

Ringtest Phytoplankton 2013

Abschlussbericht September 2014

Andreas Meybohm, Jan Trübsbach und Tilo Hegewald

INHALT

1.	ORGANISATION	1
1.1.	Ausrichter	1
1.2.	Teilnehmer	2
1.3.	Ringversuchsdesign	3
1.4.	Ringversuchsablauf	4
1.5.	Probenherstellung	4
1.5.1.	Referenzzählkammern	4
1.5.2.	Natürliche Phytoplanktonprobe	5
2.	HOMOGENITÄTSTEST	7
2.1.	Mikroskopische Untersuchung	8
2.2.	Untersuchungen mit dem Benchtop FlowCam (Fluid Imaging Technology).....	10
2.3.	Ergänzende Statistik.....	11
3.	STABILITÄTSTEST	11
4.	ERGEBNISSE	13
4.1.	Komponente 1: Konzentration, Volumenkonzentration und Vermessung der Mikropartikel	13
4.2.	Komponente 2: Natürliche Probe	23
4.2.1.	Zellzahlen	23
4.2.2.	Biovolumina.....	34
4.3.	Komponente 3: Taxonomische Bestimmung / Videoclips.....	45
5.	DISKUSSION.....	53
5.1.	Komponente 1: Referenzzählkammern.....	54
5.1.1.	Zusammenhang zwischen Zählstrategie und Ergebnis	54
5.1.2.	Vermessung der Mikropartikel	59
5.2.	Komponente 2: natürliche Probe	59
5.2.1.	Quantitative Aspekte	59
5.2.2.	Qualitative Aspekte	60
5.2.3.	Zusammenhang zwischen Zählstrategie und Ergebnis	63
5.2.4.	Zellvolumina	71
5.3.	Komponente 3: Taxonomie	75
6.	LITERATUR.....	77

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, Hochschul- und Forschungsinstituten in der Bundesrepublik Deutschland sowie 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. Der Arbeitskreis Biologie der ATT führt seit Anfang der 90er Jahre für seine Mitgliedsunternehmen Phytoplankton Ringversuche durch. Der Ringversuch EQAT Phytoplankton 2013 war der fünfte Ringversuch, der allen interessierten Laboren in Europa offen stand. Die Organisation, Durchführung und die Auswertung lagen federführend in der Hand der LTV, die seit Juni 2013 nach DIN ISO/IEC 17043 als Ausrichter von Phytoplanktonringversuchen akkreditiert ist. Alle 4 Labore der LTV sind darüber hinaus nach DIN ISO/IEC 17025 für die Probenahme sowie Identifizierung und Zählung von Phytoplankton akkreditiert.

Tabelle 1: Aufgabenverteilung

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 Hegewald	LTV	Statistik, Auswertung
im Auftrag	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 2013 hatten sich 78 Labore angemeldet. Aus Deutschland lagen 33 Anmeldungen vor. Weitere 43 Anmeldungen kamen aus anderen europäischen Ländern sowie 2 Anmeldungen vom amerikanischen Kontinent. Allen 78 angemeldeten Laboren wurden die Ringversuchs-Proben zugestellt. 78 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**.

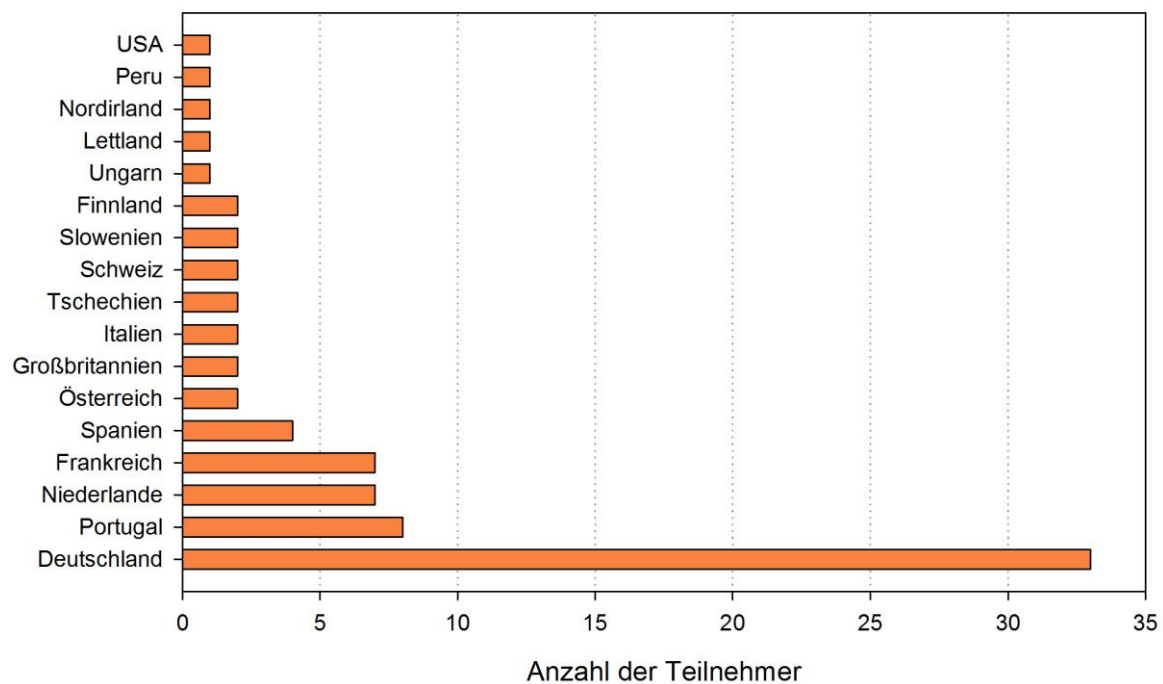


Abbildung 1: Geografische Herkunft der teilnehmenden Labore.

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 vor allem 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.

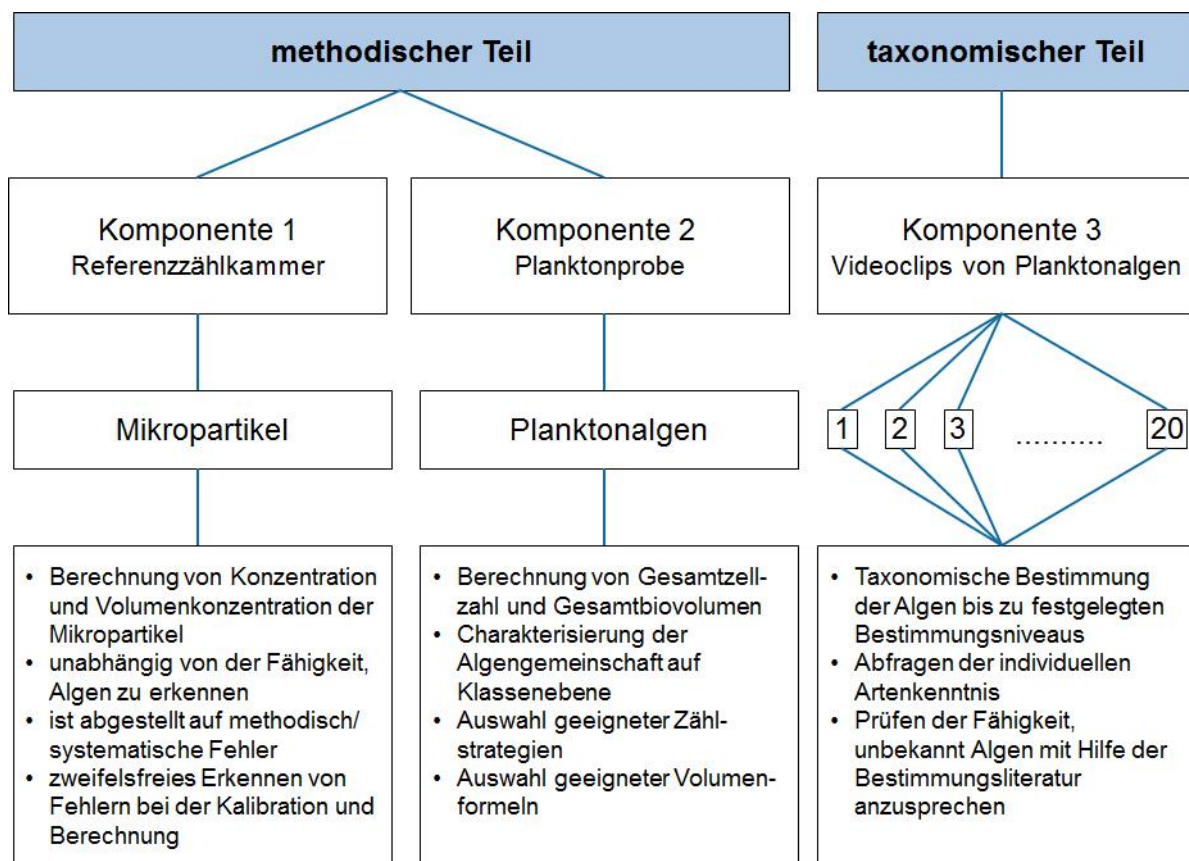


Abbildung 2: Visualisierung des Ringversuchsdesigns.

1.4. Ringversuchsablauf

Die Ankündigung des Ringversuchs erfolgte Anfang Oktober 2012. Vom 1. Dezember 2012 bis zum 31. Januar 2013 konnten sich Interessenten zur Teilnahme online auf unserer Webseite anmelden. Am 8. Mai 2013 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 5. Juli 2013 Zeit gegeben. Bis zu diesem Datum mussten die Ergebnisse beim Ringversuchsausrichter eingegangen sein. Am 16. September 2013 wurden die ersten Ergebnisse als Vorabinformation auf der Webseite eingestellt. Der Versand der Zertifikate und der Ergebnisblätter erfolgte am 18. Dezember 2013. Die Erstellung des Abschlussberichts wurde Anfang September 2014 abgeschlossen. Seit dem steht der Bericht unter www.planktonforum.eu zum Download bereit.

1.5. Probenherstellung

1.5.1. Referenzzählkammern

Die Referenzzählkammern sind eine Eigenentwicklung der Landestalsperrenverwaltung Sachsen und wurden in Kooperation mit der TSO Thalheim Spezialoptik GmbH, Pulsnitz gefertigt. Dabei handelt es sich um Planktonkammern auf deren Bodengläsern Mikropartikel einer definierten Anzahl und Größe aufgetragen wurden. Im Vergleich zu den vorher verwendeten Suspensionen mit Mikropartikeln, die von den Teilnehmern wie eine Planktonprobe behandelt werden mussten, erhielten die Teilnehmer mit den Referenzkammern gebrauchsfertige und hinsichtlich Anzahl und Verteilung der Mikropartikel völlig identische Proben. Dadurch war es möglich, echte Sollwerte der Konzentration der Mikropartikel zugrunde zu legen. Die Teilnehmer sind dadurch in der Lage, ihre Zählkonfigurationen zu überprüfen. Ein Homogenitätstest wie bei den natürlichen Proben ist dadurch nicht mehr erforderlich.



Abbildung 3: Referenzzählkammer.

Auf den Bodengläsern der Referenzzählkammern wurden insgesamt 35.134 Mikro-partikel aufgetragen. Diese verteilen sich auf drei Größenfraktionen. Der Kammerdurchmesser betrug 26 mm.

Tabelle 2: Größe und Anzahl der Mikroartikel auf den Bodengläsern der Referenzzählkammer.

	Mikroartikel groß	Mikroartikel mittel	Mikroartikel klein
Durchmesser	43 μm	23 μm	12 μm
Anzahl	314	4.520	30.300

1.5.2. Natürliche Phytoplanktonprobe

Im Fall der natürlichen Probe war es das Ziel, eine frische und klar strukturierte Planktonprobe ohne störende Verschmutzungen zur Verfügung zu stellen. Die Planktonprobe wurde wie beim vorhergehenden Ringversuch aus Algenkulturen hergestellt.

Tabelle 3: Taxonomische Zusammensetzung der natürlichen Planktonprobe.

Nr.	Taxon	Herkunft	Ort
Art 1	<i>Peridinium cinctum</i>	Scandinavian Culture Collection of Algae and Protozoa	Stockholm, Schweden
Art 2	<i>Staurastrum arctiscon</i>	Culture Collection of Algae at the University of Cologne	Köln, Deutschland
Art 3	<i>Cryptomonas tetrapyrenoidosa</i>	Culture Collection of Algae at the University of Cologne	Köln, Deutschland
Art 4	<i>Asterionella formosa</i>	Culture Collection of Algae at Göttingen University	Göttingen, Deutschland
Art 5	<i>Monoraphidium griffithii</i>	Culture Collection of Autotrophic Organisms	Trebon, Tschechien
Art 6	<i>Scenedesmus quadricauda</i>	Culture Collection of Algae at Göttingen University	Göttingen, Deutschland
Art 7	<i>Mallomonas akrokomos</i> (rund)	Scandinavian Culture Collection of Algae and Protozoa	Stockholm, Schweden
Art 8	<i>Mallomonas akrokomos</i> (zylindrisch)	Scandinavian Culture Collection of Algae and Protozoa	Stockholm, Schweden
Art 9	<i>Microcystis aeruginosa</i>	Scandinavian Culture Collection of Algae and Protozoa	Stockholm, Schweden

Nach Erhalt wurden die Kulturen in entsprechende Kulturgefäße überführt und unter definierten Licht- und Temperaturbedingungen kultiviert. Nach dem Erreichen der erforderlichen Konzentrationen wurden die Algen geerntet und mit Lugolscher Lösung konserviert. Als Kulturmedium wurden das Waris-H Medium (McFadden et al. 1986) und das DY-V Medium (Andersen et al. 2005) verwendet. Im Vorfeld wurden ungefähre Zielkonzentrationen der einzelnen Arten in der Probe festgelegt. Die entsprechenden Probenvolumina wurden dem finalen Probenansatz hinzugefügt. Begleitet wurden diese Vorgänge durch eine Vielzahl von Kontrollzählungen.

Die Verteilung der Probe in die Probenflaschen erfolgte mit einer fraktionierten Abfüllung in mehreren Durchgängen. Ziel war eine möglichst gleiche Verteilung des Probenmaterials in die 100 Probeflaschen. Dazu wurden nach intensivem Schütteln des Ansatzbehälters (12 L) ca. 2 L Probenvolumen in eine entsprechende Vorratsflasche gefüllt. Mithilfe einer Dispensette wurden jeweils 20 ml in die Probenflaschen dosiert. Nach jeder Dosierung wurde die Vorratsflasche geschüttelt. Nach einem kompletten Durchlauf der 100 Probenflaschen begann ein neuer Durchlauf jedoch mit einem verschobenen Startpunkt. Nach 5 Durchläufen waren in jede Probenflasche 100 ml dosiert. Diesem Pool wurden jeweils 10 Proben für die Homogenitäts- und die Stabilitätsuntersuchungen entnommen.

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 Referenzkammern hat sich die Homogenitätsuntersuchung erübrigt, da alle Kammern ausgehend von einem Urnormal gefertigt wurden und hinsichtlich Anzahl und der Verteilung der Mikropartikel identisch waren. Dies wurde vom Hersteller der Referenzzählkammern mittels aufwendiger optischer Verfahren geprüft und bestätigt.

Bei den in der Komponente 2 verwendeten Testmaterialien handelt es sich um 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.

Für die Überprüfung der homogenen Verteilung der Algen in die Probenflaschen kamen zwei unterschiedliche Verfahren zum Einsatz. Wie bei den vorhergehenden Ringversuchen erfolgte eine mikroskopische Auszählung der Homogenitätsproben. Dabei ganz bewusst auf ein Taxon zurückgegriffen wurde, welches auf Grund seiner Größe und Konzentration verteilungsunabhängig mit vertretbarem Aufwand erfasst werden konnte. Im aktuellen Ringversuch handelte es sich dabei um *Peridinium cinctum*. Zur Durchführung der Homogenitätstests wurden dem Probenpool 10 Flaschen entnommen und unter Verwendung von 10 ml Sedimentationszylindern jeweils 2 Sedimentationskammern befüllt. Nach einer angemessenen Sedimentationszeit wurde *Peridinium cinctum* in jeder Kammer vollständig quantitativ erfasst.

Darüber hinaus kam ein Benchtop FlowCam der Fa. Fluid Imaging Technology, Inc. Yarmouth USA zum Einsatz. Dabei handelt es sich um ein automatisiertes Partikelanalyzesystem. Beim Durchströmen einer Durchflusszelle werden eine definierte Anzahl der suspendierten Partikel fotografiert und mit Hilfe der Software nach festzulegenden morphologischen Merkmalen klassifiziert. Auf dieser Grundlage kann eine

quantitative und qualitative Analyse von Planktonproben durchgeführt werden. Weitergehende Informationen können unter folgendem Link abgerufen werden: www.fluidimaging.com. Mit diesem Ansatz wurde die Homogenität der Arten *Cryptomonas tetrapyrenoidosa* und *Monoraphidium griffithii* überprüft.

2.1. Mikroskopische Untersuchung

Die Ergebnisse der Homogenitätsuntersuchung sind in **Abbildung 4** dargestellt. Die Zählergebnisse für *Peridinium cinctum* schwankten zwischen 147 und 199 Zellen/10 ml. Mit $p=0,645$ wurde eine homogene Verteilung auf die Probenflaschen festgestellt. Unter diesen Voraussetzungen ist es als gesichert anzusehen, dass alle Testmaterialien homogen in die Probenflaschen verteilt worden sind. Dabei wird angenommen, dass dies auch für alle anderen verwendeten Testmaterialien zutreffend ist.

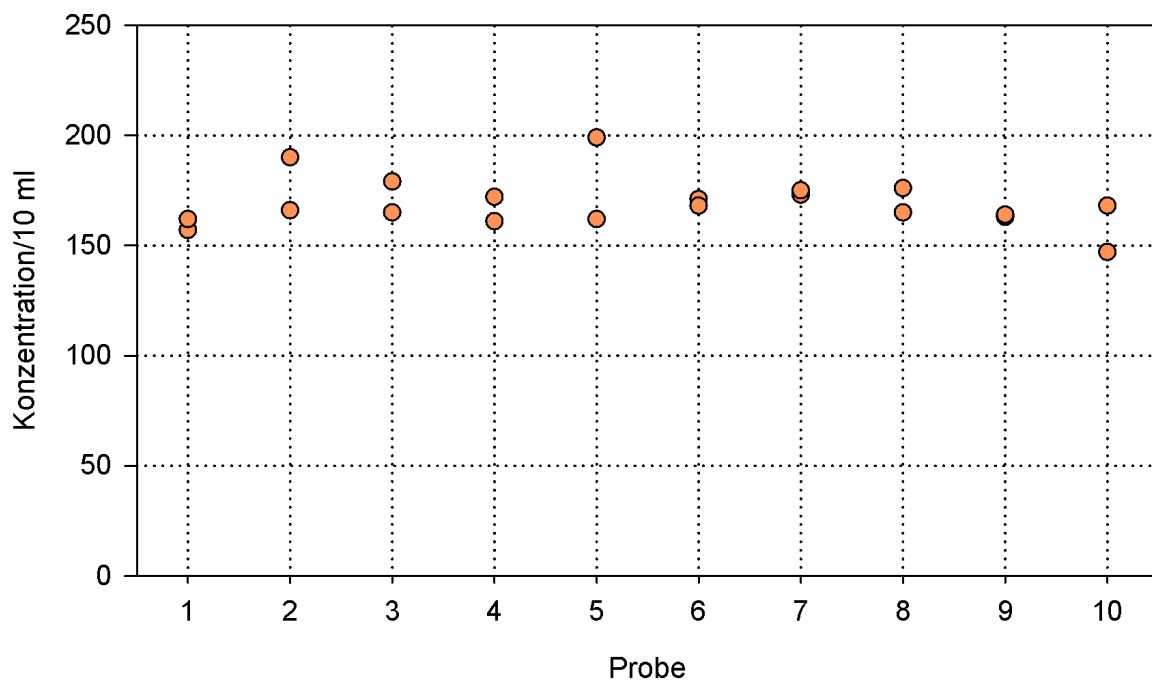


Abbildung 4: Homogenitätsuntersuchung der natürlichen Probe (je Probe N=2).

Tabelle 4: Homogenitätsuntersuchung natürlichen Probe, Ergebnisse ANOVA.

<i>Peridinium cinctum</i>	Quadratsumme	df	Mittel der Quadrate	F	Signifikanz
Zwischen den Gruppen	1013,5	9	112,6	0,774	0,645
Innerhalb der Gruppen	1455,5	10	145,6		
Gesamt	2469	19			

Die Ergebnisse aller Teilnehmer schwanken zwischen 0 und 59.410 Zellen/L. Die im Rahmen des Homogenitätstest ermittelten Zellzahlen variieren zwischen 14.700 und 19.900 Zellen/L. Die Medianwerte liegen mit 17.000 Zellen/L bei den Teilnehmern und 16.700 Zellen/L bei der LTV dicht bei einander.

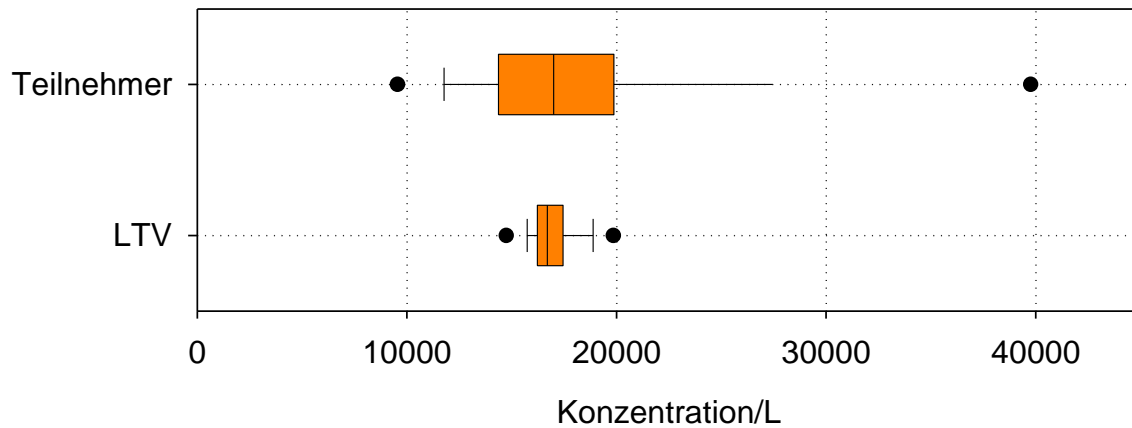


Abbildung 5: Natürliche Probe (*Peridinium cinctum*), Vergleich der Zählergebnisse zwischen den Teilnehmern und den Ergebnissen der Homogenitätszählung, 5/95, 10/90, 25/75% Perzentil, Median.

2.2. Untersuchungen mit dem Benchtop FlowCam (Fluid Imaging Technology)

Mit der Hilfe des FlowCam Gerätes sollte zusätzlich zur mikroskopischen Auszählung von Peridinium die Homogenität der kleinen Arten in den Proben nachgewiesen werden. Dafür wurden dieselben Homogenitätsproben verwendet, wie bei der mikroskopischen Analyse. Stellvertretend für die mittleren und kleinen Arten wurden *Cryptomonas tetrapyrenoidosa* und *Monoraphidium griffithii* untersucht. Dafür wurden aus jeder Homogenitätsprobe 3 ml Probenvolumen mit dem FlowCam analysiert. Für beide Arten wurde eine homogene Verteilung in die Probenflaschen nachgewiesen.

Tabelle 5: Homogenitätsuntersuchung natürlichen Probe, Ergebnisse ANOVA.

<i>Cryptomonas tetrap.</i>	Quadratsumme	df	Mittel der Quadrate	F	Signifikanz
Zwischen den Gruppen	11106,5	9	1234,1	1,97	0,10
Innerhalb der Gruppen	12525,3	20	626,3		
Gesamt	23631,9	29			

Tabelle 6: Homogenitätsuntersuchung natürlichen Probe, Ergebnisse ANOVA.

<i>Monoraphidium griffithii</i>	Quadratsumme	df	Mittel der Quadrate	F	Signifikanz
Zwischen den Gruppen	459,9	9	51,1	0,37	0,94
Innerhalb der Gruppen	2787,3	20	139,4		
Gesamt	3247,2	29			

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 Homogenitätszählungen 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 der natürlichen Proben. Die dem Test zugrunde liegende Zielstandardabweichung wurde aus der Vergleichsstandardabweichung vorangegangener Laborvergleichsuntersuchungen (Meybohm et al. 2005, 2008, 2009, 2011) abgeleitet.

3. Stabilitätstest

Stabilitätsuntersuchungen dienen dem Zweck, mögliche Veränderungen der Proben hinsichtlich der Konzentration und des allgemeinen Zustandes der Algenzellen im Verlauf des Ringversuchs darzustellen. Grundlage dieser Untersuchung waren 3 Stabilitätsproben. Zwei von diesen Proben entstammen den Stabilitätsproben, die dem Probenpool entsprechend der Probeplanung entnommen wurden. Bei einer Probe handelt es sich um eine ungeöffnete Rücksendung eines Ringversuchsteilnehmers, dem die Probe infolge einer stark verzögerten postalischen Zustellung doppelt zugesandt worden ist. Die Untersuchungen wurden durch EQAT nach Abschluss der Untersuchungsperiode durchgeführt und mit den Ergebnissen der Ringversuchsteilnehmer verglichen. Es wurden keine signifikanten Unterschiede festgestellt.

