung, sondern vielmehr bei der Auswahl der optimalen Volumenformel sowie der entsprechend erforderliche Umgang mit den einzelnen Dimensionen gemacht wurden. Im Fall von *Chlorella* waren die Fehlerpotenziale durch die Kugel- bzw. leichte Ellipsenform von vorn herein minimiert. Verhältnismäßig große Abweichungen sind bei den fädigen Cyanophyceae zu Tage getreten. Dabei wurden die Ergebnisse ausschließlich von den Teilnehmern verwendet, die nachvollziehbar Zellvolumina berechnet haben. Andere Teilnehmer, welche mittlere Volumen der Trichome angaben blieben bei dieser Betrachtung unberücksichtigt. Bei der Vermessung von 30 Cyanobakterienzellen (1000-fache Vergrößerung) wurden durch den Ringversuchsausrichter eine Zelllänge von $3,28 \mu\text{m}$ und eine Zellbreite von $5,76 \mu\text{m}$ ermittelt. Bei Verwendung der einfachen Zylinderformel führte das zu einem mittleren Zellvolumen einer Cyanobakterienzelle von $85,3 \mu\text{m}^3$.

Tabelle 21: Übersicht über berechnete Zellvolumina

	Peridinium	Cryptomonas	Nitzschia	Cyanophyceae	Chlorella
Min	2.830	80,4	33,5	23,4	9,3
MW	49.432	333	284	89,2	14,0
Max	405.088	531	1.335	326,8	22,5
Stabw	56.125	114	252	60,6	3,8
Var [%]	114	34,2	88,7	67,9	27,3

Alle Labore, die Angaben zur verwendeten Volumenformel gemacht haben, verwendeten die Zylinderformel. Die Ursache der Unterschiede scheint demnach im Bereich der Vermessung zu liegen. Abweichungen von z.B. 2 μm bei Länge und Breite führen bereits zu einem Zellvolumen von ca. 250 μm^3 . Für die exakte Vermessung von derart kleinen Zellen empfiehlt sich die 1000-fache Vergrößerung.

Tabelle 22 bis **Tabelle 25** geben einen Überblick über die verwendeten Volumenformeln bei der Berechnung des Zellvolumens von *Peridinium*, *Chlorella*, *Cryptomonas* und *Nitzschia*. Es wurde offensichtlich, dass für identische Taxa eine Reihe unterschiedlicher Volumenformeln zum Einsatz kamen.

Tabelle 22: *Peridinium* sp.: Volumenformeln, Anzahl der Labore, die diese Formel verwendet haben sowie mittlere Zellvolumina.

Formel	Anzahl	Zellvolumen [μm^3]
Ellipsoid abgeflacht (0,5)	1	11.962
Doppelkegel	4	18.648
Ellipsoid abgeflacht (0,66)	3	35.430
Ellipsoid abgeflacht (0,83)	1	38.137
Kugel reduziert (-20%)	14	40.934
Ellipsoid abgeflacht (0,82)	40	41.116
Drehellipsoid	17	42.855
Kugel	14	43.627
Ellipsoid (FYTO - HBU 161)	1	50.869
Ellipsoid	31	52.328

Tabelle 23: *Chlorella* sp.: Volumenformeln, Anzahl der Labore, die diese Formel verwendet haben sowie mittlere Zellvolumina

Formel	Anzahl	Zellvolumen [μm^3]
Drehellipsoid	12	12
Kugel	37	15

Tabelle 24: *Cryptomonas* sp. Volumenformeln, Anzahl der Labore, die diese Formel verwendet haben sowie mittlere Zellvolumina

Formel	Anzahl	Zellvolumen [μm^3]
average ellipsoid + cone FYTO HBU 1	1	80
Senklot	1	160
Kegel + Halbkugel	4	161
Ellipsoid abgeflacht (0,82)	3	226
Ellipsoid abgeflacht (0,65)	25	242
Ellipsoid abgeflacht (0,66)	3	296
Ellipsoid abgeflacht (0,54)	3	299
Ellipsoid	19	389
Drehellipsoid	33	393
Ellipsoid abgeflacht	5	397
Zylinder (20% verkürzt)	3	497