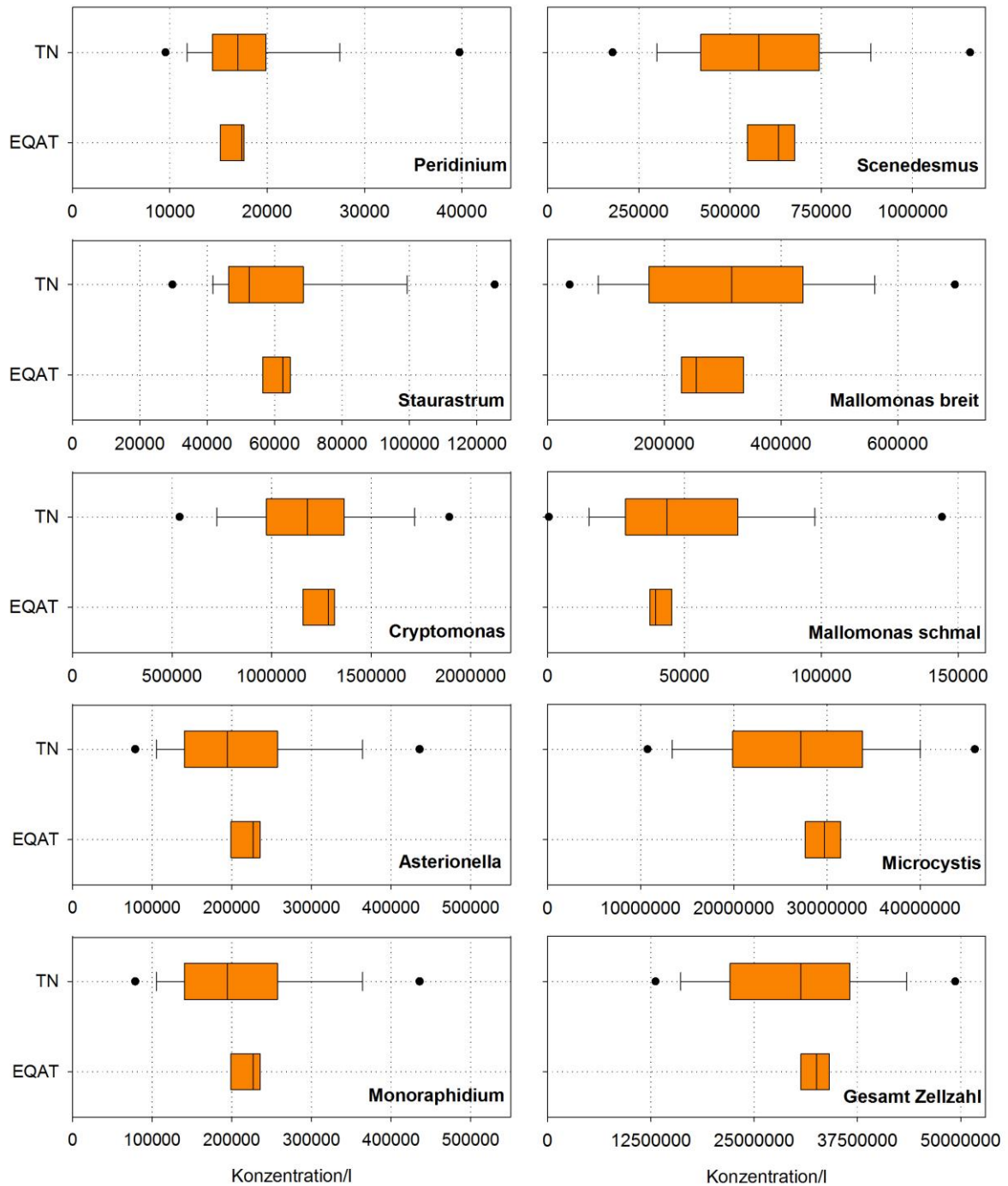


Abbildung 6: Ergebnisse der Stabilitätsuntersuchungen der natürlichen Planktonprobe (TN: Ergebnisse aller Teilnehmer N=231, EQAT: Ergebnisse Stabilitätsuntersuchung, N=3).

4. Ergebnisse

4.1. Komponente 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.

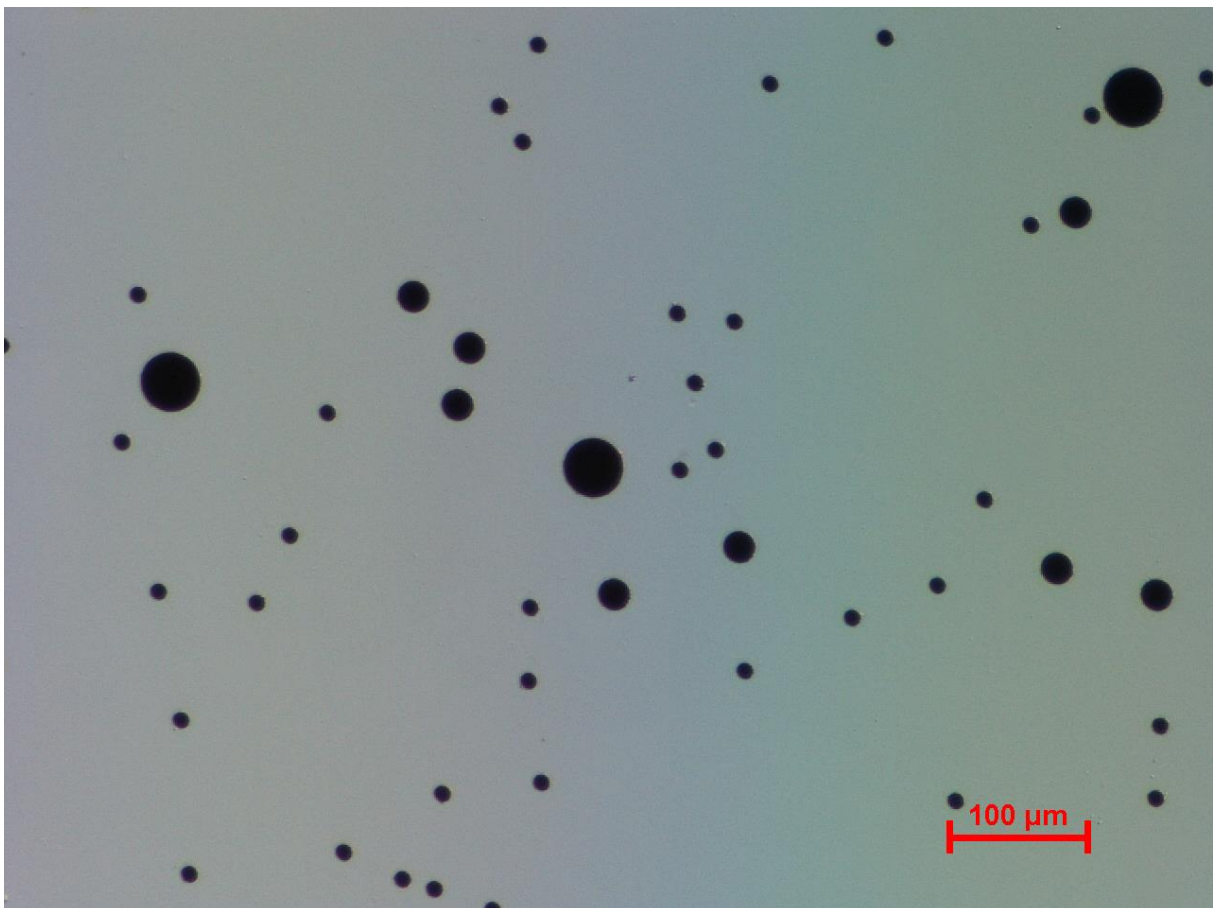


Abbildung 7: Mikropartikel der Referenzzählkammer bei 100facher Vergrößerung.

Probe:	Referenzzählkammer	Robuster Mittelwert:	3.071.015 Partikel/l
Merkmal:	Mikropartikel / 12 µm / Konzentration	Rel. Vergleichs - STD:	7,56 %
Methode:	DIN 38405 A45	Rel. Wiederhol - STD:	4,06 %
Anzahl der Teilnehmer:	78	Toleranzgrenzen ($ Zu\text{-score} < 2,0$):	2.622.870 - 3.554.343 Partikel/l

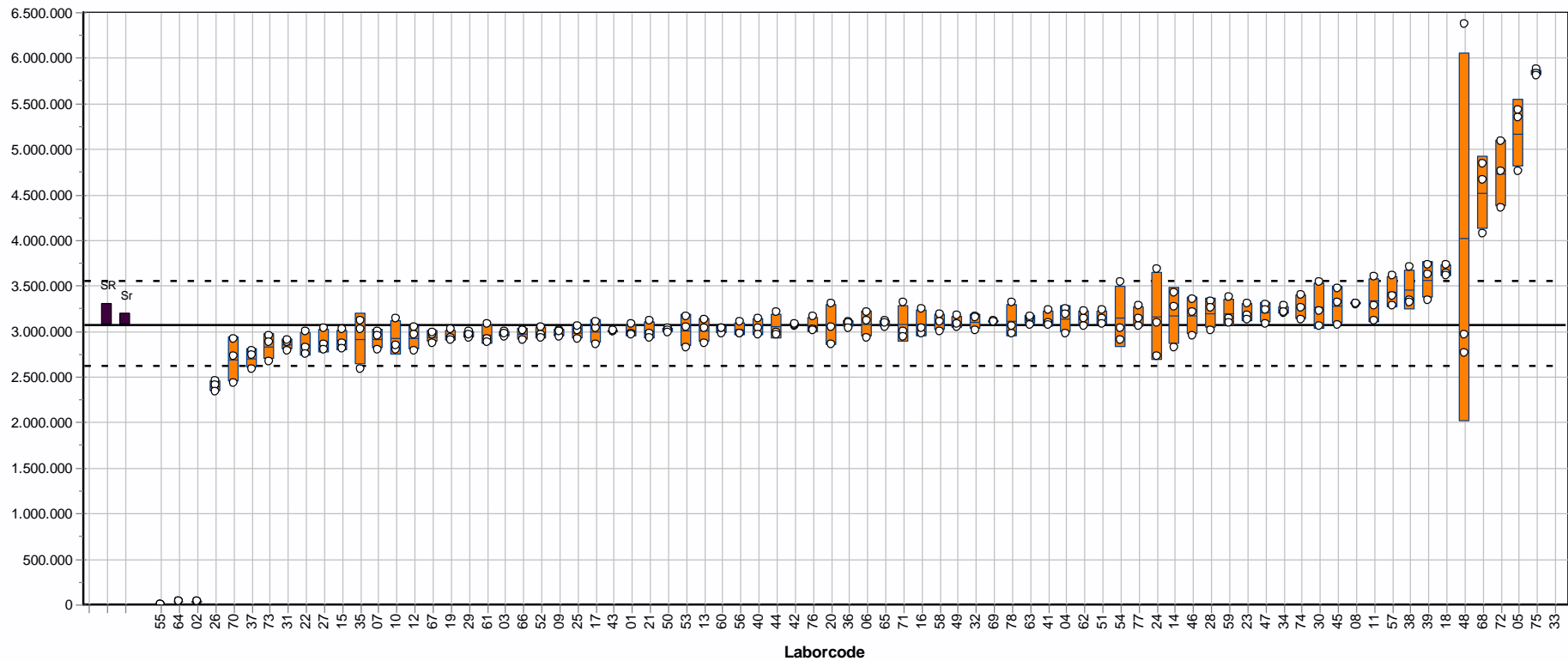


Abbildung 8: Ergebnisse der Konzentrationsbestimmung der Mikropartikel (12 µm), Labormittelwert, Standardabweichung (orangene Boxen), robuster Mittelwert (schwarze Linie), untere und obere Toleranzgrenze (unterbrochene Linie) sowie Vergleichs- (SR) und Wiederholstandardabweichung (Sr).

Probe:	Referenzzählkammer	Robuster Mittelwert:	2,81	mm ³ /l
Merkmal:	Mikropartikel / 12 µm / Vol.-Konzentration	Rel. Vergleichs - STD:	18,57	%
Methode:	DIN 38405 A45	Rel. Wiederhol - STD:	4,57	%
Anzahl der Teilnehmer:	78	Toleranzgrenzen (Zu-score <2,0):	1,847 - 3,972	mm ³ /l

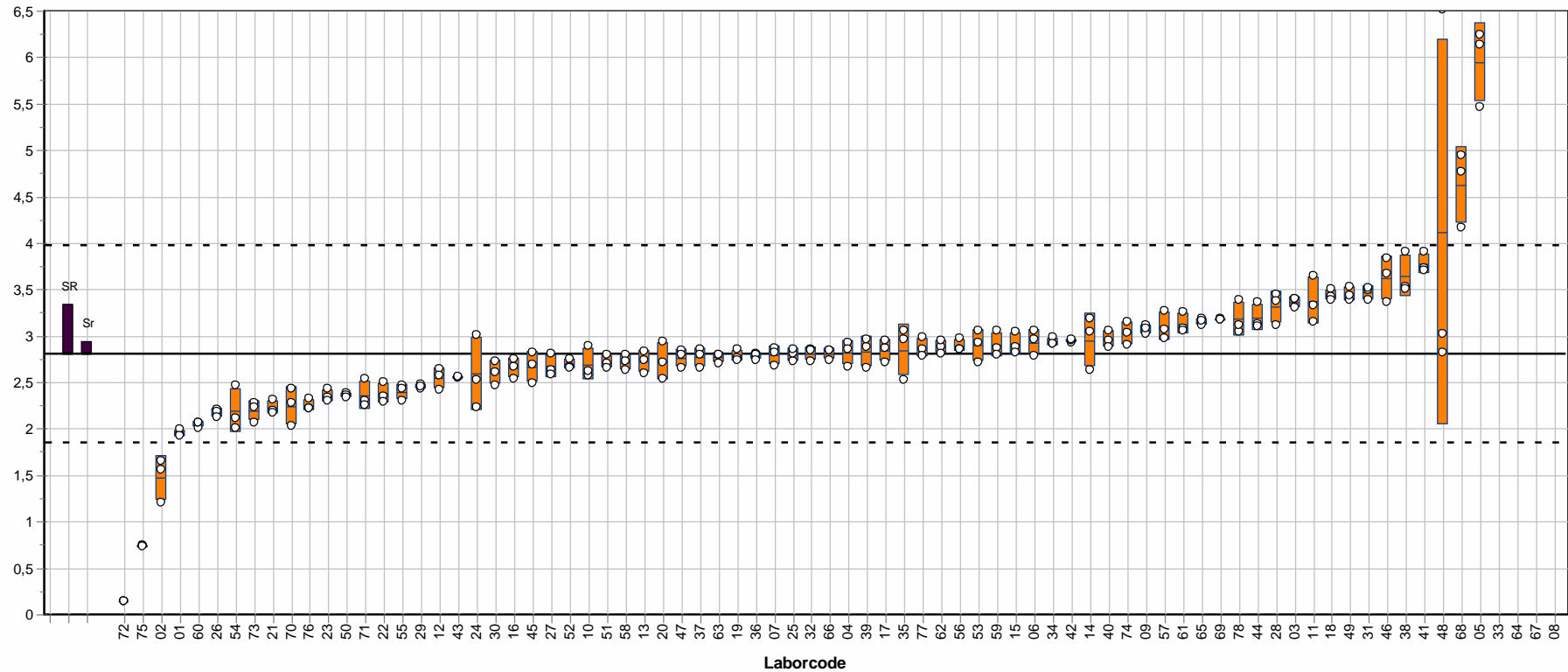


Abbildung 9: Ergebnisse der Volumenkonzentrationsbestimmung der Mikropartikel (12 µm), Labormittelwert, Standardabweichung (Boxen), robuster Mittelwert (schwarze Linie), untere und obere Toleranzgrenze (unterbrochene Linie) sowie Vergleichs- (SR) und Wiederholstandardabweichung (Sr).

Probe:	Referenzzählkammer	Robuster Mittelwert:	12,05 Partikel/l
Merkmal:	Mikropartikel / 12 µm / Durchmesser	Rel. Vergleichs - STD:	5,18 %
Methode:	DIN 38405 A45	Rel. Wiederhol - STD:	1,48 %
Anzahl der Teilnehmer:	78	Toleranzgrenzen ($ Zu\text{-score} < 2,0$):	10,84 - 13,34 Partikel/l

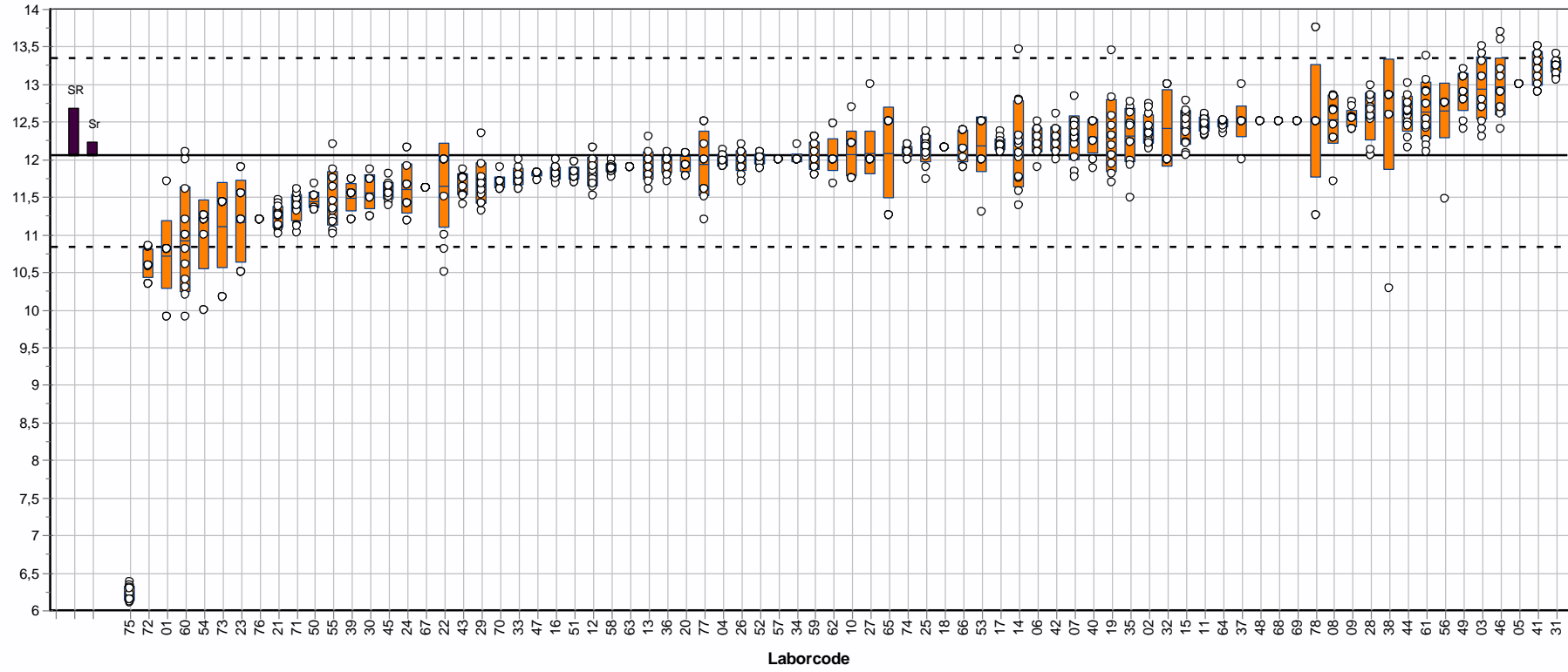


Abbildung 10: Ergebnisse der Vermessung der Mikropartikel (12 µm), Labormittelwert, Standardabweichung, Referenzwert (schwarze Linie), robuster Mittelwert (schwarze Linie), untere und obere Toleranzgrenze (unterbrochene Linie) sowie Vergleichs- (SR) und Wiederholstandardabweichung (Sr).

Probe:	Referenzzählkammer	Robuster Mittelwert:	457.349 Partikel/l
Merkmal:	Mikropartikel / 23 µm / Konzentration	Rel. Vergleichs - STD:	8,39 %
Method:	DIN 38405 A45	Rel. Wiederhol - STD:	4,11 %
Anzahl der Teilnehmer:	78	Toleranzgrenzen ($ Zu\text{-score} < 2,0$):	383.572 - 537.577 Partikel/l

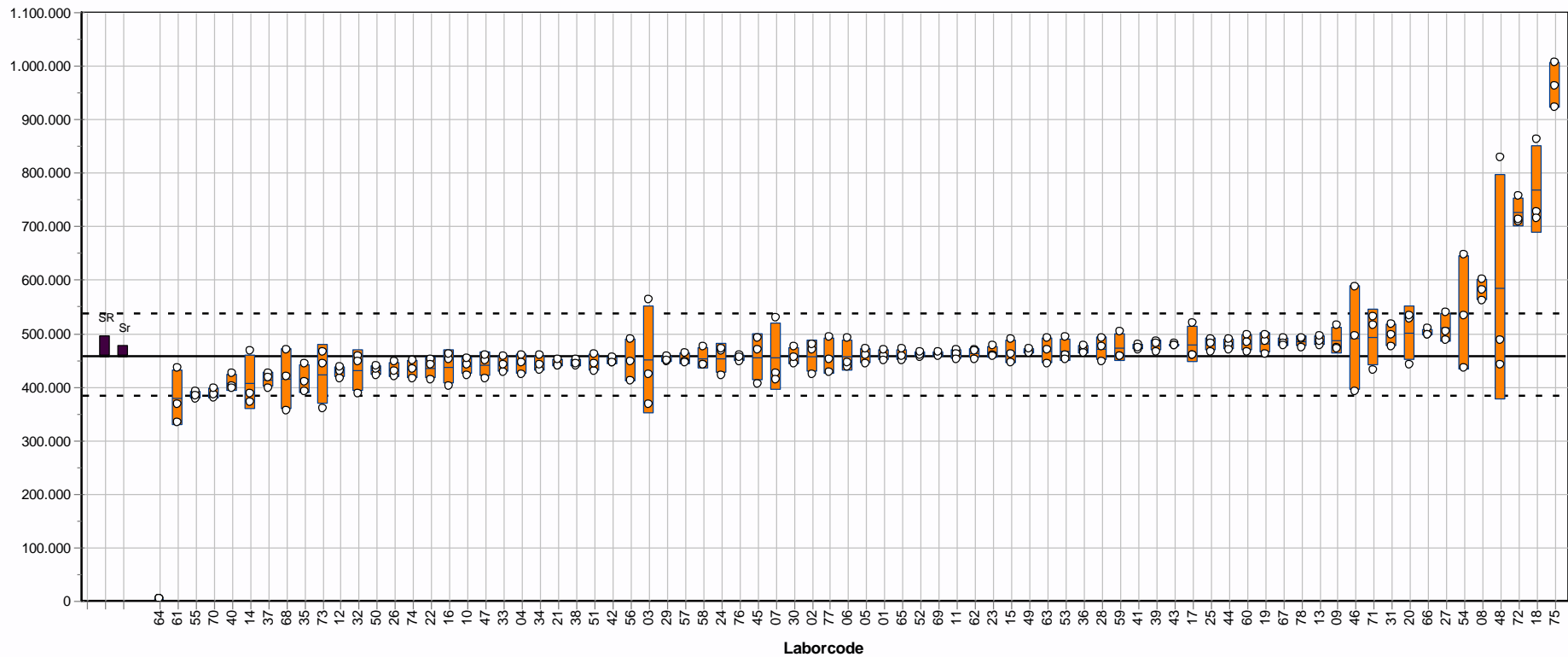


Abbildung 11: Ergebnisse der Konzentrationsbestimmung der Mikropartikel (23 µm), Labormittelwert, Standardabweichung (orange-Boxen), robuster Mittelwert (schwarze Linie), untere und obere Toleranzgrenze (unterbrochene Linie) sowie Vergleichs- (SR) und Wiederholstandardabweichung (Sr).

Probe:	Referenzzählkammer	Robuster Mittelwert:	2,94	mm ³ /l
Merkmal:	Mikropartikel / 23 µm / Vol.-Konzentration	Rel. Vergleichs - STD:	14,81	%
Methode:	DIN 38405 A45	Rel. Wiederhol - STD:	4,31	%
Anzahl der Teilnehmer:	78	Toleranzgrenzen (Zu-score <2,0):	2,124 - 3,886	mm ³ /l

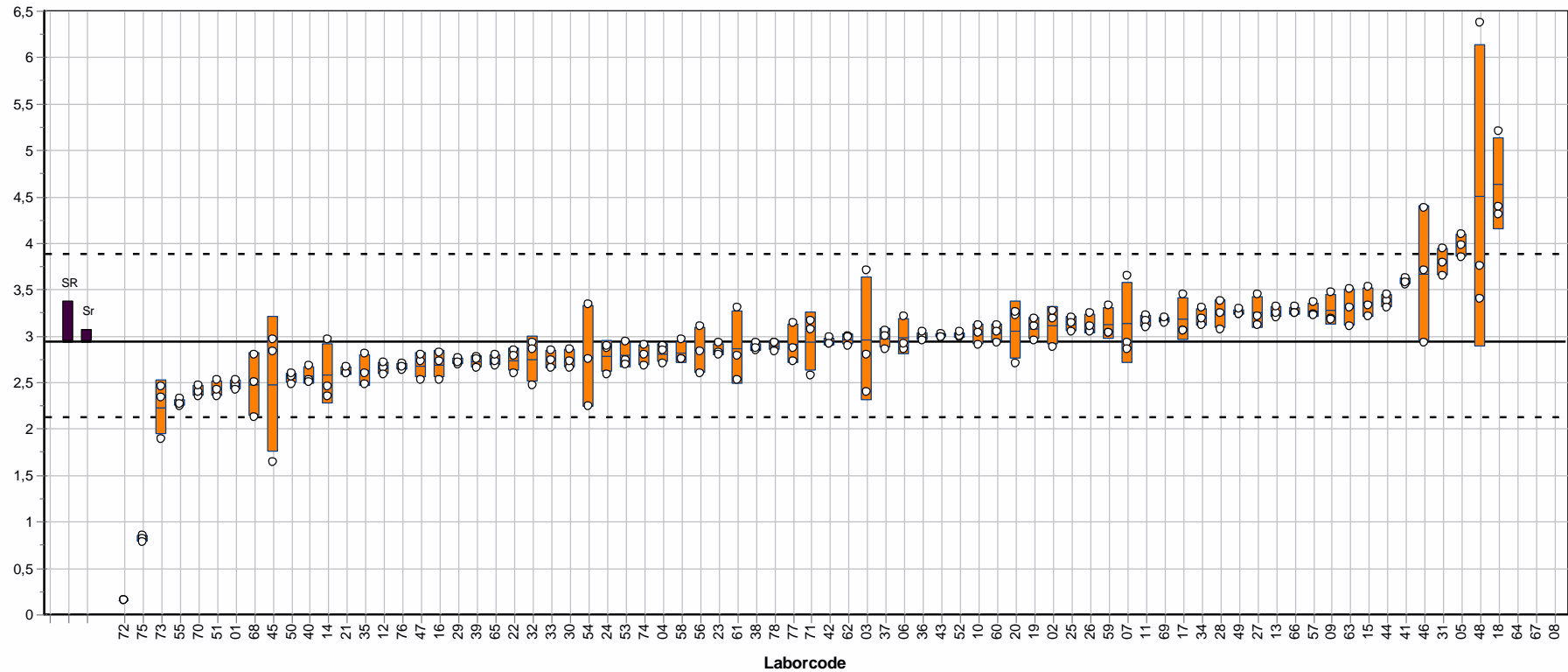


Abbildung 12: Ergebnisse der Volumenkonzentrationsbestimmung der Mikropartikel (23 µm), Labormittelwert, Standardabweichung (Boxen), robuster Mittelwert (schwarze Linie), untere und obere Toleranzgrenze (unterbrochene Linie) sowie Vergleichs- (SR) und Wiederholstandardabweichung (Sr).

Probe:	Referenzzählkammer	Robuster Mittelwert:	23,08 Partikel/l
Merkmal:	Mikropartikel / 23 µm / Durchmesser	Rel. Vergleichs - STD:	3,23 %
Methode:	DIN 38405 A45	Rel. Wiederhol - STD:	0,77 %
Anzahl der Teilnehmer:	78	Toleranzgrenzen ($ Zu\text{-score} < 2,0$):	21,62 - 24,60 Partikel/l

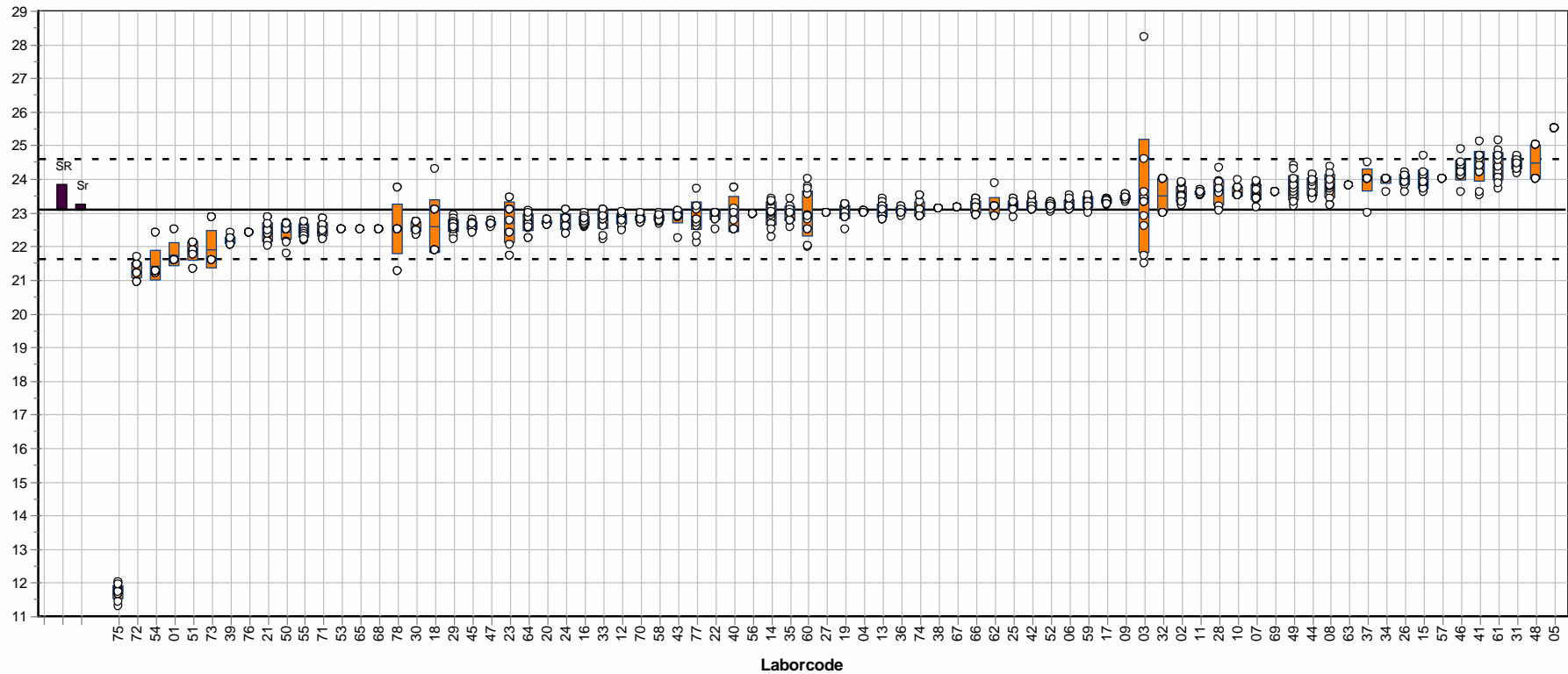


Abbildung 13: Ergebnisse der Vermessung der Mikropartikel (23 µm), Labormittelwert, Standardabweichung, Referenzwert (schwarze Linie), robuster Mittelwert (schwarze Linie), untere und obere Toleranzgrenze (unterbrochene Linie) sowie Vergleichs- (SR) und Wiederholstandardabweichung (Sr).

Probe:	Referenzzählkammer	Robuster Mittelwert:	31.796 Partikel/l
Merkmal:	Mikropartikel / 43 µm / Konzentration	Rel. Vergleichs - STD:	7,21 %
Method:	DIN 38405 A45	Rel. Wiederhol - STD:	4,04 %
Anzahl der Teilnehmer:	78	Toleranzgrenzen ($ Zu\text{-score} < 2,0$):	27.362 - 35.562 Partikel/l

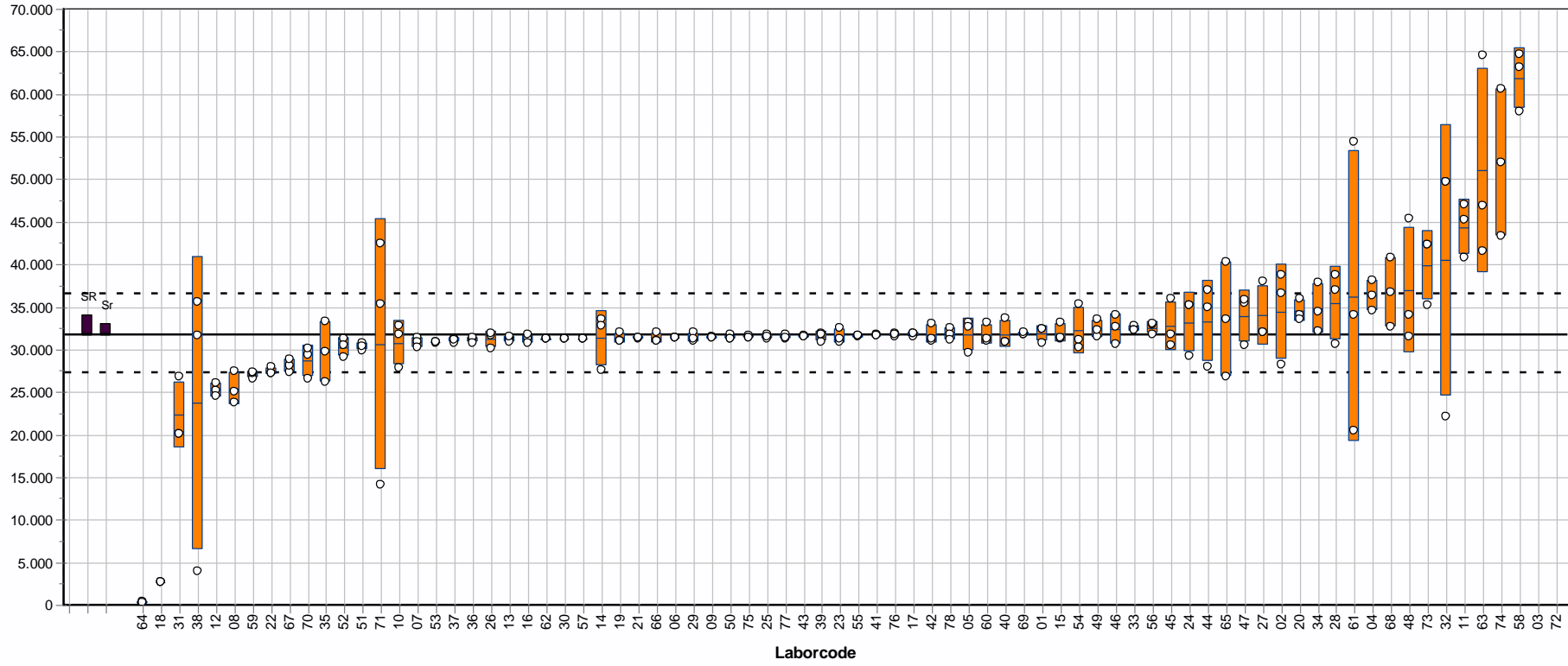


Abbildung 14: Ergebnisse der Konzentrationsbestimmung der Mikropartikel (43 µm), Labormittelwert, Standardabweichung (orange-Boxen), robuster Mittelwert (schwarze Linie), untere und obere Toleranzgrenze (unterbrochene Linie) sowie Vergleichs- (SR) und Wiederholstandardabweichung (Sr).

Probe:	Referenzzählkammer	Robuster Mittelwert:	1,336	mm ³ /l
Merkmal:	Mikropartikel / 43 µm / Vol.-Konzentration	Rel. Vergleichs - STD:	14,26	%
Methode:	DIN 38405 A45	Rel. Wiederhol - STD:	5,07	%
Anzahl der Teilnehmer:	78	Toleranzgrenzen (Zu-score <2,0):	0,978 - 1,748	mm ³ /l

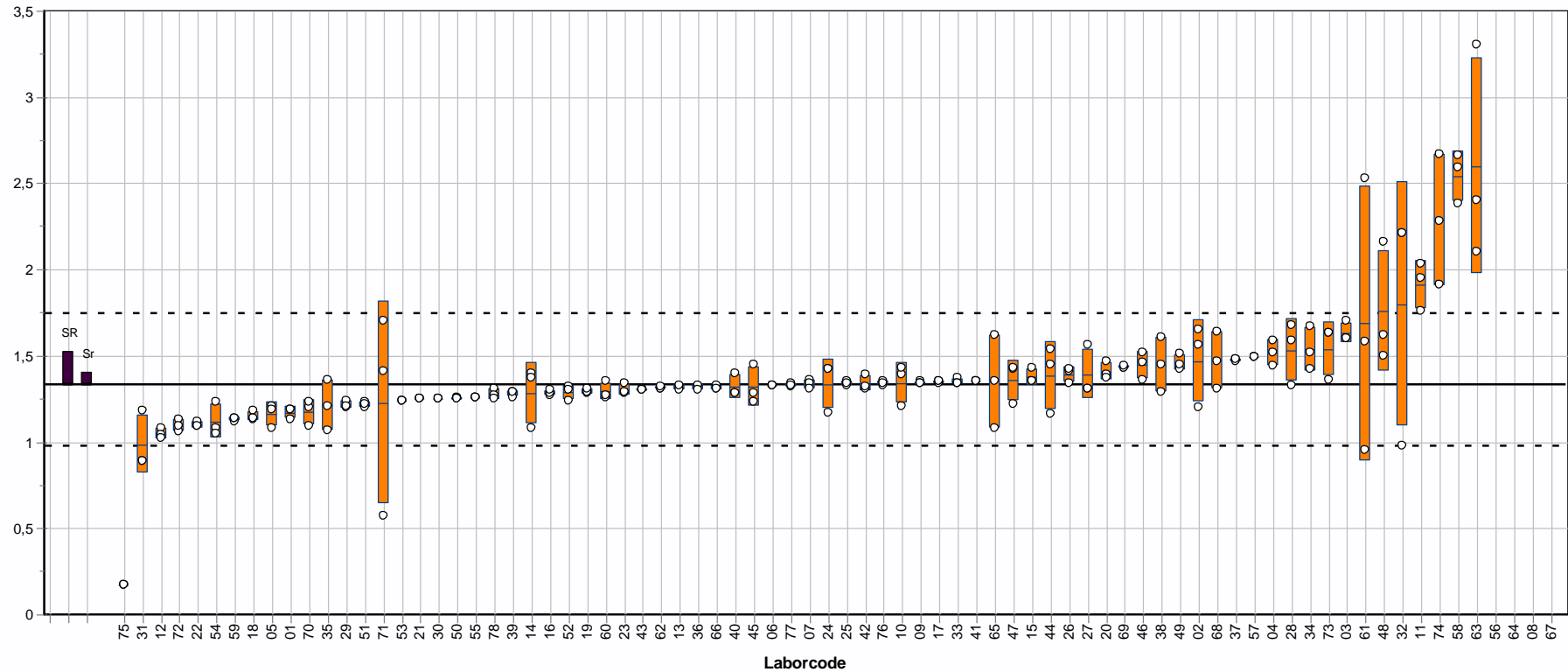


Abbildung 15: Ergebnisse der Volumenkonzentrationsbestimmung der Mikropartikel (43 µm), Labormittelwert, Standardabweichung (Boxen), robuster Mittelwert (schwarze Linie), untere und obere Toleranzgrenze (unterbrochene Linie) sowie Vergleichs- (SR) und Wiederholstandardabweichung (Sr).

Probe:	Referenzzählkammer	Robuster Mittelwert:	43,09 Partikel/l
Merkmal:	Mikropartikel / 43 µm / Durchmesser	Rel. Vergleichs - STD:	1,99 %
Methode:	DIN 38405 A45	Rel. Wiederhol - STD:	0,5 %
Anzahl der Teilnehmer:	78	Toleranzgrenzen ($ Zu\text{-score} < 2,0$):	41,4 - 44,48 Partikel/l

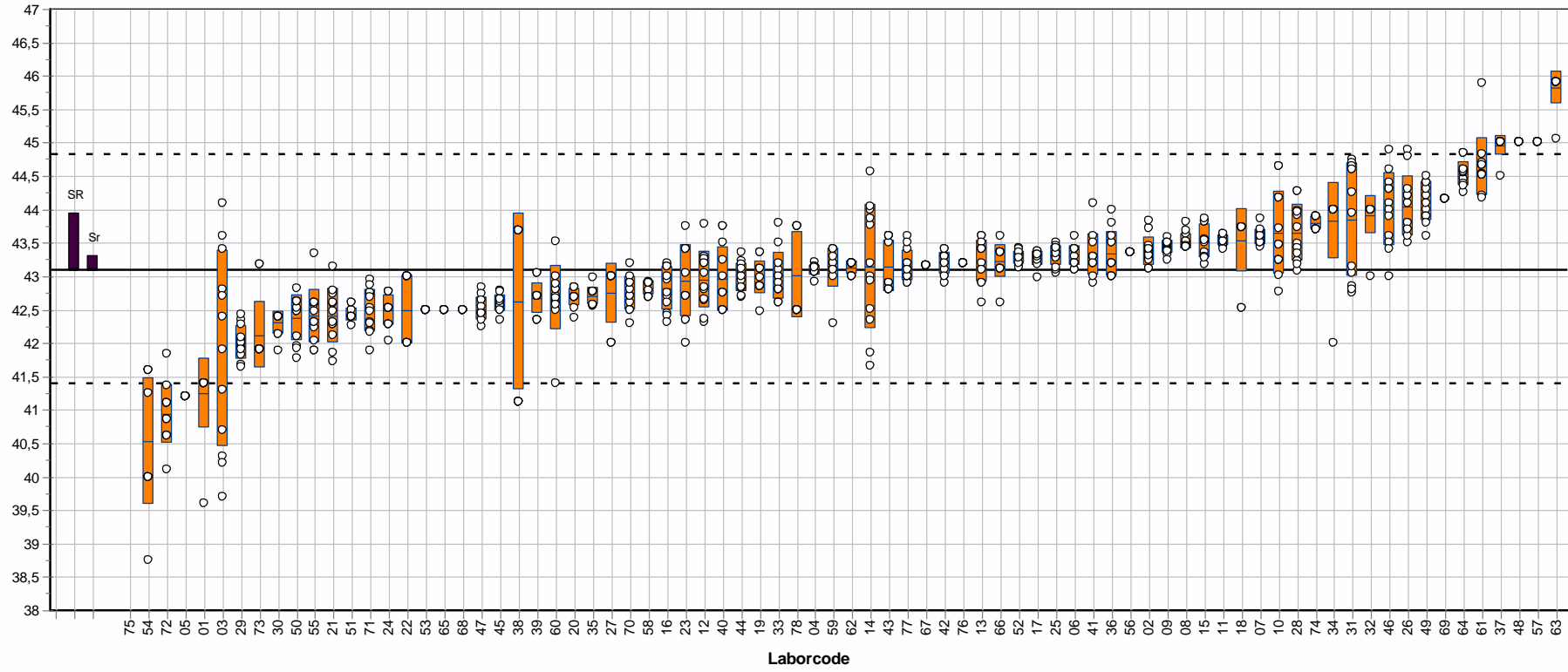


Abbildung 16: Ergebnisse der Vermessung der Mikropartikel (43 µm), Labormittelwert, Standardabweichung, Referenzwert (schwarze Linie), robuster Mittelwert (schwarze Linie), untere und obere Toleranzgrenze (unterbrochene Linie) sowie Vergleichs- (SR) und Wiederholstandardabweichung (Sr).

4.2. Komponente 2: Natürliche Probe

4.2.1. 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.

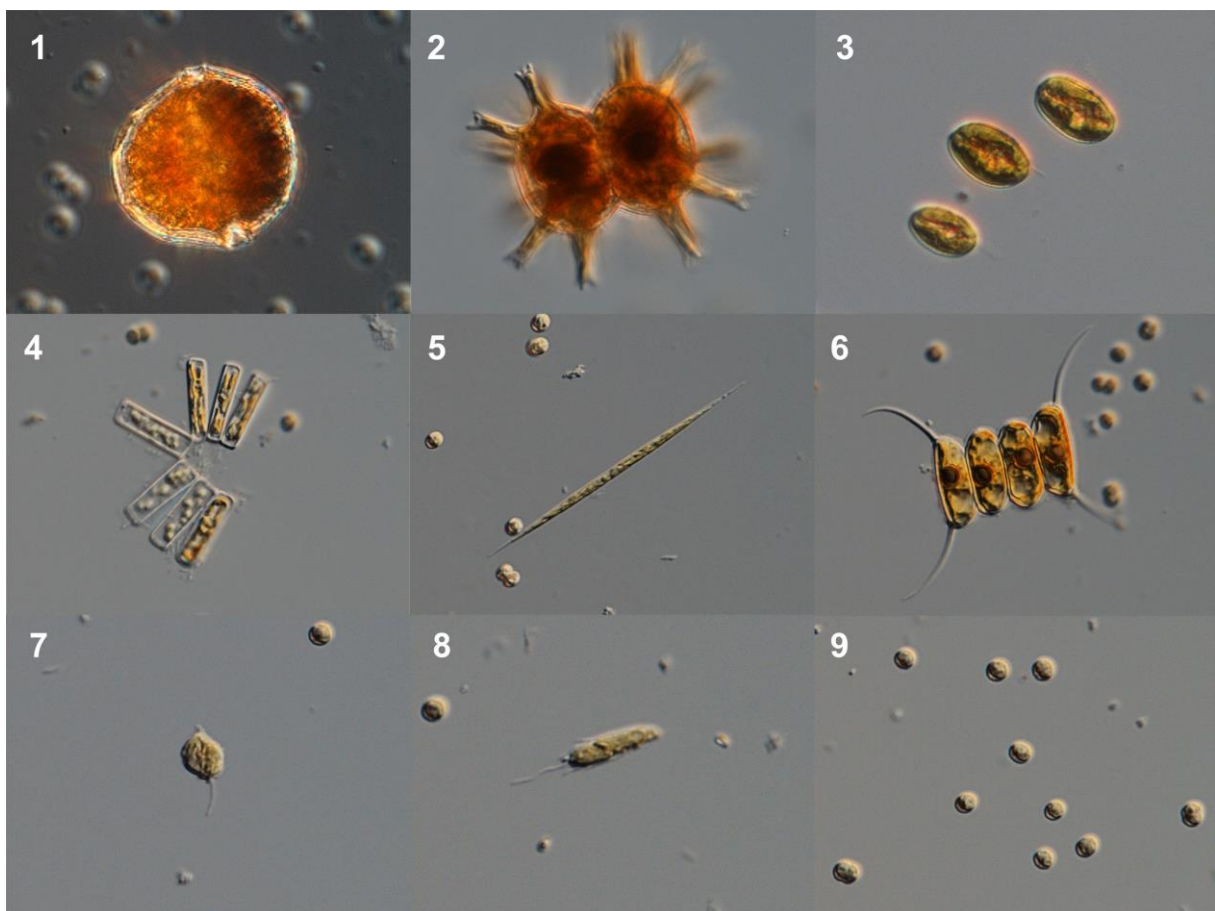


Abbildung 17: Natürliche Probe und deren Testmaterialien (*Peridinium cinctum*¹, *Staurastrum arcticon*², *Cryptomoas tertrapyrenoidosa*³, *Asterionella formosa*⁴, *Monoraphidium griffithi*⁵, *Scenedesmus quadricauda*⁶, *Mallomonas akrokomos*^{7,8} und *Microcystis aeruginosa*⁹).

Probe:	Natürliche Planktonprobe	Robuster Mittelwert:	29.638.313	Zellen/l
Merkmal:	Gesamt-Zellkonzentration	Rel. Vergleichs - STD:	37,95	%
Methode:	DIN 38405 A45	Rel. Wiederhol - STD:	8,92	%
Anzahl der Teilnehmer:	78	Toleranzgrenzen ($ Zu\text{-score} < 2,0$):	10.410.750 - 57.996.819	Zellen/l

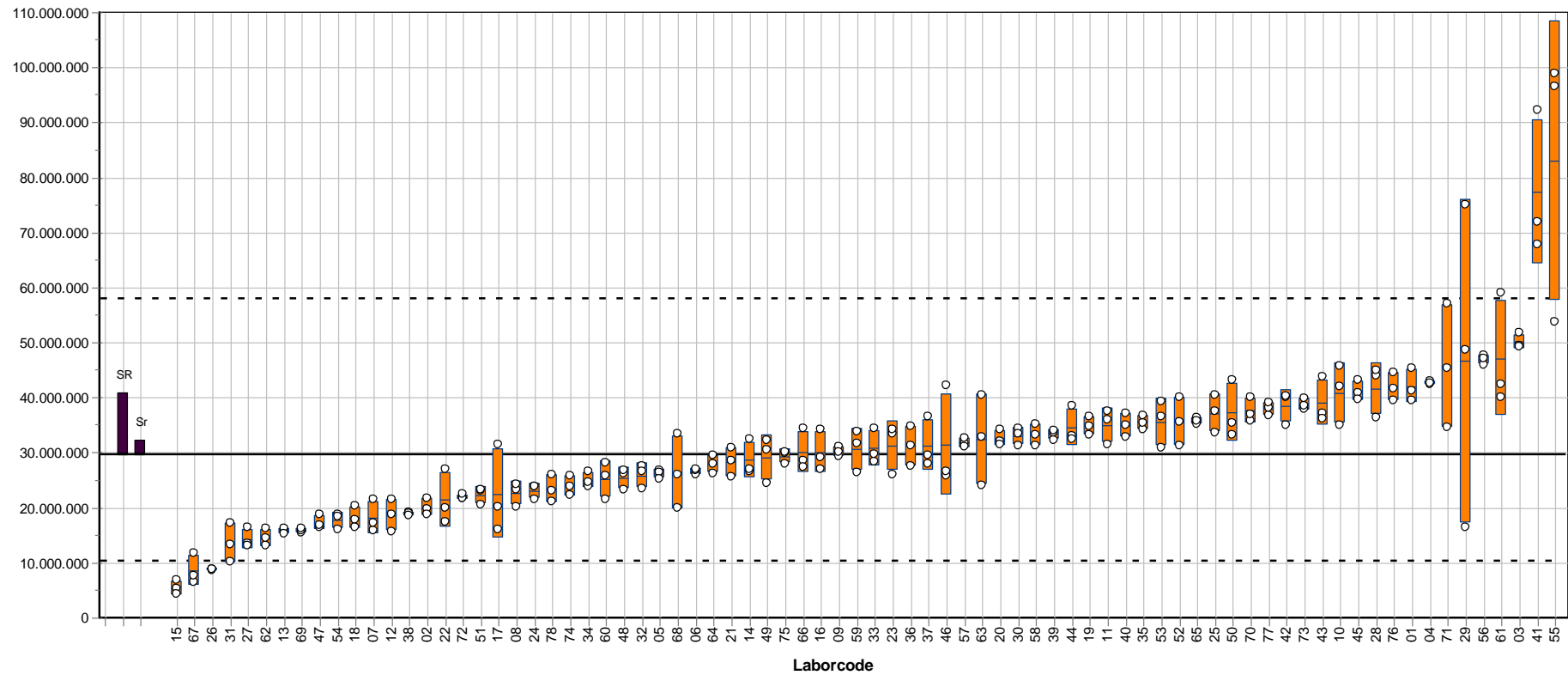


Abbildung 18: Ergebnisse der Gesamtzellzahlbestimmung der natürlichen Probe, Labormittelwert, Standardabweichung (orangene Boxen), robuster Mittelwert (schwarze Linie) sowie untere und obere Toleranzgrenze (unterbrochene Linie) sowie Vergleichs- (SR) und Wiederholstandardabweichung (Sr).

Probe:	Natürliche Planktonprobe	Robuster Mittelwert:	16.945	Zellen/l
Merkmal:	Taxon 1 / Zellkonzentration	Rel. Vergleichs - STD:	28,53	%
Method:	DIN 38405 A45	Rel. Wiederhol - STD:	13,86	%
Anzahl der Teilnehmer:	78	Toleranzgrenzen ($ Zu\text{-score} < 2,0$):	8.309 - 28.437	Zellen/l

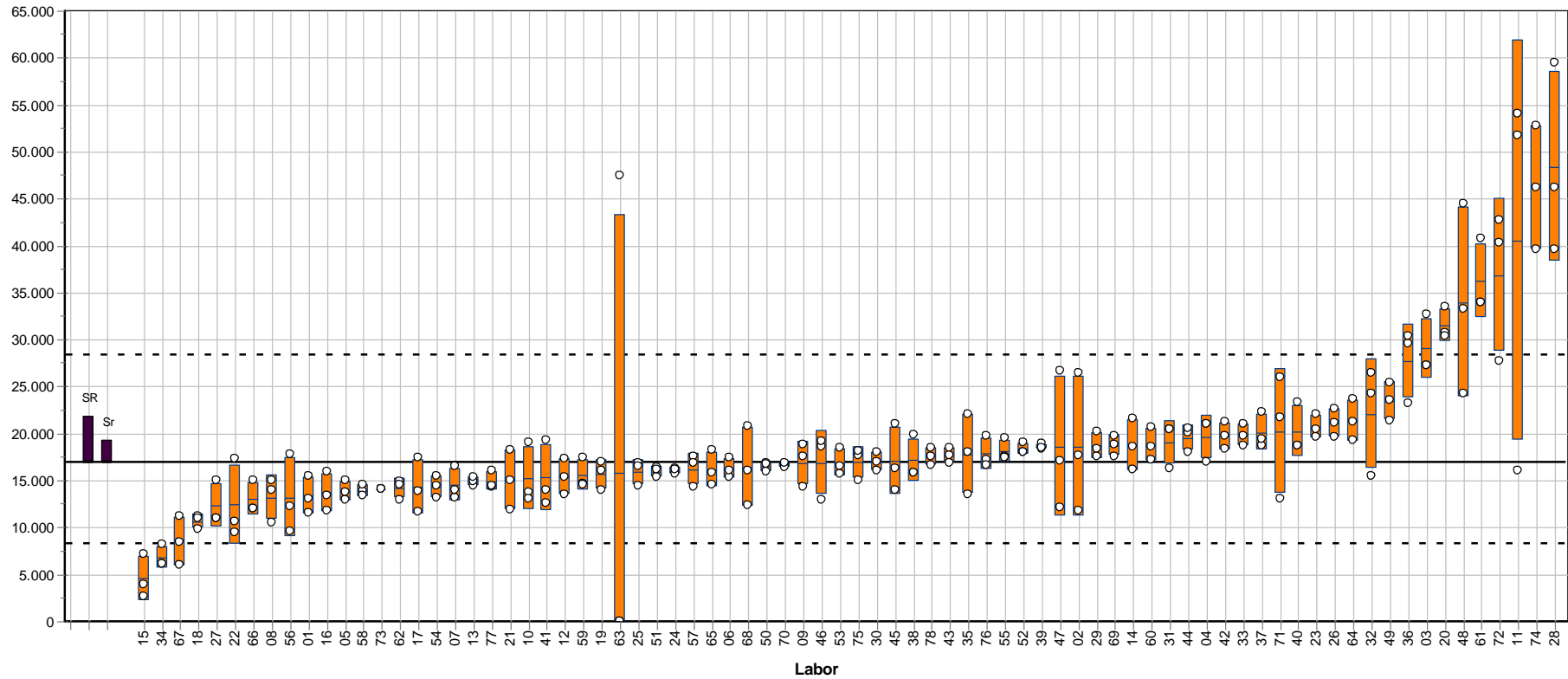


Abbildung 19: Ergebnisse der Zellzahlbestimmung von *Peridinium cinctum*, Labormittelwert, Standardabweichung (orangene Boxen), robuster Mittelwert (schwarze Linie) sowie untere und obere Toleranzgrenze (unterbrochene Linie) sowie Vergleichs- (SR) und Wiederholstandardabweichung (Sr).