Tabelle 25: *Nitzschia* sp. Volumenformeln, Anzahl der Labore, die diese Formel verwendet haben sowie mittlere Zellvolumina

Formel	Anzahl	Zellvolumen [μm^3]
average ellipsoid + prism	1	34
Zylinder	1	80
Ellipsoid und Zylinder	2	160
elliptischer Zylinder + 2 Quadrate	2	183
Prisma (Parallelogramm)	17	207
Spindel	23	225
Doppelkegel	9	269
Drehellipsoid	6	280
Quader reduziert (0,5)	27	297
Quader	22	401
ohne Angabe	6	474
Quader reduziert (0,75)	3	928

4.3. Komponente 3: Taxonomie

Für die Komponente 3, die taxonomische Bestimmung von Planktonalgen, wurden 20 Videoclips zur Verfügung gestellt. Es wurden bewusst Arten ausgesucht, die leicht bis schwer zu bestimmen sind. Diese Tatsache findet ihren Ausdruck in **Abbildung 37** in welcher der Bestimmungserfolg in Bezug auf die Videoclips dargestellt ist. Ein Taxon wurde von allen Teilnehmern richtig bestimmt. Es handelt sich dabei um Video 19 (*Ceratium hirundinella*). Die Videos 4 (*Istmochloron trispinatum*), 14 (*Rhodomonas lens*) und 9 (*Monoraphidium irregulare*) verzeichneten mit einem Bestimmungserfolg von jeweils unter 80% die geringsten Werte.