Probe:	Natürliche Planktonprobe	Robuster Mittelwert:	53.891	Zellen/l
Merkmal:	Taxon 2 / Zellkonzentration	Rel. Vergleichs - STD:	26,98	%
Methode:	DIN 38405 A45	Rel. Wiederhol - STD:	12,57	%
Anzahl der Teilnehmer:	78	Toleranzgrenzen (Zu-score <2,0):	27.781 - 88.092	Zellen/l

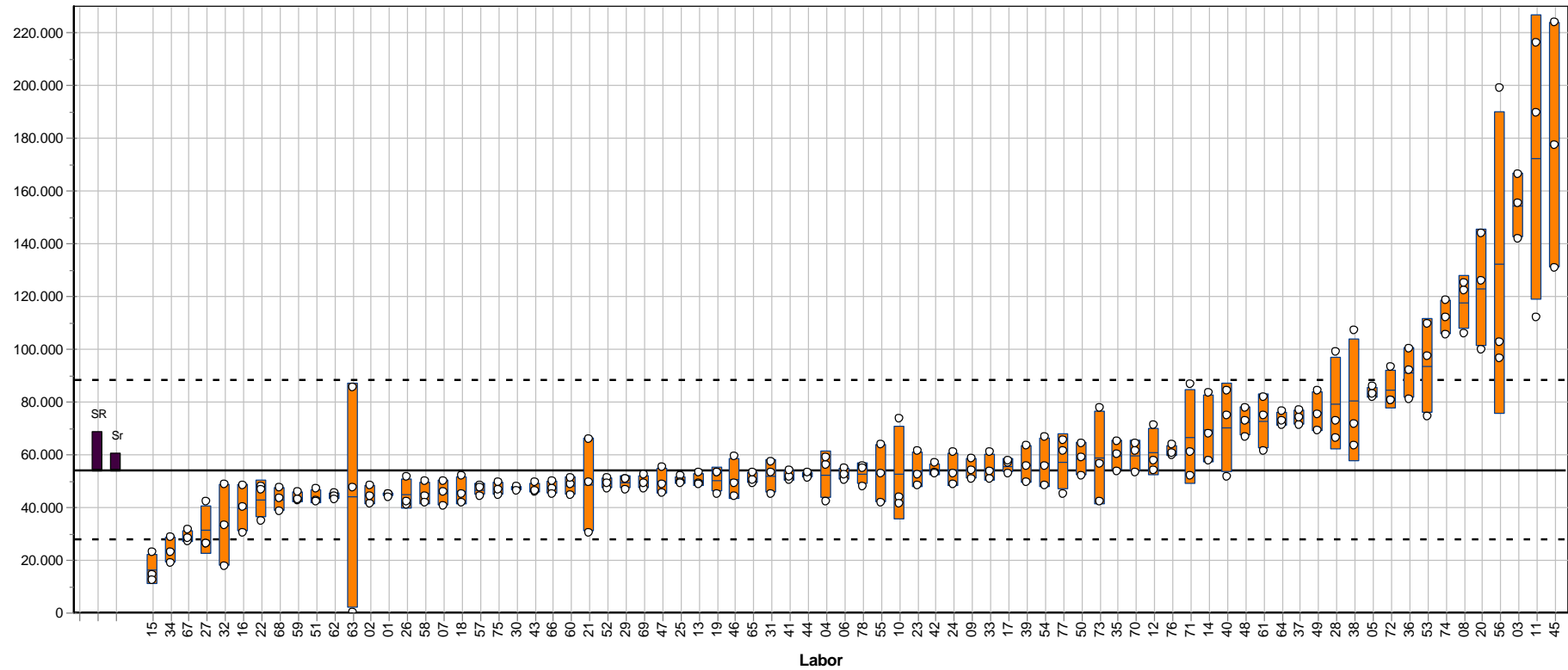


Abbildung 20: Ergebnisse der Zellzahlbestimmung von *Staurastrum arcticon*, Labormittelwert, Standardabweichung (orangene Boxen), robuster Mittelwert (schwarze Linie) sowie untere und obere Toleranzgrenze (unterbrochene Linie) sowie Vergleichs- (SR) und Wiederholstandardabweichung (Sr).

Probe:	Natürliche Planktonprobe	Robuster Mittelwert:	1.176.031	Zellen/l
Merkmal:	Taxon 3 / Zellkonzentration	Rel. Vergleichs - STD:	29,82	%
Methode:	DIN 38405 A45	Rel. Wiederhol - STD:	10,14	%
Anzahl der Teilnehmer:	78	Toleranzgrenzen ($ Zu\text{-score} < 2,0$):	552.299,9 - 2.017.267,1	Zellen/l

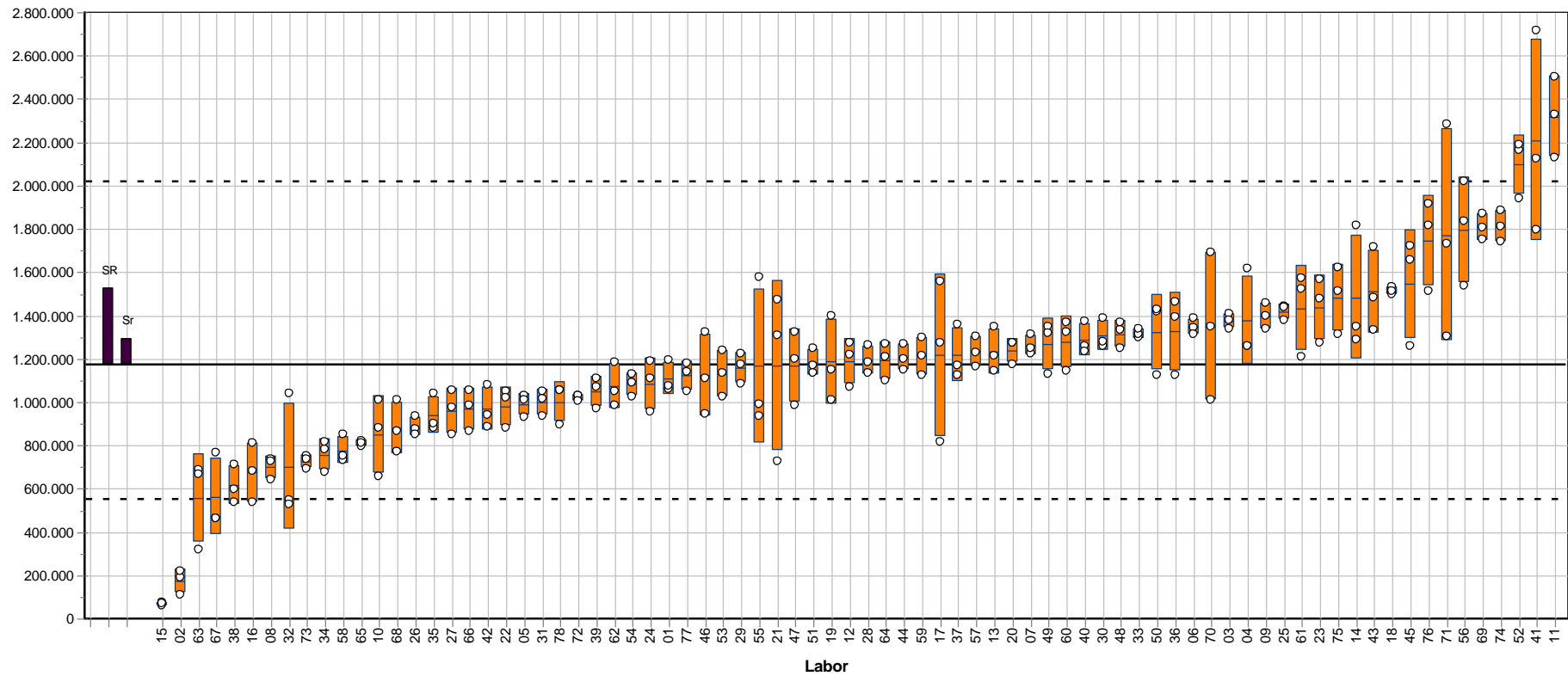


Abbildung 21: Ergebnisse der Zellzahlbestimmung von *Cryptomonas tetrapyrenoidosa*, Labormittelwert, Standardabweichung (orangene Boxen), robuster Mittelwert (schwarze Linie) sowie untere und obere Toleranzgrenze (unterbrochene Linie) sowie Vergleichs- (SR) und Wiederholstandardabweichung (Sr).

Probe:	Natürliche Planktonprobe	Robuster Mittelwert:	198.092	Zellen/l
Merkmal:	Taxon 4 / Zellkonzentration	Rel. Vergleichs - STD:	46,26	%
Methode:	DIN 38405 A45	Rel. Wiederhol - STD:	20,63	%
Anzahl der Teilnehmer:	78	Toleranzgrenzen ($ Zu\text{-score} < 2,0$):	52.088,97 - 436.909,1	Zellen/l

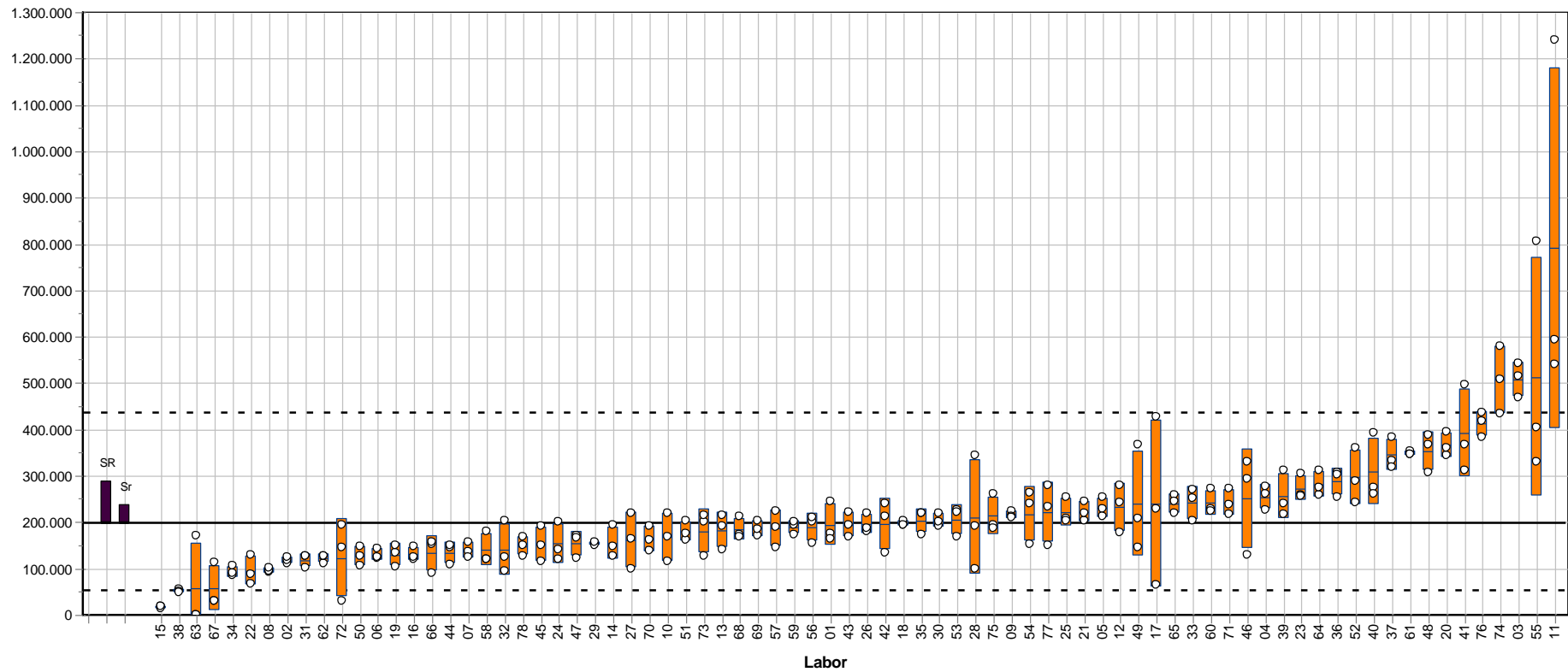


Abbildung 22: Ergebnisse der Zellzahlbestimmung *Asterionella formosa*, Labormittelwert, Standardabweichung (orangene Boxen), robuster Mittelwert (schwarze Linie) sowie untere und obere Toleranzgrenze (unterbrochene Linie) sowie Vergleichs- (SR) und Wiederholstandardabweichung (Sr).

Probe:	Natürliche Planktonprobe	Robuster Mittelwert:	345.386	Zellen/l
Merkmal:	Taxon 5 / Zellkonzentration	Rel. Vergleichs - STD:	20,63	%
Methode:	DIN 38405 A45	Rel. Wiederhol - STD:	12,63	%
Anzahl der Teilnehmer:	78	Toleranzgrenzen (Zu-score <2,0):	214.725,3 - 505.940,6	Zellen/l

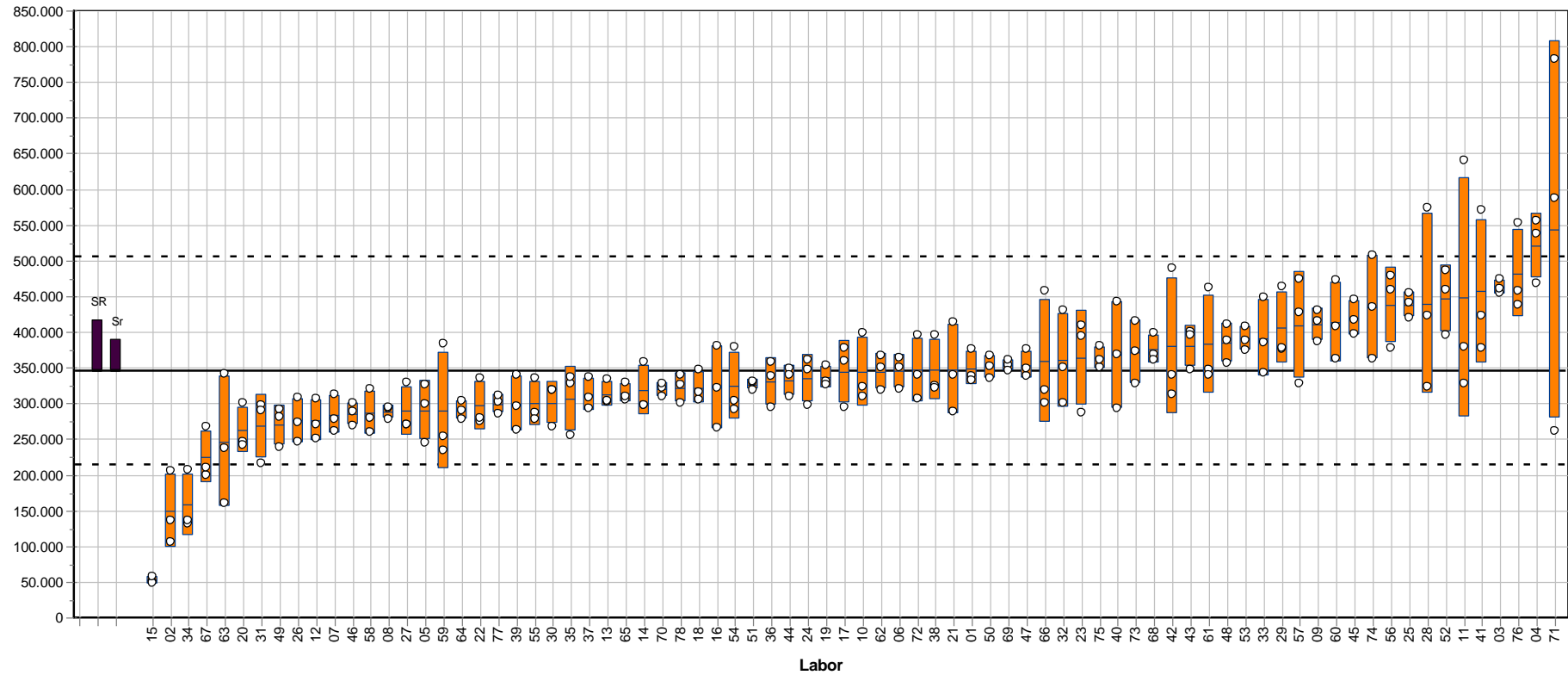


Abbildung 23: Ergebnisse der Zellzahlbestimmung von *Monoraphidium griffithii*, Labormittelwert, Standardabweichung (orangene Boxen), robuster Mittelwert (schwarze Linie) sowie untere und obere Toleranzgrenze (unterbrochene Linie) sowie Vergleichs- (SR) und Wiederholstandardabweichung (Sr).

Probe:	Natürliche Planktonprobe	Robuster Mittelwert:	570.958	Zellen/l
Merkmal:	Taxon 6 / Zellkonzentration	Rel. Vergleichs - STD:	43,48	%
Methode:	DIN 38405 A45	Rel. Wiederhol - STD:	13,4	%
Anzahl der Teilnehmer:	78	Toleranzgrenzen ($ Z\text{-score} < 2,0$):	164.624,9 - 1.212.212,8	Zellen/l

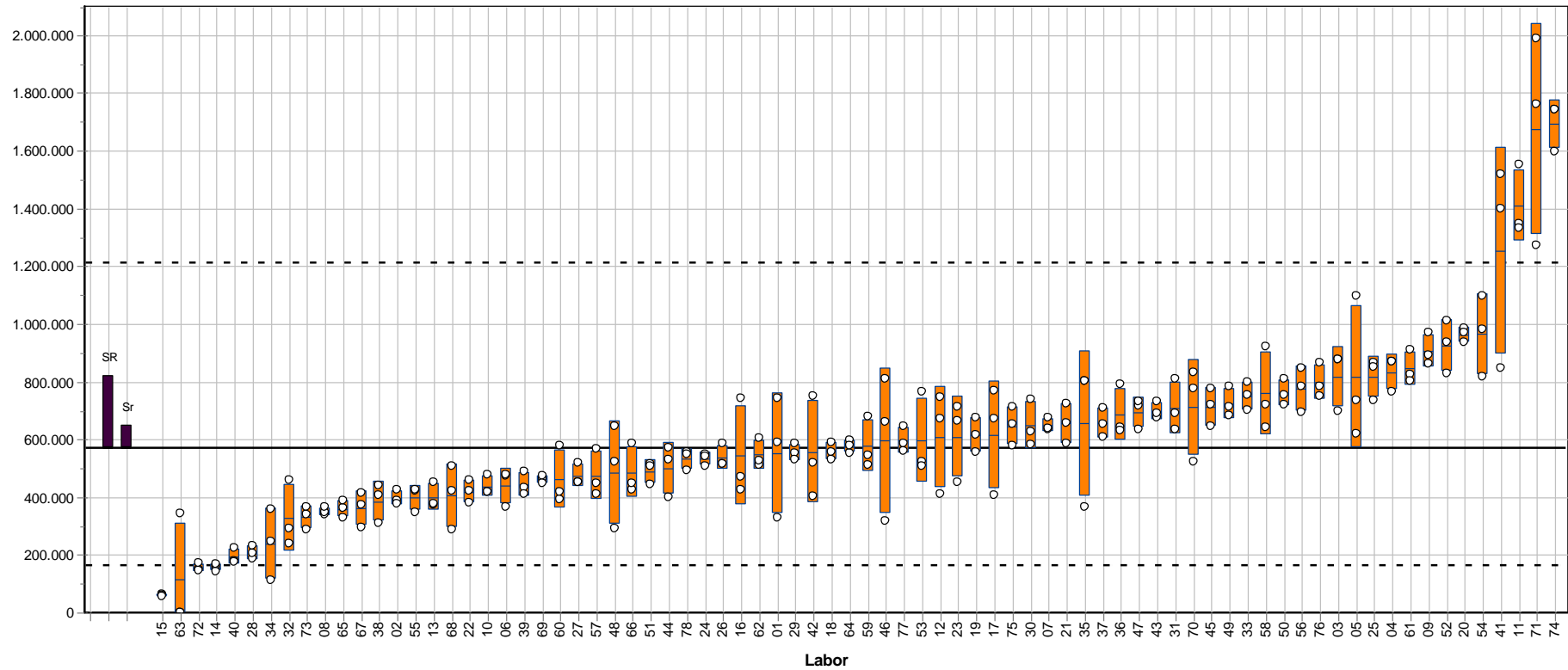


Abbildung 24: Ergebnisse der Zellzahlbestimmung von *Scenedesmus quadricauda*, Labormittelwert, Standardabweichung (orangene Boxen), robuster Mittelwert (schwarze Linie) sowie untere und obere Toleranzgrenze (unterbrochene Linie) sowie Vergleichs- (SR) und Wiederholstandardabweichung (Sr).

Probe:	Natürliche Planktonprobe	Robuster Mittelwert:	313.807	Zellen/l
Merkmal:	Taxon 7 / Zellkonzentration	Rel. Vergleichs - STD:	62,55	%
Methode:	DIN 38405 A45	Rel. Wiederhol - STD:	16,91	%
Anzahl der Teilnehmer:	78	Toleranzgrenzen ($ Zu\text{-score} < 2,0$):	55.634,8 - 838.908,5	Zellen/l

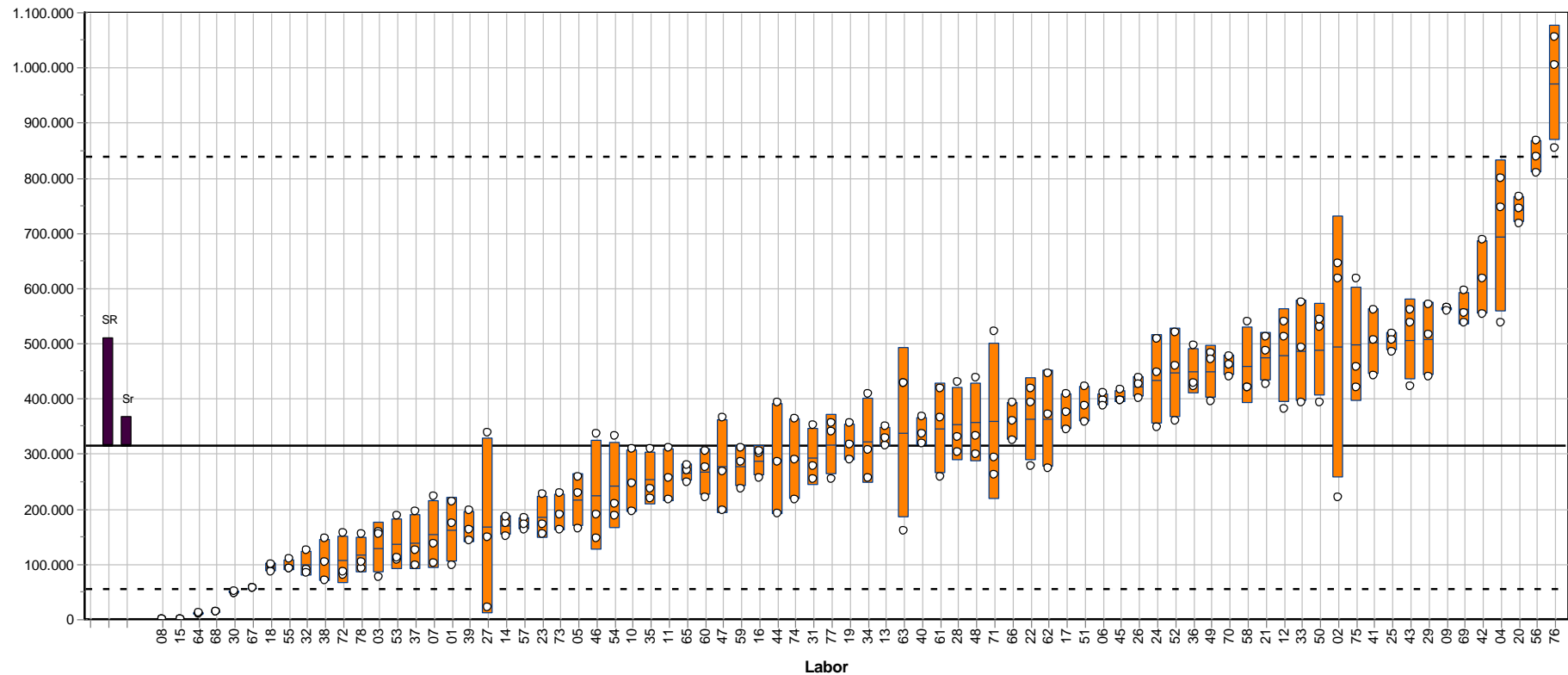


Abbildung 25: Ergebnisse der Zellzahlbestimmung von *Mallomonas akrokomos* (oval) Labormittelwert, Standardabweichung (orangene Boxen) und robuster Mittelwert (schwarze Linie) sowie untere und obere Toleranzgrenze (unterbrochene Linie) sowie Vergleichs- (SR) und Wiederholstandardabweichung (Sr).

Probe:	Natürliche Planktonprobe	Robuster Mittelwert:	45.724	Zellen/l
Merkmal:	Taxon 8 / Zellkonzentration	Rel. Vergleichs - STD:	66,45	%
Methode:	DIN 38405 A45	Rel. Wiederhol - STD:	22,84	%
Anzahl der Teilnehmer:	78	Toleranzgrenzen ($ Zu\text{-score} < 2,0$):	7.638,8 - 127.230,4	Zellen/l

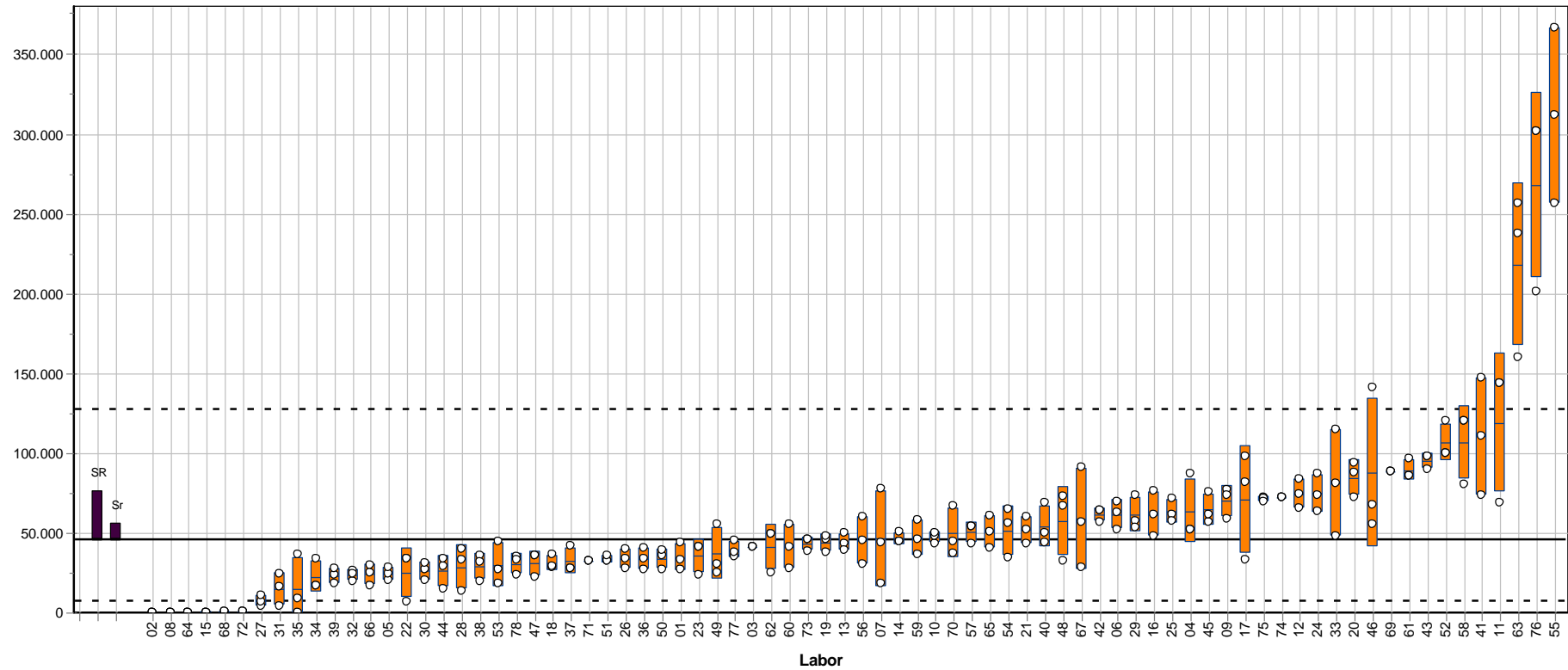


Abbildung 26: Ergebnisse der Zellzahlbestimmung von *Mallomonas akrokomos* (zylindrisch) Labormittelwert, Standardabweichung (orangene Boxen) und robuster Mittelwert (schwarze Linie) sowie untere und obere Toleranzgrenze (unterbrochene Linie) sowie Vergleichs- (SR) und Wiederholstandardabweichung (Sr).

Probe:	Natürliche Planktonprobe	Robuster Mittelwert:	26.837.872	Zellen/l
Merkmal:	Taxon 9 / Zellkonzentration	Rel. Vergleichs - STD:	40,91	%
Methode:	DIN 38405 A45	Rel. Wiederhol - STD:	10	%
Anzahl der Teilnehmer:	78	Toleranzgrenzen ($ Zu\text{-score} < 2,0$):	8.467.243 - 54.913.410	Zellen/l

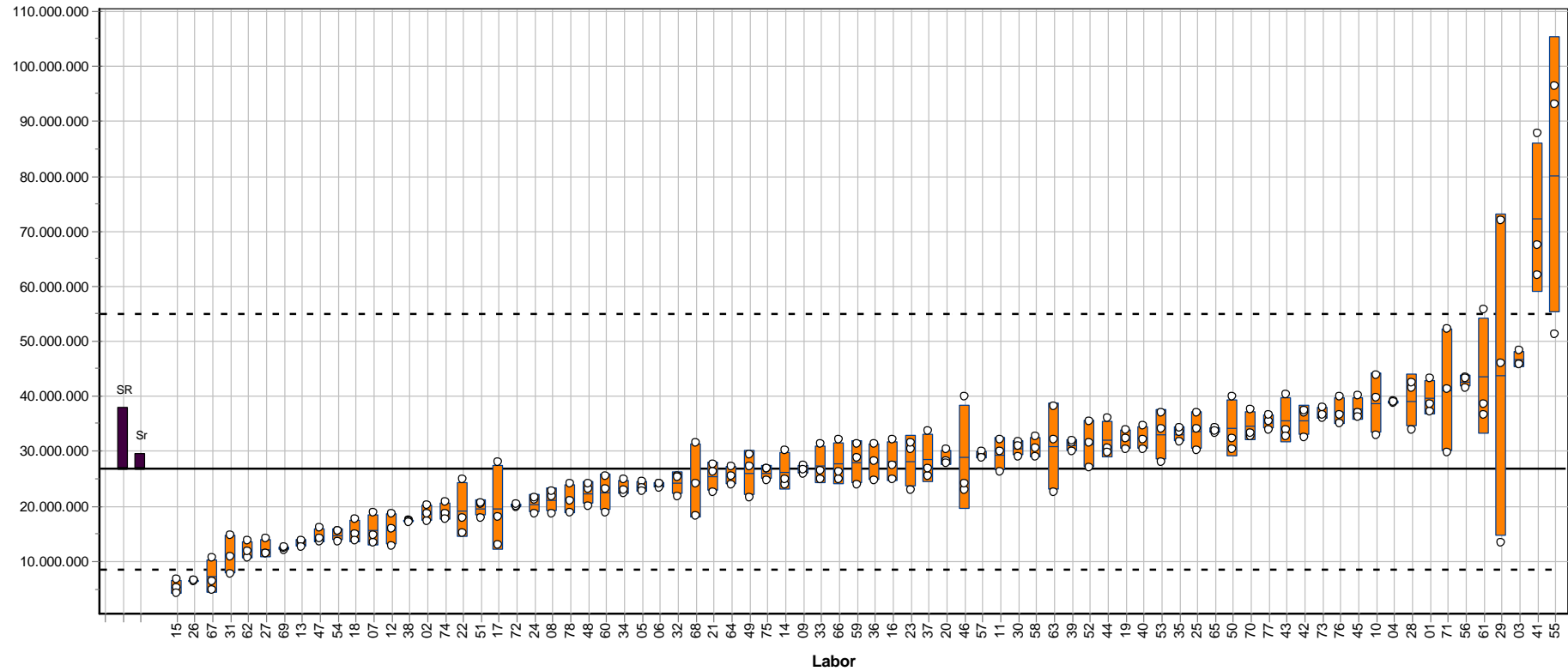


Abbildung 27: Ergebnisse der Zellzahlbestimmung von *Microcystis aeruginosa*, Labormittelwert, Standardabweichung (orangene Boxen) und robuster Mittelwert (schwarze Linie) sowie untere und obere Toleranzgrenze (unterbrochene Linie) sowie Vergleichs- (SR) und Wiederholstandardabweichung (Sr).

4.2.2. Biovolumina

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

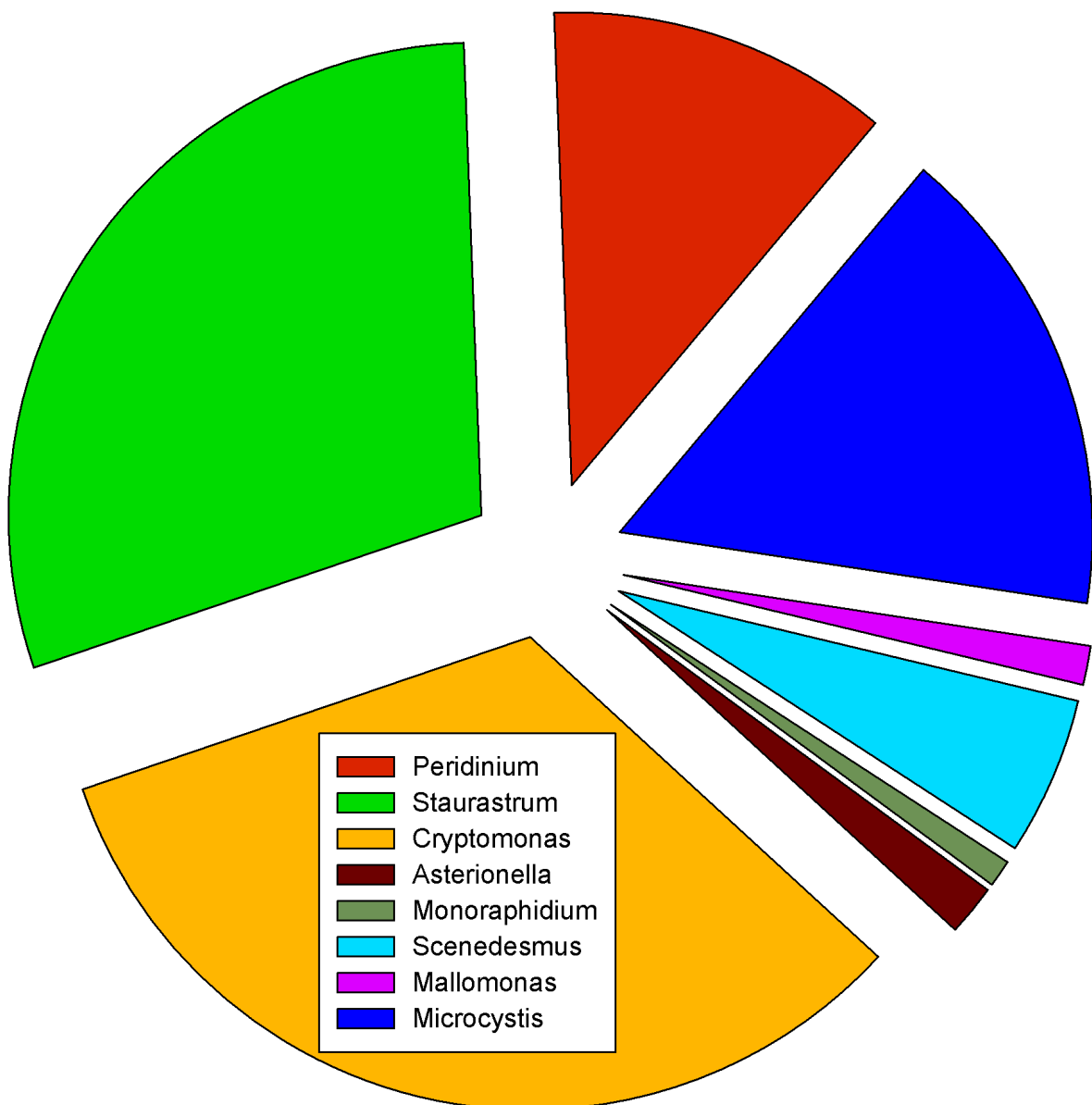


Abbildung 28: Biovolumenanteile der einzelnen Arten (robuste Mittelwerte)

Probe:	Natürliche Planktonprobe	Robuster Mittelwert:	4,273	mm ³ /l
Merkmal:	Gesamt-Biovolumen	Rel. Vergleichs - STD:	37,28	%
Methoden:	DIN 38405 A45	Rel. Wiederhol - STD:	6,87	%
Anzahl der Teilnehmer:	78	Toleranzgrenzen (Zu-score <2,0):	1,538 - 8,2776	mm ³ /l

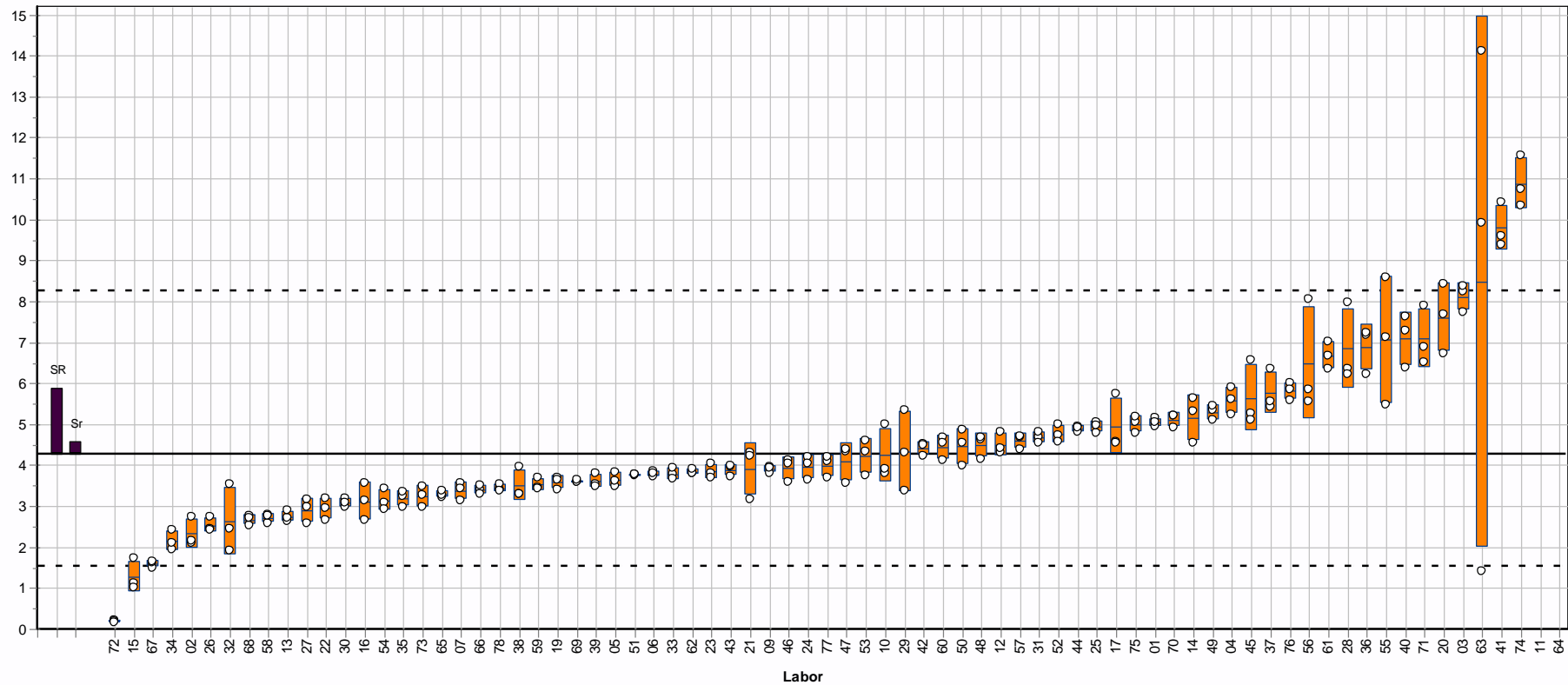


Abbildung 29: Ergebnisse der Gesamtbiovolumenbestimmung, Labormittelwert, Standardabweichung (orangene Boxen), robuster Mittelwert (schwarze Linie) sowie untere und obere Toleranzgrenze (unterbrochene Linie) sowie Vergleichs- (SR) und Wiederholstandardabweichung (Sr).

Probe:	Natürliche Planktonprobe	Robuster Mittelwert:	0,466	mm ³ /l
Merkmal:	Taxon 1 / Biovolumen	Rel. Vergleichs - STD:	38,14	%
Methode:	DIN 38405 A45	Rel. Wiederhol - STD:	14,23	%
Anzahl der Teilnehmer:	78	Toleranzgrenzen (Zu-score <2,0):	0,162 - 0,914	mm ³ /l

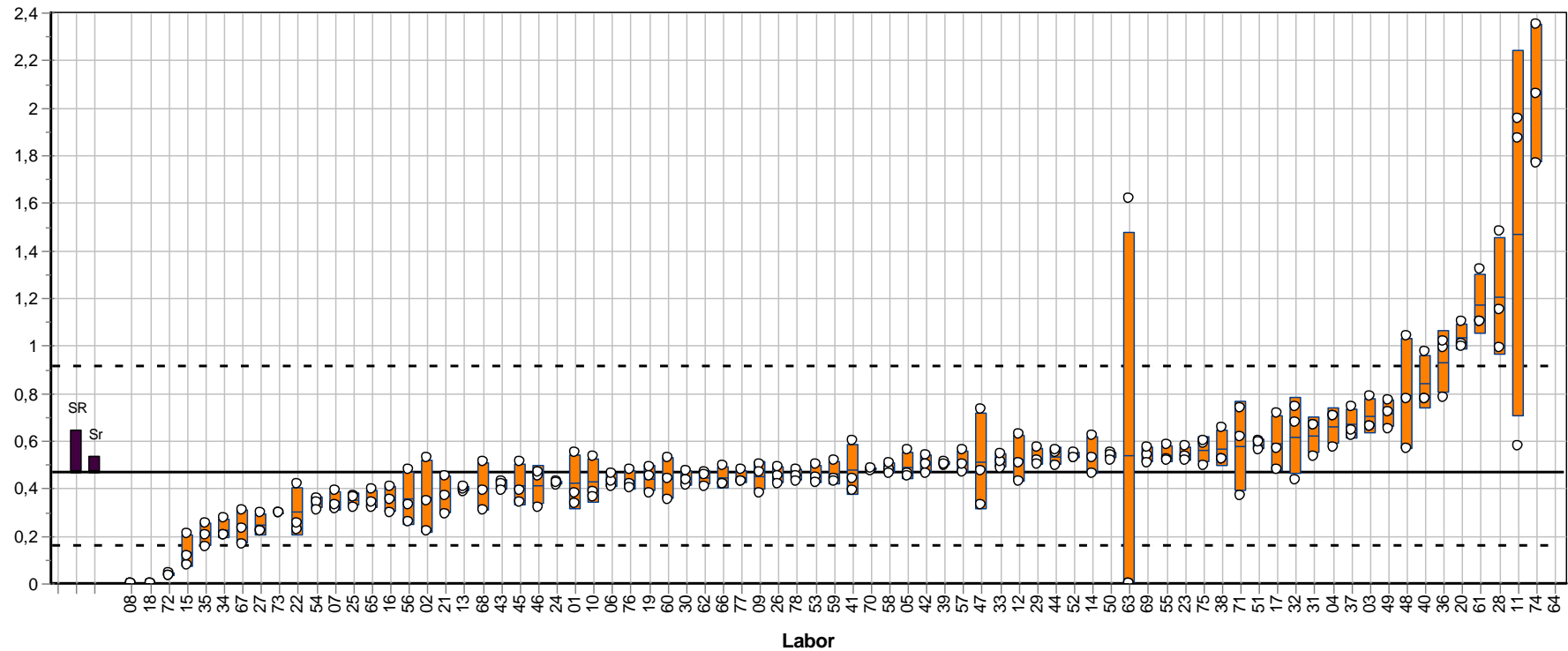


Abbildung 30: Ergebnisse der Biovolumenbestimmung von *Peridinium cinctum*, Labormittelwert, Standardabweichung (orangene Boxen), robuster Mittelwert (schwarze Linie) sowie untere und obere Toleranzgrenze (unterbrochene Linie) sowie Vergleichs- (SR) und Wiederholstandardabweichung (Sr).

Probe:	Natürliche Planktonprobe	Robuster Mittelwert:	1,18	mm ³ /l
Merkmal:	Taxon 2 / Biovolumen	Rel. Vergleichs - STD:	55,6	%
Method:	DIN 38405 A45	Rel. Wiederhol - STD:	12,25	%
Anzahl der Teilnehmer:	78	Toleranzgrenzen (Zu-score <2,0):	0,24 - 2,921	mm ³ /l

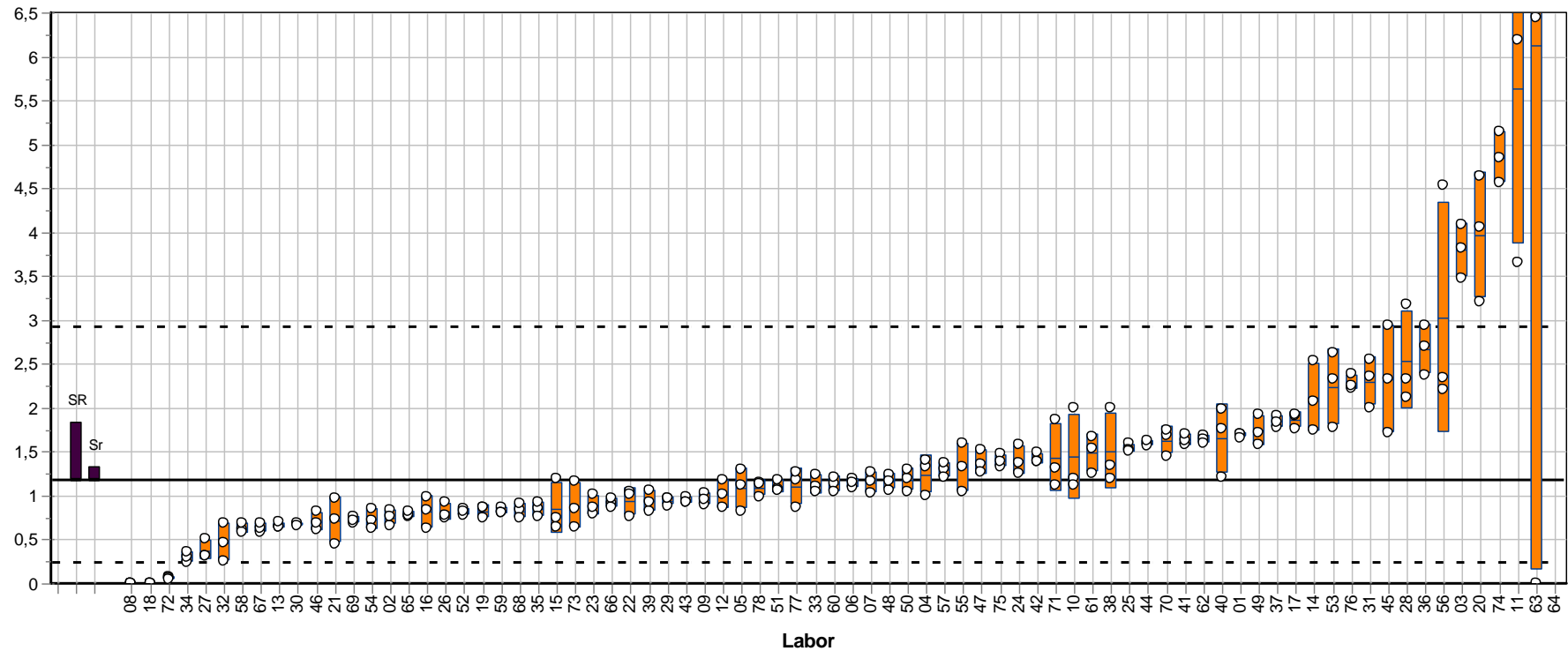


Abbildung 31: Ergebnisse der Biovolumenbestimmung von *Staurastrum arctiscon*, Labormittelwert, Standardabweichung (orangene Boxen), robuster Mittelwert (schwarze Linie) sowie untere und obere Toleranzgrenze (unterbrochene Linie) sowie Vergleichs- (SR) und Wiederholstandardabweichung (Sr).

Probe:	Natürliche Planktonprobe	Robuster Mittelwert:	1,312	mm ³ /l
Merkmal:	Taxon 3 / Biovolumen	Rel. Vergleichs - STD:	44,1	%
Methode:	DIN 38405 A45	Rel. Wiederhol - STD:	10,35	%
Anzahl der Teilnehmer:	78	Toleranzgrenzen (Zu-score <2,0):	0,37 - 2,809	mm ³ /l

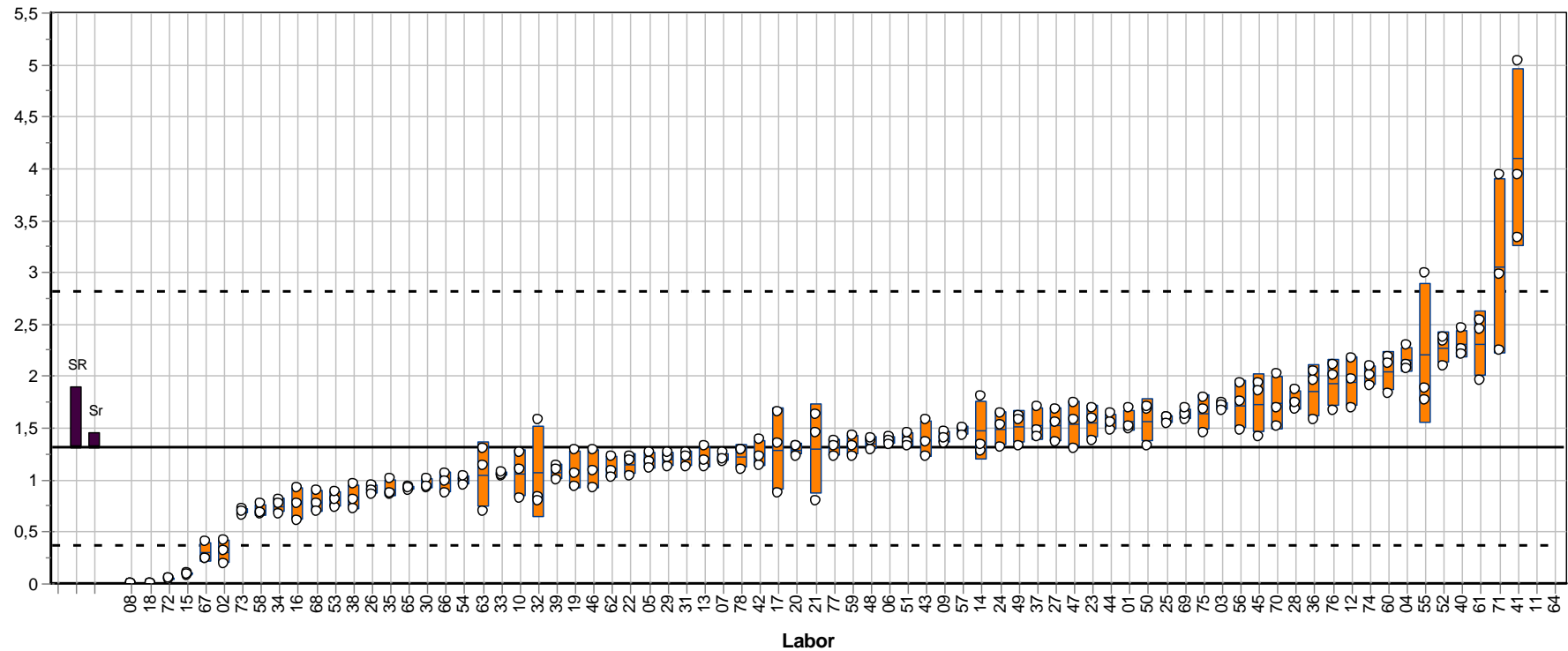


Abbildung 32: Ergebnisse der Biovolumenbestimmung von *Cryptomonas tetrapyrenoidosa*, Labormittelwert, Standardabweichung (orangene Boxen), robuster Mittelwert (schwarze Linie) sowie untere und obere Toleranzgrenze (unterbrochene Linie) sowie Vergleichs- (SR) und Wiederholstandardabweichung (Sr).