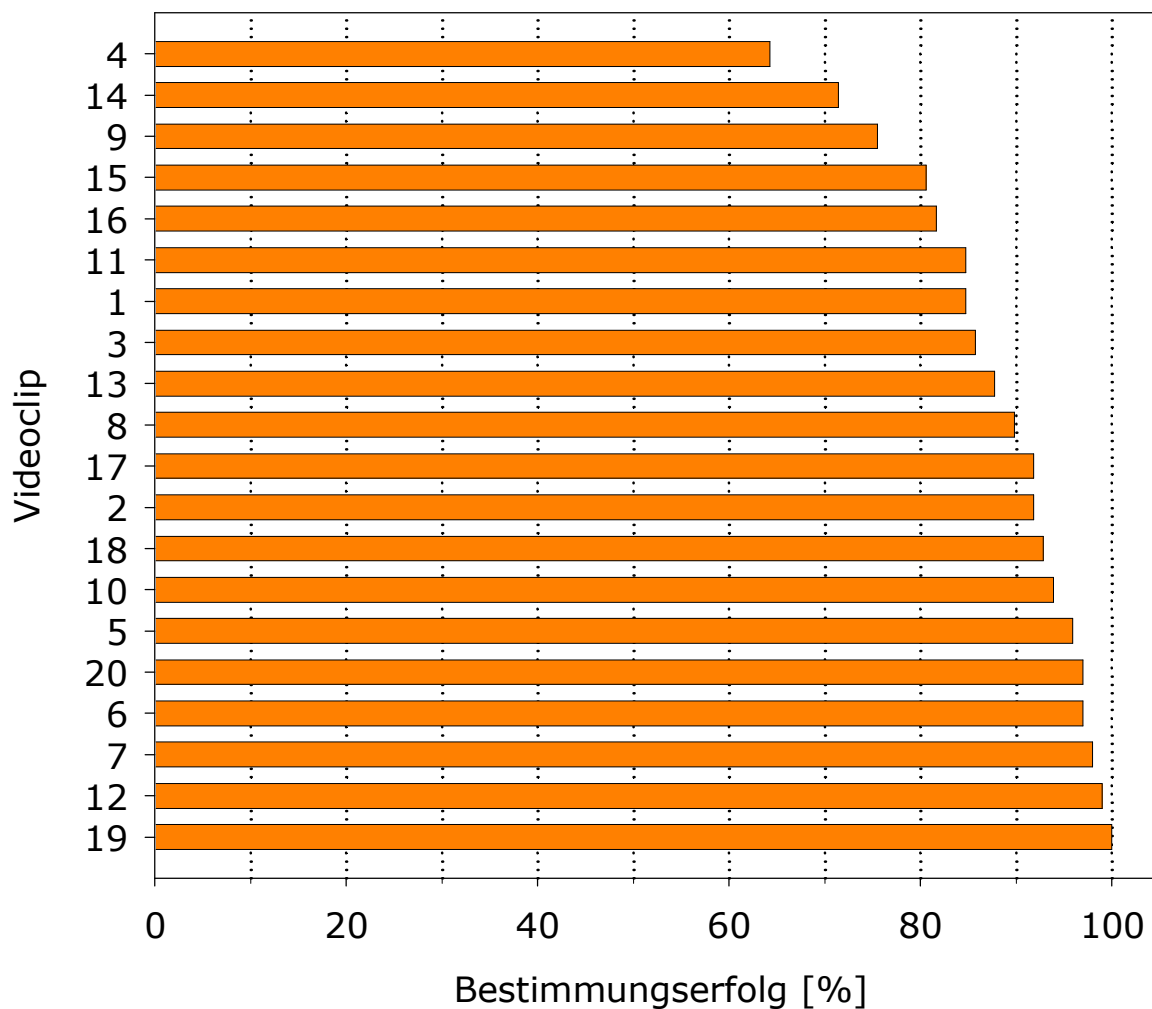


Abbildung 37: Bestimmungserfolg der einzelnen Videoclips.

Für eine richtige Bestimmung entsprechend dem vorgegebenen Bestimmungsniveau wurden 2 Punkte vergeben. Die Teilnehmer erhielten einen Punkt für die korrekte Bestimmung der nächst höheren taxonomischen Ebene. Die Synonymisierung wurde weitgehend berücksichtigt. Darüber hinaus wurde auch dem Umstand Rechnung getragen, dass im Unterschied zu einem Bestimmungsvorgang in einer realen Probe keine Absicherung durch die Begutachtung mehrerer Exemplare erfolgen konnte. Insofern wurden bei einigen Videoclips für sehr ähnliche Arten ebenfalls 2 Punkte vergeben. Das Qualitätsziel wurde in Anlehnung an die LAWA bei 80% der Maximalpunktzahl festgelegt. Alle Teilnehmer des Ringversuchs haben Ergebnisse für diese Komponente geliefert. Von diesen 49 Teilnehmern haben 42 das Qualitätsziel erreicht (86%). 7 Teilnehmer haben alle Phytoplanktontaxa korrekt bestimmt und erhielten die maximal erreichbare Punktzahl.

Tabelle 26: Bestimmungsvorschläge für die Planktonalgen in den Videoclips

Video	Bestimmungsvorschlag	Niveau
1	<i>Stephanodiscus neoastraea</i> Håkansson & Hickel 1986	Art
2	<i>Fragilaria arcus</i> (Ehrenberg) Cleve 1898	Art
3	<i>Peridinium willei</i> Huitfeldt-Kaas 1900	Art
4	<i>Isthmochloron trispinatum</i> (W. West & G.S. West) Skuja 1948	Art
5	<i>Phacus</i> Dujardin 1841	Gattung
6	<i>Scenedesmus opoliensis</i> P.G. Richter 1897	Art
7	<i>Asterionella formosa</i> Hassall 1850	Art
8	<i>Coelastrum astroideum</i> De Notaris 1867	Art
9	<i>Monoraphidium irregulare</i> (G.M.Smith) Komárková-Legnerová 1969	Art
10	<i>Dictyosphaerium</i> Nägeli 1849	Gattung
11	<i>Rhizosolenia eriensis</i> H.L. Smith 1872	Art
12	<i>Pediastrum boryanum</i> (Turpin) Meneghini 1840	Art
13	<i>Closterium acutum</i> Brébisson ex Ralfs 1848	Art
14	<i>Rhodomonas lens</i> Pascher & Ruttner in Pascher 1913	Art
15	<i>Gonium sociale</i> (Dujardin) Warming 1876	Art
16	<i>Aulacoseira islandica</i> (O.Müller) Simonsen 1979	Art
17	<i>Mougeotia</i> C. Agardh 1824	Gattung
18	<i>Planktothrix agardhii</i> (Gomont) Anagnostidis & Komárek 1988	Art
19	<i>Ceratium hirundinella</i> (O.F. Müller) Dujardin 1841	Art
20	<i>Tetraedron caudatum</i> (Corda) Hansgirg 1888	Art