Probe:	Natürliche Planktonprobe	Robuster Mittelwert:	0,069	mm ³ /l
Merkmal:	Taxon 4 / Biovolumen	Rel. Vergleichs - STD:	68,45	%
Methode:	DIN 38405 A45	Rel. Wiederhol - STD:	18,94	%
Anzahl der Teilnehmer:	78	Toleranzgrenzen (Zu-score <2,0):	0,011 - 0,197	mm ³ /l

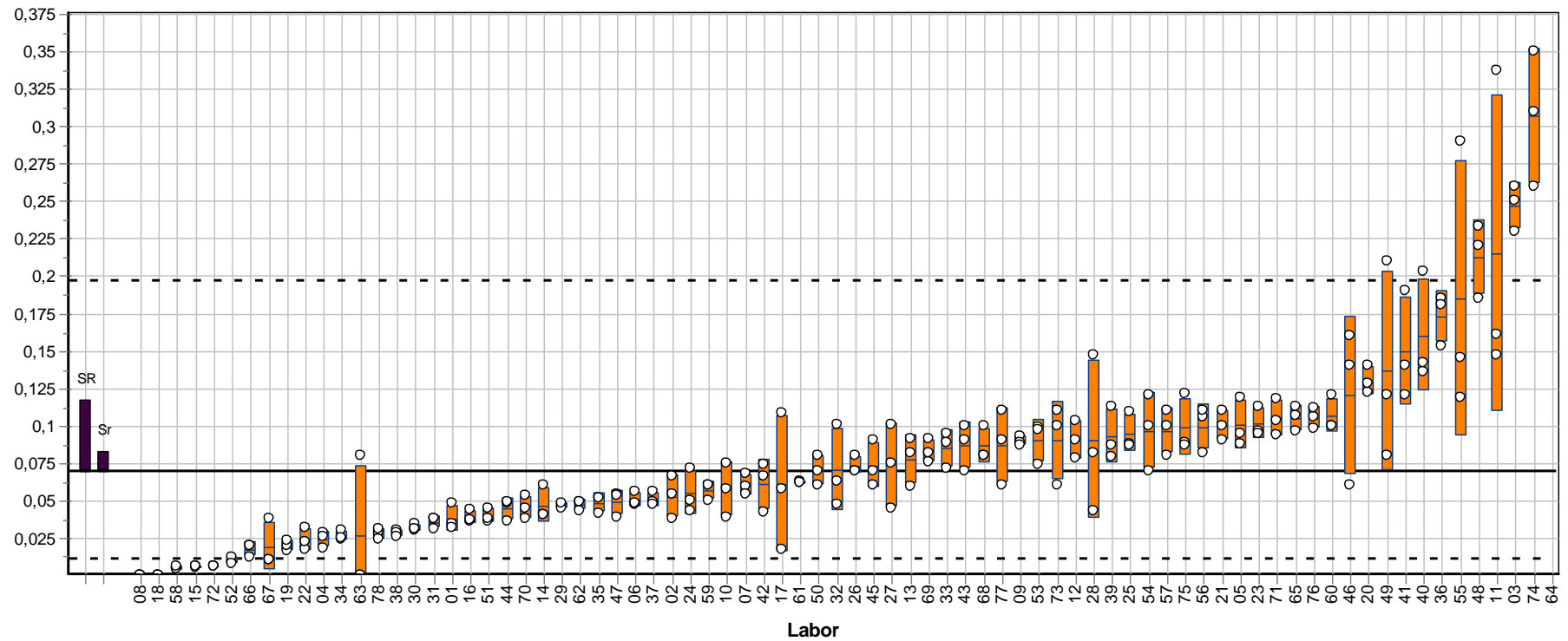


Abbildung 33: Ergebnisse der Biovolumenbestimmung von *Asterionella formosa*, Labormittelwert, Standardabweichung (orangene Boxen), robuster Mittelwert (schwarze Linie) sowie untere und obere Toleranzgrenze (unterbrochene Linie) sowie Vergleichs- (SR) und Wiederholstandardabweichung (Sr).

Probe:	Natürliche Planktonprobe	Robuster Mittelwert:	0,037	mm ³ /l
Merkmal:	Taxon 5 / Biovolumen	Rel. Vergleichs - STD:	50,6	%
Methode:	DIN 38405 A45	Rel. Wiederhol - STD:	13,7	%
Anzahl der Teilnehmer:	78	Toleranzgrenzen (Zu-score <2,0):	0,008 - 0,086	mm ³ /l

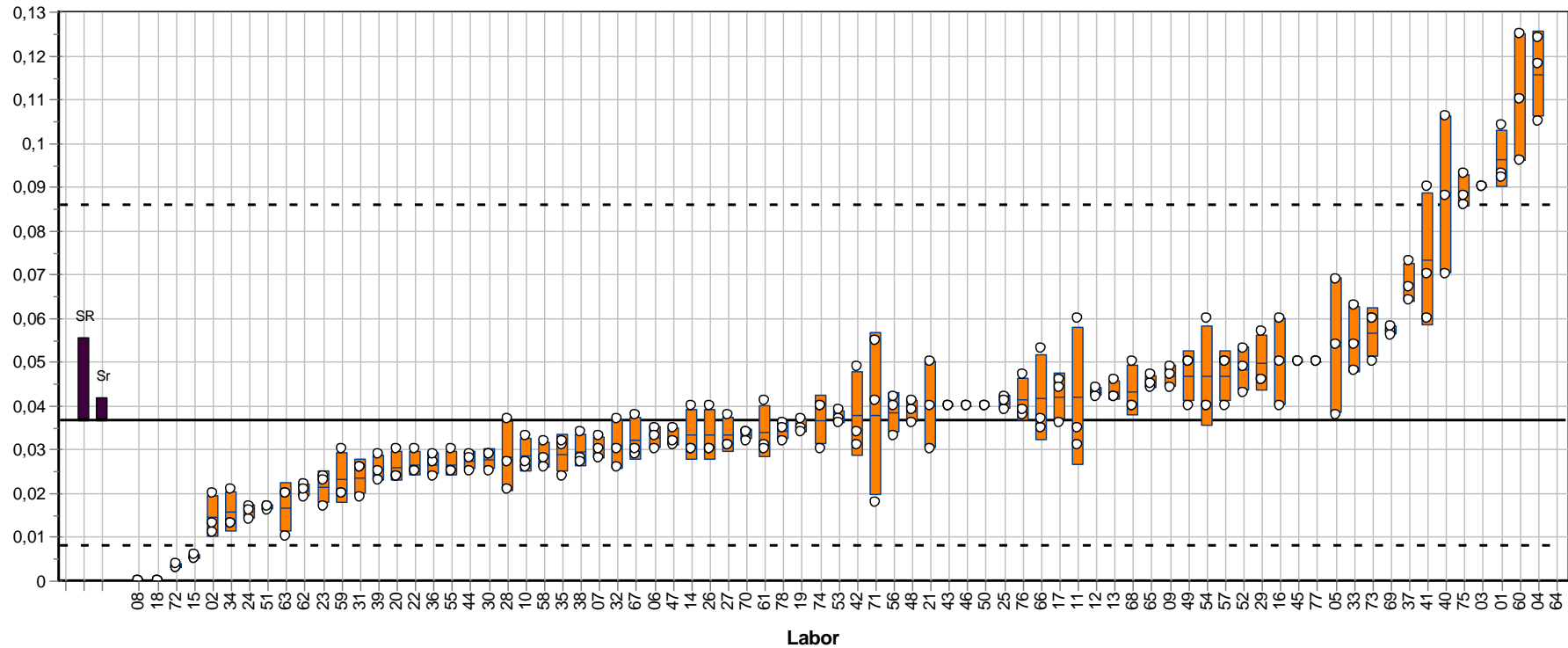


Abbildung 34: Ergebnisse der Biovolumenbestimmung von *Monoraphidium griffithii*, Labormittelwert, Standardabweichung (orangene Boxen), robuster Mittelwert (schwarze Linie) sowie untere und obere Toleranzgrenze (unterbrochene Linie) sowie Vergleichs- (SR) und Wiederholstandardabweichung (Sr).

Probe:	Natürliche Planktonprobe	Robuster Mittelwert:	0,216	mm ³ /l
Merkmal:	Taxon 6 / Biovolumen	Rel. Vergleichs - STD:	57,79	%
Methode:	DIN 38405 A45	Rel. Wiederhol - STD:	14,04	%
Anzahl der Teilnehmer:	78	Toleranzgrenzen (Zu-score <2,0):	0,042 - 0,549	mm ³ /l

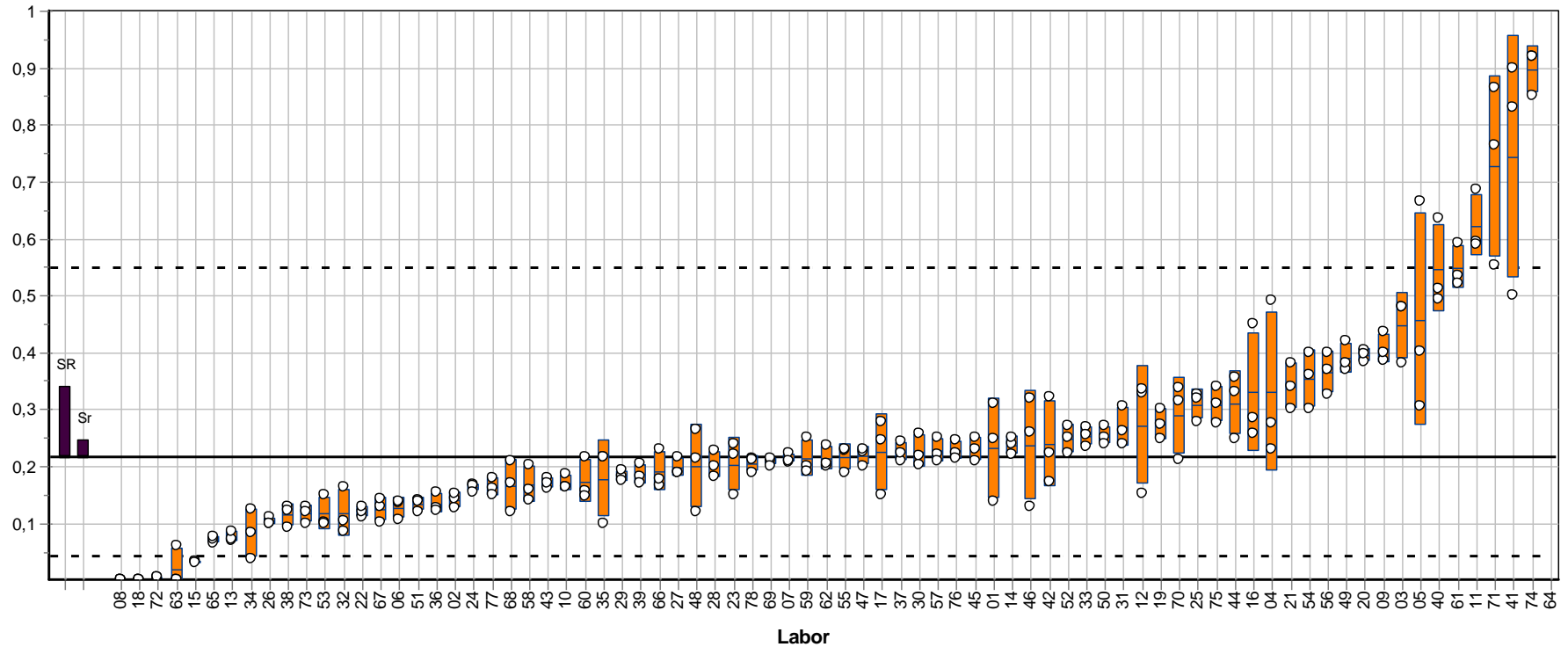


Abbildung 35: Ergebnisse der Biovolumenbestimmung von *Scenedesmus quadricauda*, Labormittelwert, Standardabweichung (orangene Boxen), robuster Mittelwert (schwarze Linie) sowie untere und obere Toleranzgrenze (unterbrochene Linie) sowie Vergleichs- (SR) und Wiederholstandardabweichung (Sr).

Probe:	Natürliche Planktonprobe	Robuster Mittelwert:	0,048	mm ³ /l
Merkmal:	Taxon 7 / Biovolumen	Rel. Vergleichs - STD:	67,21	%
Methode:	DIN 38405 A45	Rel. Wiederhol - STD:	18,12	%
Anzahl der Teilnehmer:	78	Toleranzgrenzen (Zu-score <2,0):	0,008 - 0,135	mm ³ /l

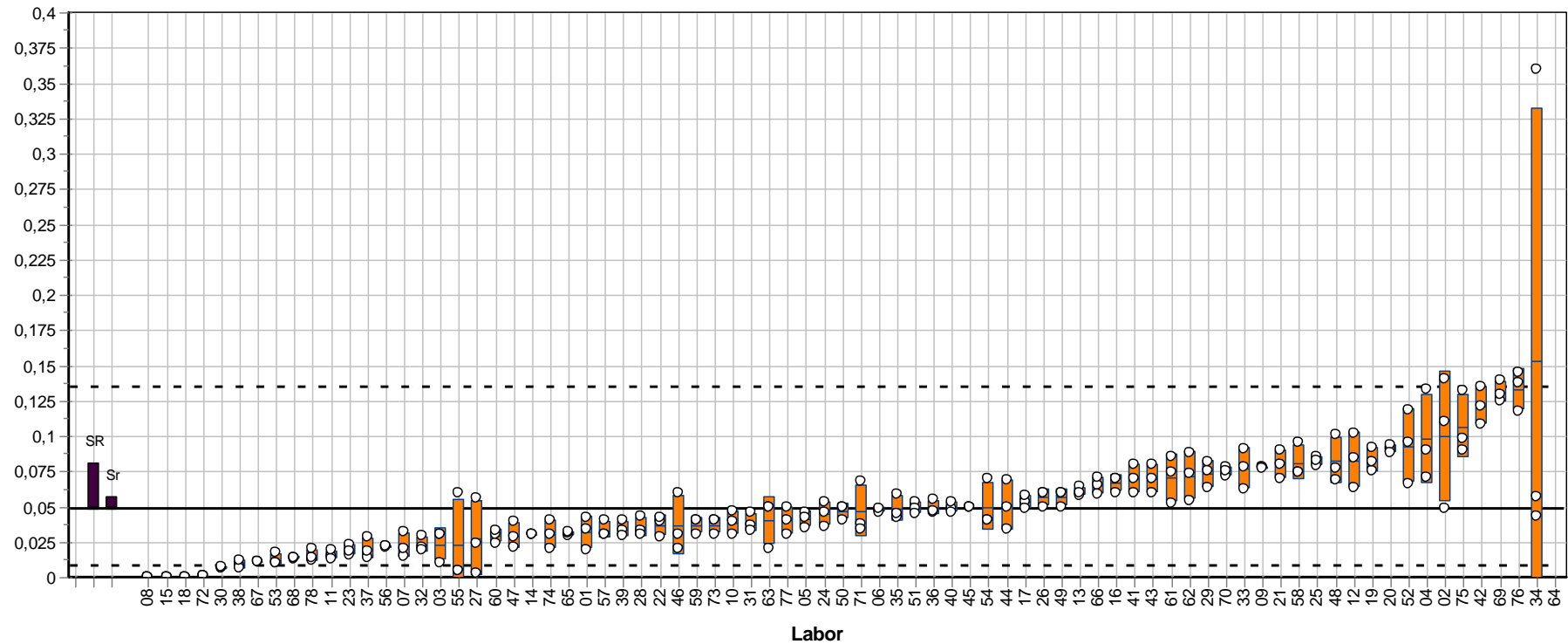


Abbildung 36: Ergebnisse der Biovolumenbestimmung von *Mallomonas akrokomos* (oval), Labormittelwert, Standardabweichung (orangene Boxen), robuster Mittelwert (schwarze Linie) sowie untere und obere Toleranzgrenze (unterbrochene Linie) sowie Vergleichs- (SR) und Wiederholstandardabweichung (Sr).

Probe:	Natürliche Planktonprobe	Robuster Mittelwert:	0,005	mm ³ /l
Merkmal:	Taxon 8 / Biovolumen	Rel. Vergleichs - STD:	75,74	%
Methode:	DIN 38405 A45	Rel. Wiederhol - STD:	14,59	%
Anzahl der Teilnehmer:	78	Toleranzgrenzen (Zu-score <2,0):	0,001 - 0,014	mm ³ /l

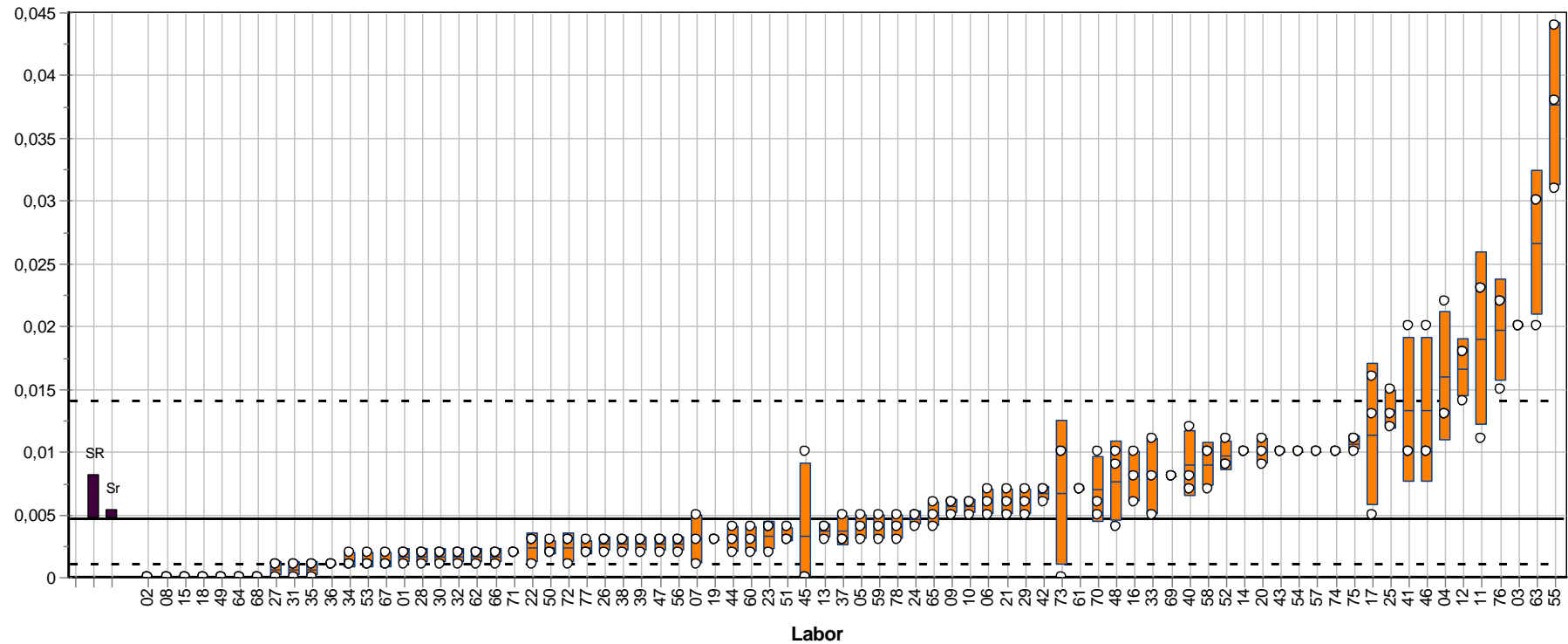


Abbildung 37: Ergebnisse der Biovolumenbestimmung von *Mallomonas akrokomos* (zylindrisch), Labormittelwert, Standardabweichung (orangene Boxen), robuster Mittelwert (schwarze Linie) sowie untere und obere Toleranzgrenze (unterbrochene Linie) sowie Vergleichs- (SR) und Wiederholstandardabweichung (Sr).

Probe:	Natürliche Planktonprobe	Robuster Mittelwert:	0,649	mm ³ /l
Merkmal:	Taxon 9 / Biovolumen	Rel. Vergleichs - STD:	57,55	%
Method:	DIN 38405 A45	Rel. Wiederhol - STD:	10,51	%
Anzahl der Teilnehmer:	78	Toleranzgrenzen (Zu-score <2,0):	0,126 - 1,643	mm ³ /l

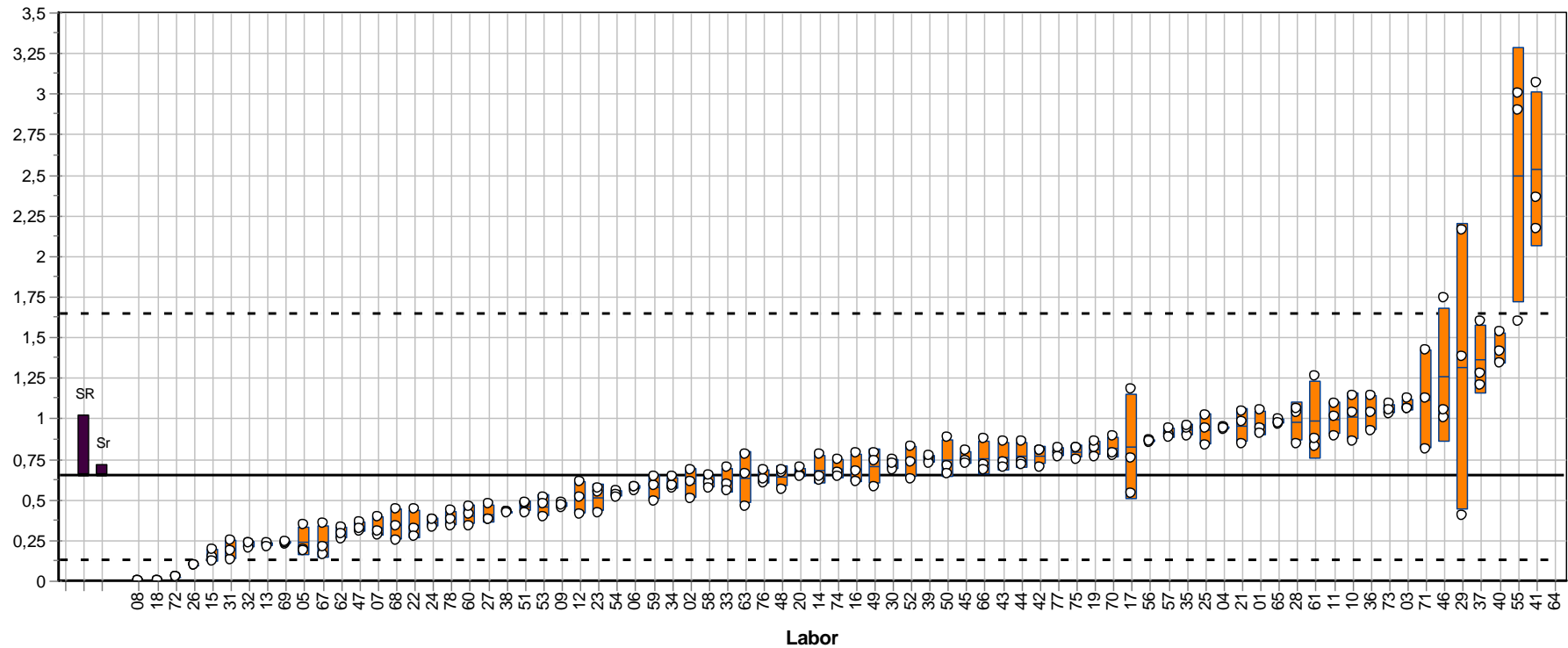


Abbildung 38: Ergebnisse der Biovolumenbestimmung von *Microcystis aeruginosa*, Labormittelwert, Standardabweichung (orangene Boxen), robuster Mittelwert (schwarze Linie) sowie untere und obere Toleranzgrenze (unterbrochene Linie) sowie Vergleichs- (SR) und Wiederholstandardabweichung (Sr).

4.3. Komponente 3: Taxonomische Bestimmung / Videoclips

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



Abbildung 39: Testmaterialien der Komponente 3, taxonomische Bestimmung von Planktonalgen anhand von Videoclips.

Tabelle 7: Taxonomische Bestimmungen und geforderte Bestimmungsniveaus.

Video	Taxon	Niveau
1	Lobomonas ampla Pascher	Art
2	Spirulina Turpin ex Gomont	Gattung
3	Cocconeis pediculus Ehrenberg	Art
4	Uroglena Ehrenberg	Gattung
5	Pediastrum privum (Printz) E.Hegewald	Art
6	Aulacoseira granulata (Ehrenberg) Simonsen	Art
7	Scenedesmus denticulatus Lagerheim	Art
8	Cyclotella radiosa (Grunow) Lemmermann	Art
9	Aneumastus stroesei (Østrup) G.G. Mann & Stickle	Art
10	Gymnodinium Stein	Gattung
11	Ankyra Fott	Gattung
12	Cyanodictyon imperfectum Cronberg & Weibull 1981	Art
13	Nephrocytium agardhianum Nägeli	Art
14	Pandorina morum (O.F. Müller) Bory	Art
15	Euglena geniculata Dujardin	Art
16	Microcystis wesenbergii (Komárek) Komárek	Art
17	Cosmarium Corda ex Ralfs	Gattung
18	Granulocystopsis coronata (Lemmermann) Hindák	Art
19	Nitzschia tabellaria Grunow	Art
20	Radiocystis geminata Skuja	Art

Tabelle 8: Bestimmungsergebnisse Video 1-6.

Video	Bestimmungen der Teilnehmer	Punkte
1	Lobomonas ampla	2
1	Lobomonas ampla var. okensis	2
1	Lobomonas rostrata	1
1	Lobomonas sp.	1
1	Lobomonas stellata	1
1	Chlamydomonas nivalis	0
2	Spirulina cf. nordstedtii	2
2	Spirulina major	2
2	Spirulina meneghiniana	2
2	Spirulina sp.	2
2	Arthrospira	0
3	Cocconeis pediculus	2
3	Cocconeis placentula	1
4	Uroglena	2
4	Uroglena americana	2
4	Uroglenopsis sp.	2
4	Volvox sp.	0
5	Pediastrum integrum var. privum	2
5	Pediastrum privum	2
5	Stauridium privum	2
5	Pediastrum integrum	1
5	Pediastrum tetras	1
6	Aulacoseira granulata	2
6	Aulacoseira granulata var. angustissima	2
6	Aulacoseira islandica	1
6	Aulacoseira muzzanensis	1

Tabelle 9: Bestimmungsergebnisse Video 7-8.