Tabelle 27: Punktevergabe bei der taxonomischen Bestimmung der Videoclips

Video	Taxon	Punkte	Anzahl
1	Stephanodiscus neoastraea	2	36
1	Stephanodiscus rotula	2	3
1	Stephanodiscus astrea/berolensis	2	1
1	Stephanodiscus niagarae	2	1
1	Stephanodiscus sp.	1	1
1	Cyclotella comta	0	3
1	Cyclotella radiosa	0	2
1	Cyclotella meneghiana	0	1
1	Cyclotella sp.	0	1
2	Fragilaria arcus	2	24
2	Ceratoneis arcus	2	10
2	Hannaea arcus	2	6
2	Fragilaria arcus var. arcus	2	5
2	Eunotia arcus	0	1
2	Eunotia pectinalis	0	1
2	Eunotia sp.	0	1
2	Synedra arcus	0	1
3	Peridinium willei	2	33
3	Peridinium bipes	1	8
3	Peridinium sp.	1	8
4	Isthmochloron trispinatum	2	30
4	Arthrodesmus sp.	1	2
4	Arthrodesmus octocornis	1	1
4	Xanthidium sp.	0	6
4	Xanthidium alpinum	0	4
4	Xanthidium antilopaeum	0	3
4	Staurastrum sp.	0	1
4	Tetraedron sp.	0	1
4	Xanthidium octocorne	0	1
5	Phacus sp.	2	34
5	Phacus pyrum	2	6
5	Monomorphina pyrum	2	4
5	Monomorphina sp.	2	2
5	Phacus megalopsis	2	1
5	Lepocinclis sp.	0	2
6	Scenedesmus opoliensis	2	38
6	Desmodesmus opoliensis	2	4
6	Scenedesmus protuberans	2	3
6	Scenedesmus opoliensis var. mononensis	2	1
6	Scenedesmus quadricauda	1	2
6	Scenedesmus communi	1	1
7	Asterionella formosa	2	48
7	Tabellaria sp.	0	1
8	Coelastrum astroideum	2	40
8	Coelastrum reticulatum	1	3
8	Coelastrum microporum	1	2
8	Coelastrum pseudomicroporum	1	1
8	Coelastrum sp.	1	1
8	Coelastrum sphaericum	1	1
8	Dictyosphaerium pulchellum	0	1

Fortsetzung Tabelle 27:

Video	Taxon	Punkte	Anzahl
9	Monoraphidium irregulare	2	30
9	Monoraphidium contortum	1	7
9	Monoraphidium mirabile	1	5
9	Monoraphidium arcuatum	1	1
9	Monoraphidium sp.	1	1
9	Ankistrodesmus angustus	0	1
9	Ankistrodesmus falcatus	0	1
9	Chlosteriopsis longissima	0	1
9	Hyaloraphidium contortum	0	1
9	Schroederia robusta	0	1
10	Dictyosphaerium sp.	2	38
10	Dictyosphaerium pulchellum	2	4
10	Dictyosphaerium sphagnale	2	1
10	Dictyosphaerium cf. tetrachotomum	2	1
10	Dictyosphaerium chlorelloides	2	1
10	Dictyosphaerium pulchellum var. minutum	2	1
10	Snowella sp.	0	2
10	Snowella litoralis	0	1
11	Rhizosolenia eriensis	2	32
11	Urosolenia eriensis	2	4
11	Rhizosolenia longiseta	1	8
11	Urosolenia longiseta	1	2
11	Urosolenia sp.	1	1
11	non. det.	0	2
12	Pediastrum boryanum	2	48
12	Pediastrum duplex	1	1
13	Closterium acutum var. variabile	2	24
13	Closterium acutum	2	15
13	Closterium acutum var. acutum	2	1
13	Closterium sp.	1	3
13	Closterium exiguum	1	1
13	Closterium var. variabile	1	1
13	Closterium venus	1	1
13	Ankistrodesmus gracilis	0	1
13	Monoraphidium indicum	0	1
13	Monoraphidium mirabile	0	1
14	Rhodomonas lens	2	22
14	Rhodomonas lacustris	2	4
14	Rhodomonas minuta	2	3
14	Plagioselmis lacustris	2	1
14	Plagioselmis nannoplanctica	2	1
14	Rhodomonas minuta	2	1
14	Rhodomonas sp.	1	4
14	Cryptomonas stigmatica / Rodomonas lacustris	1	1
14	Cryptophyceae non. det.	1	1
14	Cryptomonas sp.	0	4
14	Cryptomonas erosa	0	3
14	Cryptomonas caudata	0	1
14	Cryptomonas marssonii	0	1
14	Cryptomonas ovata	0	1
14	Cryptomonas pyrenoidifera	0	1