Video	Bestimmungen der Teilnehmer	Punkte
7	Desmodesmus denticulatus	2
7	Desmodesmus dispar	2
7	Desmodesmus pannonicus	2
7	Scenedesmus denticulatus	2
7	Scenedesmis smithii	2
7	Scenedesmus denticulatus var. granulatus	2
7	Scenedesmus dispar	2
7	Scenedesmus dispar var. costatogranulatus	2
7	Scenedesmus pannonicus	2
7	Scenedesmus pannonicus var. costato-granulatus	2
7	Scenedesmus smithii	2
7	Scenedesmus smithii = denticulatus	2
7	Desmodesmus	1
7	Desmodesmus brasiliensis	1
7	Desmodesmus granulatus	1
7	Desmodesmus subspicatus	1
7	Scenedesmus armatus var. spinosus	1
7	Scenedesmus cf. granulatus	1
7	Scenedesmus granulatus	1
7	Scenedesmus opoliensis	1
7	Scenedesmus praetervisus	1
7	Scenedesmus pseudohystrix	1
7	Scenedesmus serratus agg.	1
7	Scenedesmus sp.	1
7	Scenedesmus striatus	1
7	Xanthidium sp.	0
8	Cyclotella balatonis (radiosa)	2
8	Cyclotella comta	2
8	Cyclotella comta var. radiosa	2
8	Cyclotella radiosa	2
8	Puncticulata radiosa	2
8	Cyclotella bodanica	1
8	Cyclotella meneghiniana	1
8	Cyclotella quadrijuncta	1
8	Cyclotella sp.	1
8	Cyclotella tenuistriata	1
8	Cyclostephanos dubius	0

Tabelle 10: Bestimmungsergebnisse Video 9-12

Video	Bestimmungen der Teilnehmer	Punkte
9	<i>Aneumastus pseudotuscula</i>	2
9	<i>Aneumastus pseudotusculus</i>	2
9	<i>Aneumastus stroesei</i>	2
9	<i>Navicula pseudotuscula</i>	2
9	<i>Aneumastus tusculus</i>	1
9	<i>Navicula elegans</i>	1
9	<i>Navicula rynchocephala</i>	1
9	<i>Navicula</i> sp.	1
9	<i>Navicula tuscula</i>	1
9	<i>Navicula viridula</i>	1
9	<i>Cymbella stauroneiformis</i>	0
9	<i>Mastogloia smithii</i>	0
9	<i>Neidium dubium</i>	0
9	<i>Stauroneis anceps</i>	0
9	<i>Stauroneis conspicua</i>	0
10	<i>Gymnodinium</i>	2
10	Dinophyceae	1
10	<i>Peridinium</i>	1
10	<i>Woloszynskia</i>	1
11	<i>Ankyra lanceolata</i>	2
11	<i>Ankyra</i> sp.	2
11	<i>Korshikoviella</i> sp.	2
11	<i>Closteriopsis</i> sp.	0
11	<i>Closterium</i> sp.	0
11	<i>Monoraphidium</i> sp.	0
11	<i>Pseudoschroederia</i> sp.	0
11	<i>Schroederia</i> sp.	0
12	<i>Cyanocatena imperfecta</i>	2
12	<i>Cyanocatena planctonica</i>	2
12	<i>Cyanodictyon imperfectum</i>	2
12	<i>Cyanodictyon endophyticum</i>	1
12	<i>Anabaena</i> sp.	0
12	<i>Aphanocapsa delicatissima</i>	0
12	<i>Aphanocapsa</i> sp.	0
12	<i>Aphanothece minutissima</i>	0
12	<i>Microcystis natans</i>	0

Tabelle 11: Bestimmungsergebnisse Video 13-17.

Video	Bestimmungen der Teilnehmer	Punkte
13	<i>Nephrocytium agardhianum</i>	2
13	<i>Nephrocytium limneticum</i>	2
13	<i>Nephrocytium lunatum</i>	2
13	<i>Nephrocytium</i> sp.	1
13	<i>Oocystis borgei</i>	0
13	<i>Oocystis phaseoliformis</i>	0
14	<i>Pandorina morum</i>	2
14	<i>Pandorina smithii</i>	1
14	<i>Pandorina unicocca</i>	1
14	<i>Pediastrum smithii</i>	0
15	<i>Euglena geniculata</i>	2
15	<i>Euglena schmitzii</i>	2
15	<i>Euglena caudata</i>	1
15	<i>Euglena granulata</i>	1
15	<i>Euglena hemichromata</i>	1
15	<i>Euglena limnophila</i>	1
15	<i>Euglena oblonga</i>	1
15	<i>Euglena polymorpha</i>	1
15	<i>Euglena proxima</i>	1
15	<i>Euglena</i> sp.	1
15	<i>Euglena splendens</i>	1
15	<i>Euglena sulcifera</i>	1
15	<i>Euglena viridis</i>	1
16	<i>Microcystis wesenbergii</i>	2
16	<i>Microcystis</i> sp.	1
16	<i>Chlorella vulgaris</i>	0
17	<i>Cosmarium</i> cf. <i>regnellii</i>	2
17	<i>Cosmarium polygonatum</i>	2
17	<i>Cosmarium</i> sp.	2

Tabelle 12: Bestimmungsergebnisse Video 17-20.

Video	Bestimmungen der Teilnehmer	Punkte
18	Granulocystis coronata	2
18	Granulocystis pseudocorona	2
18	Granulocystopsis coronata	2
18	Granulocystopsis decorata	2
18	Granulocystopsis pseudocoronata	2
18	Oocystis coronata (syn. Granulocystis coronata)	2
18	Oocystis marssonii	0
18	Oocystis naegelii	0
18	Oocystis solitaria	0
18	Trachelomonas sp.	0
19	Grunowia tabellaria	2
19	Nitzschia sinuata	2
19	Nitzschia sinuata var. tabellaria	2
19	Nitzschia tabellaria	2
19	Achnanthes	0
19	Diatoma sp.	0
19	Fragilaria	0
19	Fragilaria leptostauron	0
19	Staurosirella leptostauron	0
20	Radiocystis geminata	2
20	Radiocystis sp.	1
20	Chroococcus minimus	0
20	Cyanodictyon sp.	0
20	Palmella sp.	0
20	Snowella lacustris	0
20	Snowella litoralis	0

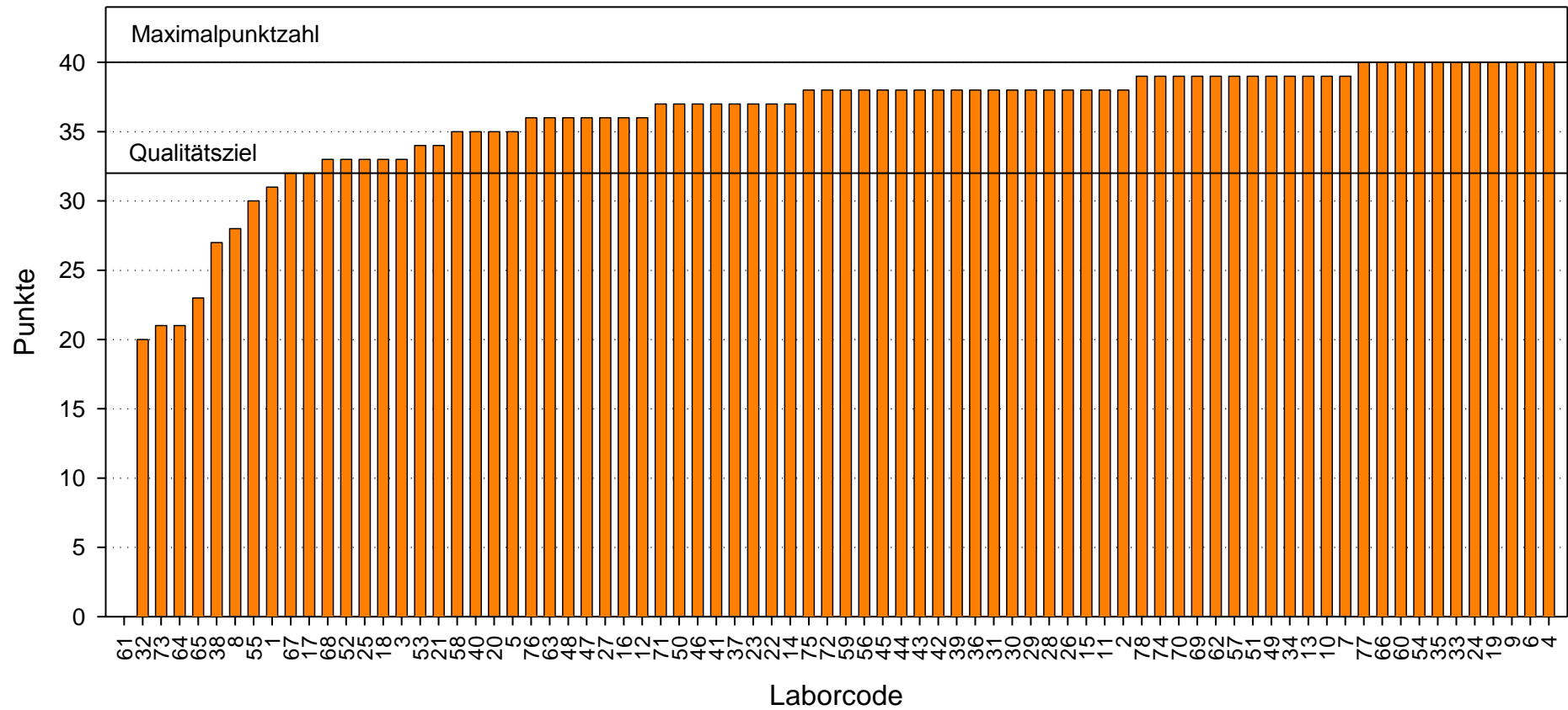


Abbildung 40: Die Ergebnisse der taxonomischen Bestimmung der Planktonalgen in den Videoclips. Das Qualitätsziel (32 Punkte) beträgt 80% der Maximalpunktzahl.

5. 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 wurde die Analyse von so genannten Referenzzählkammern 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.

5.1. Komponente 1: Referenzzählkammern

5.1.1. 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 Mikropartikel gezählt. Sie schwanken zwischen 2 und 4.575 Mikropartikel. Der maximal mögliche statistische Zählfehler beträgt folglich zwischen 304 und 2,9 %. In den folgenden Tabellen sind die Zählstrategien der Teilnehmer zusammengefasst.

Tabelle 13: Zusammenfassung der Zählstrategien bei den Mikropartikeln 43 μm .

Zählfläche	Anzahl Zählflächen			untersuchte Kammerfläche [mm ²]			verwendete Vergrößerung			gezählte Partikel			Anzahl der Labore
	Min	MW	Max	Min	MW	Max	Min	MW	Max	Min	MW	Max	
Kammer	0,25	1,3	10	16	495	531	100	127	400	65	295	489	42
Transekt	1	5,7	30	5	34	149	100	186	400	3	73	315	19
Felder	1	70,4	252	0	9	105	100	251	630	2	40	116	17

Tabelle 14: Zusammenfassung der Zählstrategien bei den Mikropartikeln 23 µm.

Zählfläche	Anzahl Zählflächen			untersuchte Kammerfläche [mm ²]			verwendete Vergrößerung			gezählte Partikel			Anzahl der Labore
	Min	MW	Max	Min	MW	Max	Min	MW	Max	Min	MW	Max	
Kammer	1	5,5	10	37	284	530	100	150	200	300	2409	4575	2
Transekt	1	2,6	12	3,3	17	62	100	252	400	39	257	865	43
Felder	4	65	252	0,0	1,7	13	100	287	630	24	236	946	33

Tabelle 15: Zusammenfassung der Zählstrategien bei den Mikropartikeln 12 µm.

Zählfläche	Anzahl Zählflächen			untersuchte Kammerfläche [mm ²]			verwendete Vergrößerung			gezählte Partikel			Anzahl der Labore
	Min	MW	Max	Min	MW	Max	Min	MW	Max	Min	MW	Max	
Kammer	10	10,0	10	4	7	9	200	200	200	213	356	505	2
Transekt	1	3,5	46	0,7	8	27	100	427	1500	69	583	2646	29
Felder	1	44	252	0,0	0,9	12	100	398	790	47	402	1706	47

In der nachfolgenden Abbildung sind die mittleren zu-Scores in Abhängigkeit von der Zählstrategie dargestellt. Daraus können folgende Erkenntnisse abgeleitet werden:

- Die Zählung von Transekten führt bei abnehmender Größe und zunehmender Konzentration der Partikel zu geringeren Zu-scores
- Die Zählung ganzer Kammern führt bei den mittleren und kleinen Partikeln zu größeren Abweichung vom robusten Mittelwert; bei der Zählung von Transekten und Seefeldern hingegen treten geringere Abweichungen auf
- Bei den großen Partikeln mit geringen Partikelkonzentrationen führt die Kammerzählungen zu den geringsten Abweichungen vom robusten Mittelwert; die Zählung von Seefeldern führt hingegen zu größeren Abweichungen

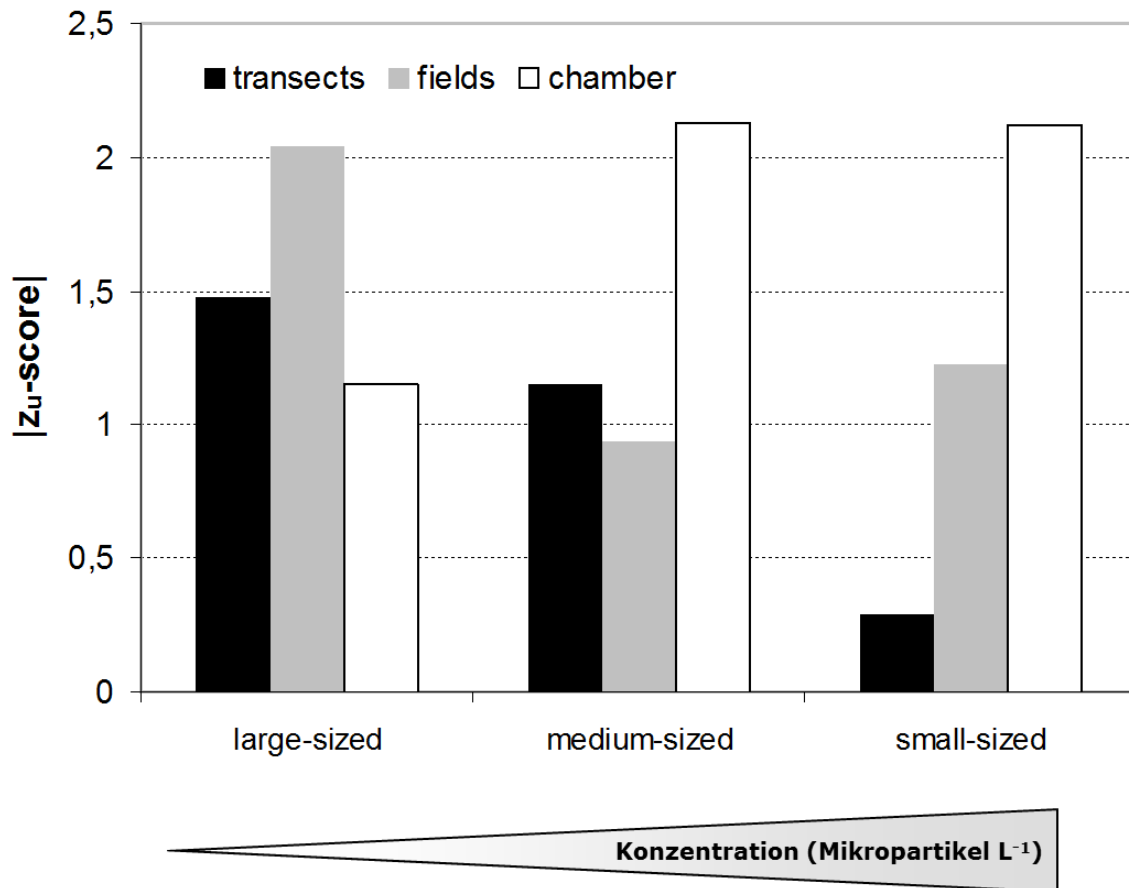


Abbildung 41: Mittlere Zu-score-Länge in Abhängigkeit von Abundanz und Zählstrategie.

Für Ringversuchsteilnehmer, welche die Mikropartikel-Replikatzählungen unter identischen Bedingungen (d.h. ohne Wechsel der Zählstrategie während der Bearbeitung durchgeführt haben, sind in **Abbildung 42** 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 ausschussrelevanten Minder- bzw. Mehrbefund, deuten aber auf methodische Unsicherheiten hin.

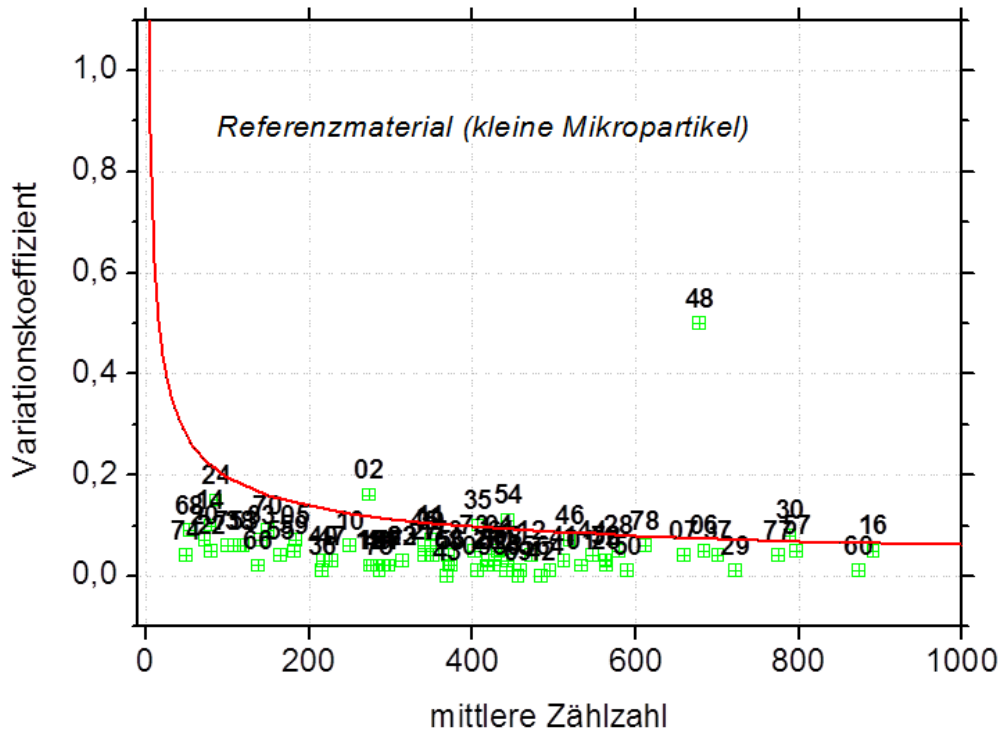


Abbildung 42: Abhängigkeit des Variationskoeffizienten der mittleren Zähzahl für die kleinen Mikropartikel (12 μm). Die Zahlen entsprechen den Laborcodes.

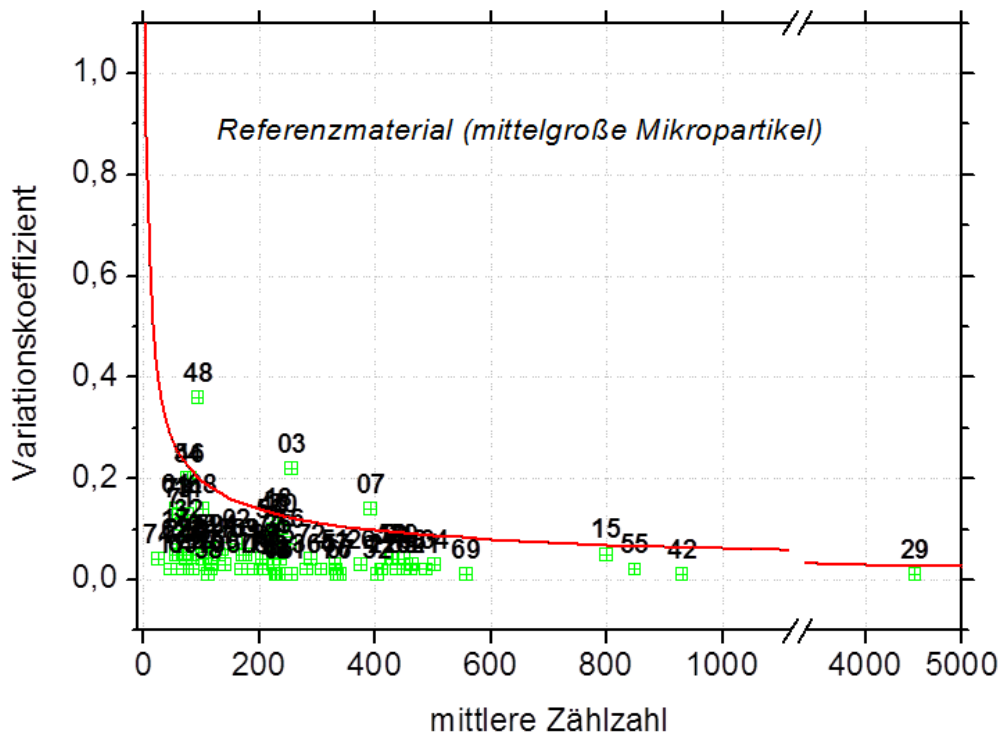


Abbildung 43: Abhängigkeit des Variationskoeffizienten der mittleren Zähzahl für die mittelgroßen Mikropartikel (23 μm). Die Zahlen entsprechen den Laborcodes.

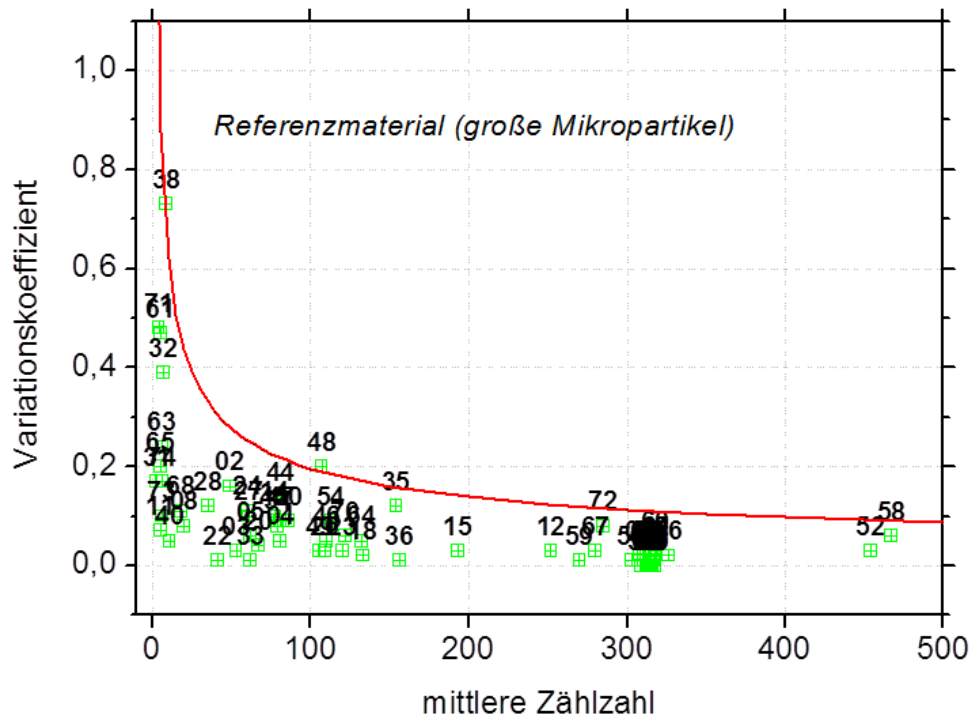


Abbildung 44: Abhängigkeit des Variationskoeffizienten der mittleren Zählzahl für die großen Mikropartikel (43 μm). Die Zahlen entsprechen den Laborcodes.

5.1.2. Vermessung der Mikropartikel

Der Quotient SR/Sr deutet bei beiden Mikropartikelfractionen auf ein ausgewogenes Verhältnis zwischen systematischen und zufälligen Fehlern. Den Teilnehmern, die unter- bzw. oberhalb der berechneten Toleranzgrenzen liegen, wird eine Rekalibrierung ihres optischen Systems empfohlen.

Tabelle 16: Zusammenfassung der Ergebnisse der Vermessung der Mikropartikel (Min: Minimum; MW: robuster Mittelwert; Max: Maximum, SR [%]: relative Vergleichsstandardabweichung, Sr [%]: relative Wiederholstandardabweichung).

	Mikropartikel Groß	Mikropartikel Mittel	Mikropartikel Klein
Min	21,55 µm	11,30 µm	6,10 µm
Mittelwert	43,09 µm	23,08 µm	12,05 µm
Max	45,90 µm	28,20 µm	13,75 µm
SR [%]	1,99%	3,23%	5,18%
Sr [%]	0,50%	0,77%	1,48%
Sollwert	43 µm	23 µm	12 µm

5.2. Komponente 2: natürliche Probe

5.2.1. Quantitative Aspekte

Die Ergebnisse der Gesamtzellzahl schwankten zwischen 5,47 Mio Zellen/l und 83,03 Mio Zellen/l. Drei Labore lagen mit ihren ermittelten Zellkonzentrationen unterhalb und 2 Labore oberhalb der berechneten Toleranzgrenzen. Von entscheidender Bedeutung für die Gesamtzellzahl war die Bestimmung der Zellkonzentration von *Microcystis aeruginosa* (Taxon 9).

Die Ergebnisse der Biovolumenbestimmung schwankten zwischen 0 und 8.623.697 mm³/l. Im ersten Fall ist davon auszugehen, dass die beiden betreffenden Labors keine Biovolumina berechnet haben. Das niedrigste Gesamtbiovolumen eines teilnehmenden Labors betrug 0,18 mm³/l. Die extreme Abweichung nach oben um mehrere Zehnerpotenzen deutet darauf hin, dass die betreffenden Teilnehmer den

Umgang mit der geforderten Einheit nicht gewohnt sind bzw. keine Plausibilitätsprüfung durchgeführt wurde.

5.2.2. Qualitative Aspekte

Vom überwiegenden Anteil der Teilnehmer wurden *Cryptomonas* (Taxon 3), *Staurastrum* (Taxon 2) als die beiden Arten mit den höchsten Biovolumenanteilen erkannt. *Microcystis* (Taxon 9), *Peridinium* (Taxon 1) und *Scenedesmus* (Taxon 5) waren mit mittleren Biovolumenanteilen zwischen 15,9 und 5,49 % vertreten. Demgegenüber hatten die drei Arten *Asterionella* (Taxon 6), *Monoraphidium* (Taxon 5) und *Mallomonas* (Taxon 8 und 9) mit 7,74 bis 0,15 % lediglich sehr geringe Anteile am Gesamtbiovolumen.

Tabelle 17: Relativer Anteil der Algenklassen am Gesamtbiovolumen berechnet aus den Ergebnissen aller Ringversuchsteilnehmer (Min: Minimum, MW: Mittelwert, Max: Maximum, Stabw: Standardabweichung, V: Variationskoeffizient).

	Taxon 1	Taxon 2	Taxon 3	Taxon 4	Taxon 5	Taxon 6	Taxon 7	Taxon 8	Taxon 9
Min	0,06	0,24	6,90	0,01	0,00	0,03	0,00	0,00	0,04
MW	11,8	30,7	32,0	1,74	0,98	5,49	1,28	0,15	15,9
Max	23,6	72,3	99,6	4,74	2,49	12,5	7,13	1,26	35,4
Stabw	3,64	11,6	11,3	0,92	0,47	2,36	1,06	0,17	7,31
CV (%)	30,8	37,7	35,2	52,5	48,5	43,1	83,0	113,6	46,1

In **Tabelle 18** bis **Tabelle 26** wurden für jedes Taxon die von den Teilnehmern zugeordnete Algenklassen und Anzahl der Befunde zusammengefasst.

Tabelle 18: Klassenzuordnung von *Peridinium cinctum* (Art 1).

Peridinium cinctum	Anzahl
Dinophyceae	76
Dinoflagellata	1
Peridiniaceae	1

Tabelle 19: Klassenzuordnung von *Staurastrum arctiscon* (Art 2).