Fortsetzung Tabelle 27

Video	Taxon	Punkte	Anzahl
15	Gonium sociale	2	32
15	Tetrabaena socialis	2	7
15	Gonium sp.	1	1
15	non. det.	0	2
15	Coelastrum microporum	0	1
15	Coelastrum microporum var. octaedricum	0	1
15	Coelastrum sp.	0	1
15	Coelostrum microporum var. octaedricum	0	1
15	Coronastrum sp.	0	1
15	Crucigenia quadrata	0	1
15	Green alga	0	1
16	Aulacoseira islandica	2	29
16	Aulacoseira islandica morphotypus helvetica	2	1
16	Aulacoseira islandica var. helvetica	2	1
16	Aulacoseira ambigua	1	6
16	Aulacoseira sp.	1	3
16	Aulacoseira granulata	1	2
16	Aulacoseira italica	1	2
16	Aulacoseira undulata var. normanni	1	1
16	Aulacoseria crenulata	1	1
16	Melosira granulata	1	1
16	Melosira granulata/varians	1	1
16	Melosira sp.	1	1
17	Mougeotia sp.	2	44
17	Mougeotia gracillima	2	1
17	Gonatozygon sp.	0	2
17	Oedogonium sp.	0	1
17	Planctonema sp.	0	1
18	Planktothrix agardhii	2	36
18	Oscillatoria agardhii	2	3
18	Oscillatoria rubescens	2	1
18	Planktothrix rubescens	2	1
18	Planktothrix rubescens/agardhii	2	1
18	Oscillatoria sp.	1	3
18	Oscillatoria tenuis	1	2
18	Planktothrix prolifica	1	1
18	Planktothrix suspensa	1	1
19	Ceratium hirundinella	2	49
20	Tetraedron caudatum	2	48
20	Chlorotetraedron incus	1	1

5. Literatur

ANALYTICAL METHODS COMMITTEE (1989a): Robust statistics – how not to reject outliers, Part 1. Basic concepts. *The Analyst* **114**: 1693-1697

ANALYTICAL METHODS COMMITTEE (1989b): Robust statistics – how not to reject outliers, Part 2. Inter-laboratory Trials. *The Analyst* **114**: 1699-1702

EN 15204 M14 (2006): Wasserbeschaffenheit – Anleitung für die Zählung von Phytoplankton mittels der Umkehrmikroskopie (Utermöhl-Technik). Europäisches Komitee für Normung, 56 S.

EUROLAB (2006): Guide to the Evaluation of Measurement Uncertainty for Quantitative Test Results. Technical Report 1/2006, 50p.

FEARN, T. & M. THOMPSON (2001): A new test for „sufficient homogeneity“. *The Analyst* **126**: 1414-1417

HORN, H., HORN, W. & M. KOHLSDORF (1987): Theoretical and practical investigations on the heterogeneous distribution of plankton in the main basin of the Saldenbach Reservoir. *Acta hydrochim. hydrobiol.* **15**: 327-350

ISO 5725 (1995): Accuracy (trueness and precision) of measurement methods and results. ISO Genève, 1995

ISO/TS 21478 (2004): Guidance for the use of repeatability, reproducibility and trueness estimates in measurement uncertainty estimation, ISO Genève, 2004

SPASOVA, Y., POMMÉ, S. & U. WÄTJEN (2007): Visualisation of interlaboratory results in PomPlots. *Accred. Qual. Assur.* **12**: 623-627