Staurastrum arctiscon	Anzahl
Conjugatophyceae	51
Zygnematophyceae	12
Desmidiaceae	5
Chlorophyceae	2
Conjugatophyceae (Desmidiiales)	2
Chlorophyceae-Desmidiiales	1
Conjugatophyceae (Zygnemophyceae)	1
Desmidiiales	1
Zygnemataceae	1
Zygnemophyceae	1
Zygophyceae	1

Tabelle 20: Klassenzuordnung von *Cryptomonas tetrapyrenoidosa* (Art 3).

Cryptomonas tetrapyrenoidosa	Anzahl
Cryptophyceae	75
Bacillariophyceae	2
Chrysophyceae	1

Tabelle 21: Klassenzuordnung von *Asterionella formosa* (Art 4).

Asterionella formosa	Anzahl
Bacillariophyceae	67
Fragilariophyceae	5
Bacillariophyceae (Pennales)	2
Diatomeae	2
Diatomophyceae	1
Fragilariaceae	1

Tabelle 22: Klassenzuordnung von *Monoraphidium griffithii* (Art 5).

Monoraphidium griffithii	Anzahl
Chlorophyceae	72
Klebsormidiophyceae	3
Chlorococcales	1
Koliella	1
Trebouxiophyceae	1

Tabelle 23: Klassenzuordnung von *Scenedesmus quadricauda* (Art 6).

Scenedesmus quadricauda	Anzahl
Chlorophyceae	76
Chlorococcales	1
Scenedesmus	1

Tabelle 24: Klassenzuordnung von *Mallomonas akrokomos* (oval) (Art 7).

Mallomonas akrokomos (oval)	Anzahl
Chrysophyceae	58
Haptophyceae	8
Cryptophyceae	4
Chlorophyceae	2
Synurophyceae	2
Unidentified	2
Dinophyceae	1
Prasinophyceae	1

Tabelle 25: Klassenzuordnung von *Mallomonas akrokomos* (zylindrisch) (Art 8).

Mallomonas akrokomos (zylindrisch)	Anzahl
Chrysophyceae	53
Chlorophyceae	7
Euglenophyceae	7
Synurophyceae	6
Cryptophyceae	1
Cyanophyceae	1
unbestimmt	1
Volvocales	1

Tabelle 26: Klassenzuordnung von *Microcystis aeruginosa* (Art 9).

Microcystis aeruginosa	Anzahl
Cyanophyceae	48
Cyanobacteria	26
Cyanoprokaryota	2
Chroococcales	1
Chrysophyceae	1

5.2.3. Zusammenhang zwischen Zählstrategie und Ergebnis

Analog zur Referenzzählkammer sind von

Tabelle 27 bis **Tabelle 35** die Zählstrategien der Teilnehmer für die einzelnen Taxa dargestellt.

Tabelle 27: Zusammenfassung der Zählstrategien bei *Peridinium cinctum*

Zählfläche	Anzahl Zählflächen			untersuchte Kammerfläche [mm ²]			verwendete Vergrößerung			gezählte Einheiten			Anzahl der Labore
	Min	MW	Max	Min	MW	Max	Min	MW	Max	Min	MW	Max	
Kammer	0,5	2,6	60	25	488	535	100	144	1000	17	133	223	46
Transekt	1	8,1	55	5	38	297	100	248	400	3	33	107	14
Felder	1	57,6	170	0	24,0	265	100	263	630	0	27	103	18

Tabelle 28: Zusammenfassung der Zählstrategien bei *Staurastrum arcticon*

Zählfläche	Anzahl Zählflächen			untersuchte Kammerfläche [mm ²]			verwendete Vergrößerung			gezählte Einheiten			Anzahl der Labore
	Min	MW	Max	Min	MW	Max	Min	MW	Max	Min	MW	Max	
Kammer	0,1	3,4	60	25	456	535	100	160	1000	41	387	768	32
Transekt	1	5,0	55	5	31	124	100	197	400	6	91	268	27
Felder	1	63,5	170	0	9,8	105	100	266	630	0	71	288	19

Tabelle 29: Zusammenfassung der Zählstrategien bei *Cryptomonas tertrapirenoidea*.

Zählfläche	Anzahl Zählflächen			untersuchte Kammerfläche [mm ²]			verwendete Vergrößerung			gezählte Einheiten			Anzahl der Labore
	Min	MW	Max	Min	MW	Max	Min	MW	Max	Min	MW	Max	
Kammer	1	19,0	36	18	165	452	200	467	1000	342	2328	7286	3
Transekt	1	2,0	5	1	10	26	200	350	400	64	342	1471	41
Felder	10	48,2	102	0	1,4	19	100	402	640	6	200	928	34

Tabelle 30: Zusammenfassung der Zählstrategien bei *Asterionella formosa*.

Zählfläche	Anzahl Zählflächen			untersuchte Kammerfläche [mm ²]			verwendete Vergrößerung			gezählte Einheiten			Anzahl der Labore
	Min	MW	Max	Min	MW	Max	Min	MW	Max	Min	MW	Max	
Kammer	0,5	13,8	60	18	304	531	200	333	1000	105	693	1475	6
Transekt	1	2,7	6	4	13	26	100	312	400	6	101	293	40
Felder	10	55,1	120	0	1,0	12	100	402	640	0	45	199	32

Tabelle 31: Zusammenfassung der Zählstrategien bei *Monoraphidium griffithii*.

Zählfläche	Anzahl Zählflächen			untersuchte Kammerfläche [mm ²]			verwendete Vergrößerung			gezählte Einheiten			Anzahl der Labore
	Min	MW	Max	Min	MW	Max	Min	MW	Max	Min	MW	Max	
Kammer	1	25,0	54	18	191	531	100	433	1000	115	541	1084	3
Transekt	1	2,4	6	3	13	39	100	321	400	28	173	985	43
Felder	10	51,7	102	0	1,0	12	100	397	640	3	74	246	32

Tabelle 32: Zusammenfassung der Zählstrategien bei *Scenedesmus quadricauda*.

Zählfläche	Anzahl Zählflächen			untersuchte Kammerfläche [mm ²]			verwendete Vergrößerung			gezählte Einheiten			Anzahl der Labore
	Min	MW	Max	Min	MW	Max	Min	MW	Max	Min	MW	Max	
Kammer	0,5	11,8	48	25	282	531	100	300	1000	228	1583	3344	6
Transekt	1	2,4	6	3	13	39	100	318	400	10	242	849	41
Felder	10	50,9	102	0	1,0	12	100	409	640	0	111	384	31

Tabelle 33: Zusammenfassung der Zählstrategien bei *Mallomonas akrokomos* (oval).

Zählfläche	Anzahl Zählflächen			untersuchte Kammerfläche [mm ²]			verwendete Vergrößerung			gezählte Einheiten			Anzahl der Labore
	Min	MW	Max	Min	MW	Max	Min	MW	Max	Min	MW	Max	
Kammer	1	53,7	100	25	216	530	200	533	1000	0	54	142	3
Transekt	1	2,4	8	3	9	26	200	401	600	0	87	254	39
Felder	10	62,0	277	0	2,0	39	200	539	1250	1	37	180	34

Tabelle 34: Zusammenfassung der Zählstrategien bei *Mallomonas akrokomos* (zylindrisch).

Zählfläche	Anzahl Zählflächen			untersuchte Kammerfläche [mm ²]			verwendete Vergrößerung			gezählte Einheiten			Anzahl der Labore
	Min	MW	Max	Min	MW	Max	Min	MW	Max	Min	MW	Max	
Kammer	0,5	15,9	60	25	810	1963	200	480	1000	0	37	195	5
Transekt	1	2,9	8	3	11	33	200	385	600	0	18	71	38
Felder	10	66,0	277	0	2,1	39	100	488	790	0	7,8	45	33

Tabelle 35: Zusammenfassung der Zählstrategien bei *Microcystis aeruginosa*.

Zählfläche	Anzahl Zählflächen			untersuchte Kammerfläche [mm ²]			verwendete Vergrößerung			gezählte Einheiten			Anzahl der Labore
	Min	MW	Max	Min	MW	Max	Min	MW	Max	Min	MW	Max	
Kammer	20	20,0	20	5	5	5	400	400	400	2474	2516	2568	1
Transekt	1	1,6	4	1	5	12	320	458	1000	516	4847	45500	21
Felder	1	30,5	136,5	0	0,3	5	400	560	1250	78	918	5259	55

Nachfolgende Abbildung fasst die Zählstrategien für die Arten 1 (*Peridinium*), 3 (*Cryptomonas*) und 5 (*Monoraphidium*) zusammen und setzt diese mit der Zellkonzentration in Beziehung. Dabei kann folgendes festgestellt werden:

- Bei großen und in geringer Zellkonzentration vorliegenden Arten ist die Kammerzählung die geeignetste Zählstrategie
- Mit abnehmender Größe und zunehmender Zellkonzentration der Arten führt die Auszählung ganzer Kammern im Mittel zu einer starken Erhöhung der Abweichungen vom robusten Mittelwert
- Bei mittelgroßen Arten in mittleren Zellkonzentrationen zeigen sich bei der Verwendung von Transektzählungen die geringsten Abweichungen vom robusten Mittelwert

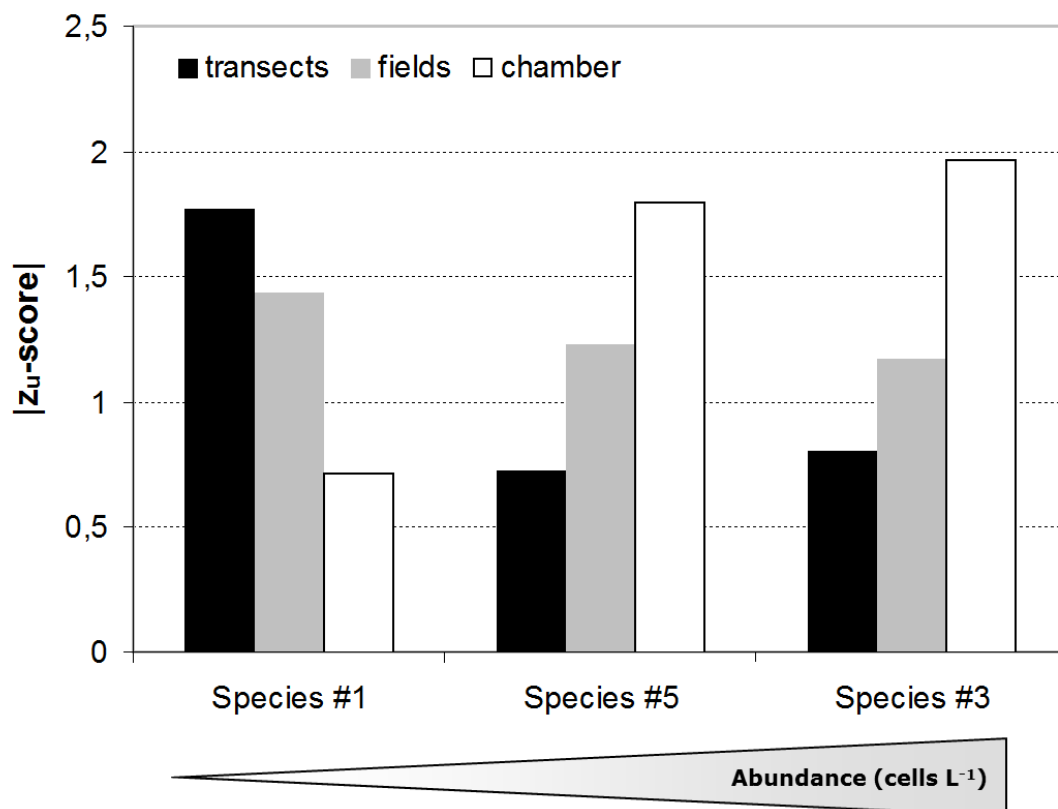


Abbildung 45: Mittlere Zu-score-Länge in Abhängigkeit von Abundanz und Zählstrategie (Art 1 *Peridinium*, Art 3: *Cryptomonas*, Art 5: *Monoraphidium*).

Analog zur Vorgehensweise bei den Mikropartikeln erfolgte die Betrachtung von Zählaufwand und Variationskoeffizient für ausgewählte Organismen der natürlichen Probe (*Peridinium*, *Cryptomonas* und *Monoraphidium*), denen eindeutig die Zugehörigkeit zu einer Zählkategorie zugeordnet werden konnte. 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.

Bei *Peridinium cinctum* (Art 1) handelt es sich um ein Taxon, welches aufgrund seiner Größe und der eingestellten Zellkonzentration von vielen Teilnehmern verteilungsunabhängig, d.h. durch die Auszählung des gesamten Kammerbodens erfasst wurde. Dabei spielten dann vergleichsweise geringe Anzahlen von gezählten Zellen hinsichtlich des Variationskoeffizienten eine untergeordnete Rolle. Die Ergebnisse der Teilnehmer mit geringen Anzahlen erfasster Zellen lagen nicht oberhalb der berechneten theoretischen Zählfehlerobergrenze (**Abbildung 46**). Ganz offensichtlich wurden die Probenflaschen von den Teilnehmern vor der Abfüllung ausreichend homogenisiert und die Sedimentationsmuster entsprachen einer Poissonverteilung.

Bei *Cryptomonas tetrapyrenoidosa* (Art 3) liegt eine ganze Reihe von Ergebnissen oberhalb der berechneten theoretischen Zählfehlerobergrenze, sodass hier von signifikanten Unterschieden zwischen den Replikaten ausgegangen werden muss. Als Fehlermöglichkeiten kommen hier Unterschiede bei der Abfüllung sowie bei der Ausbildung der Sedimentationsmuster in Frage. Letztere können teilweise über eine Anpassung der Zählstrategie z. Bsp. durch die Zählung zusätzlicher Transekte bzw. Sehfelder ausgeglichen werden. Art 5 (*Monoraphidium griffithii*) hingegen zeigt weniger Auffälligkeiten. Der Großteil der Ergebnisse zeigt Variationskoeffizienten, die unterhalb der theoretischen Zählfehlerobergrenze liegen.

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, bei denen aufgrund ihrer Größe und Konzentration lediglich vergleichsweise kleine Teilflächen des Kammerbodens generell inakzeptabel. Darüber hinaus wird auch hier deutlich, dass ein enorm hoher Zählaufwand nicht zwangsläufig zu einem sichereren Ergebnis führt.

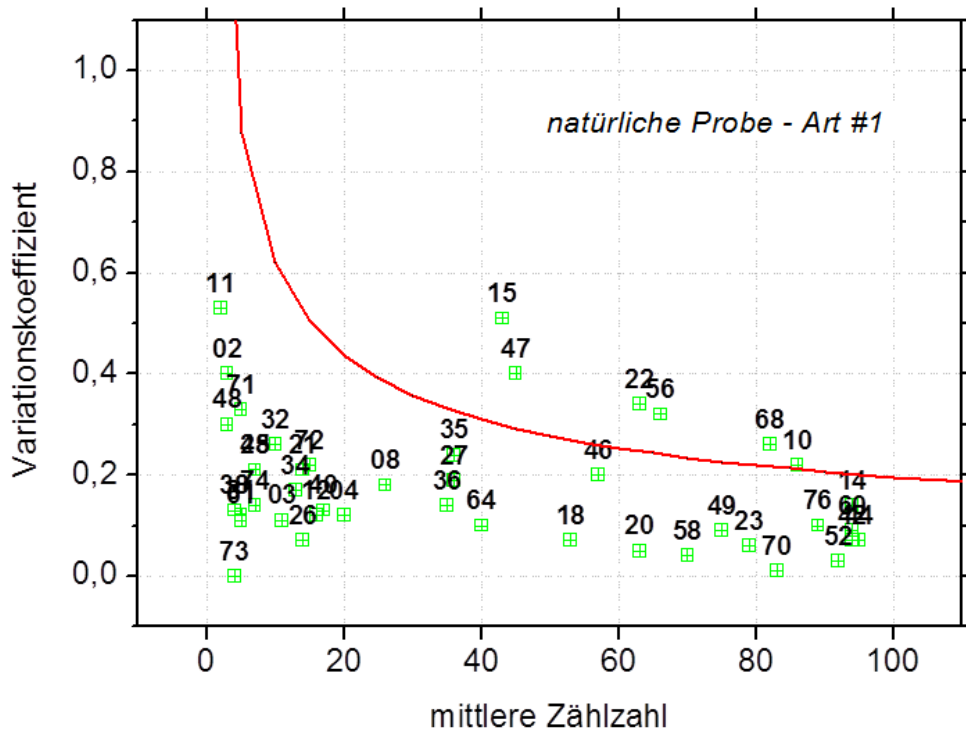


Abbildung 46: Abhängigkeit des Variationskoeffizienten der natürlichen Zählprobe von der mittleren Zählzahl bei *Peridinium cinctum*.

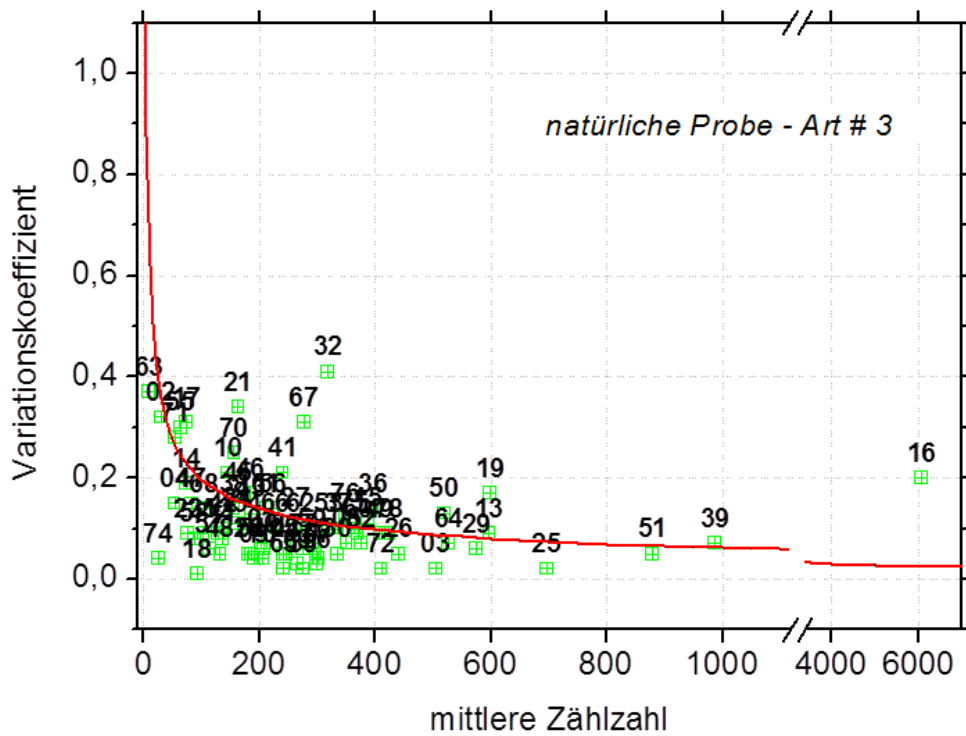


Abbildung 47: Abhängigkeit des Variationskoeffizienten der natürlichen Zählprobe von der mittleren Zählzahl bei *Cryptomonas tetrapyrenoidosa*.

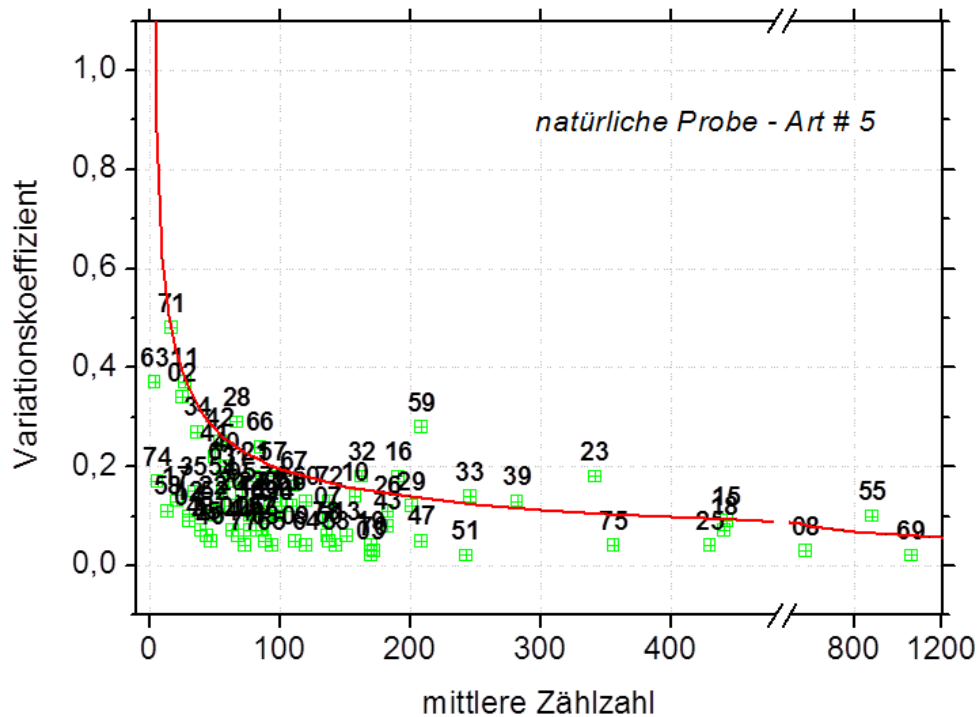


Abbildung 48: Abhängigkeit des Variationskoeffizienten der natürlichen Zählprobe von der mittleren Zählzahl bei *Monoraphidium griffithii*.

Abbildung 49 und **Abbildung 50** zeigen die Ergebnisse einer Faktorenanalyse für die Art1 (*Peridinium*) und die Art 3 (*Cryptomonas*). Ziel war ebenfalls den möglichen Einfluss der Zählstrategie (Vergrößerung und Zählkategorie) auf das Zählergebnis darzustellen. In Ergänzung zu der Abbildung 45 ist hier zusätzlich der Faktor mikroskopische Vergrößerung berücksichtigt. Dabei kann für die *Peridinium* festgestellt werden, dass vor allem die Kammerzählung bei geringen Vergrößerungen zu sehr guten Ergebnissen geführt hat. Unzureichende Ergebnisse kamen demgegenüber im Mittel zustande, wenn eine Transektzählung bei hohen Vergrößerungen erfolgte. Bei *Cryptomonas* ergibt sich ein etwas anderes Bild. Bei dieser Art sind die unzureichenden Ergebnisse im Mittel eher mit den Faktoren niedriger Vergrößerung und Kammerzählung assoziiert. Gute und sehr gute Ergebnisse stehen hingegen im Mittel mit hohen Vergrößerungen sowie Transekt- und Felderzählung in Zusammenhang.

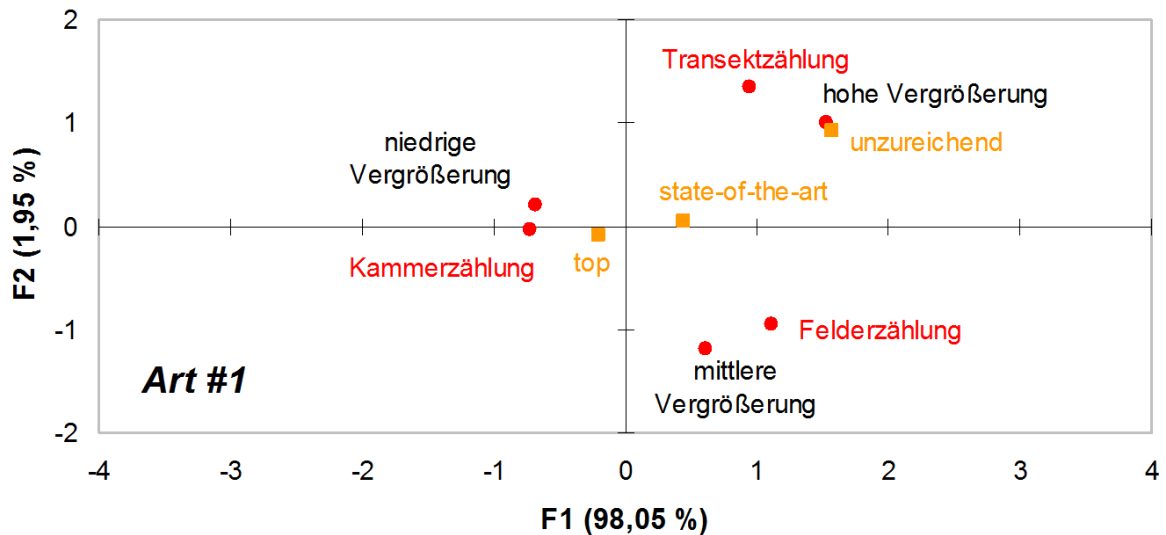


Abbildung 49: Abhängigkeit des Ringversuchsergebnisses von der Zählstrategie für *Peridinium cinctum*, dargestellt als Faktorenkarte (für Erläuterungen siehe Text, die roten Symbole repräsentieren die merkmalsbildenden Beobachtungen).

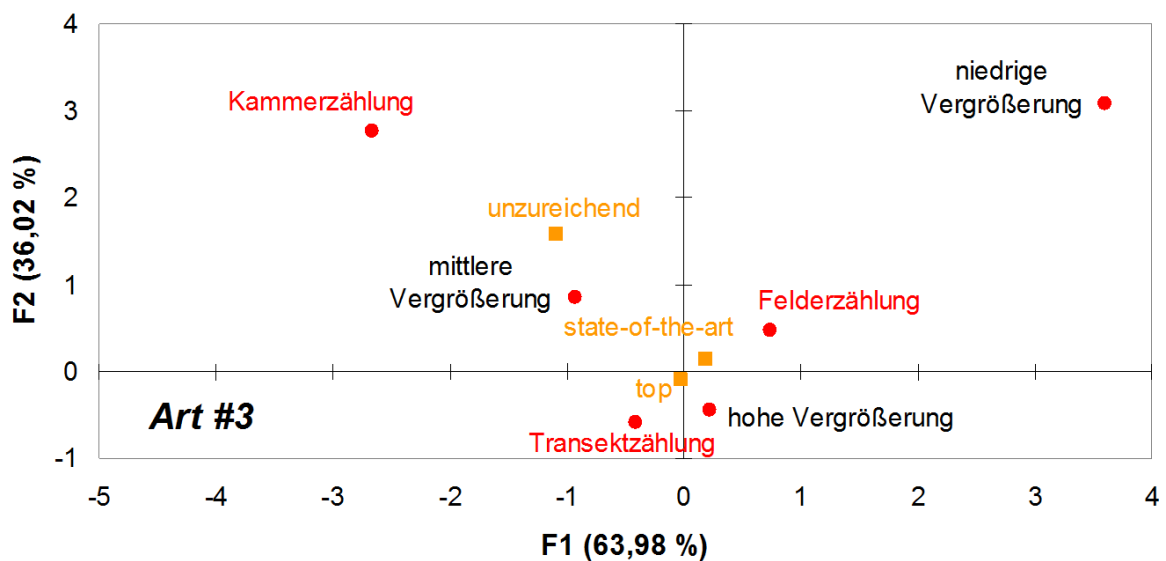


Abbildung 50: Abhängigkeit des Ringversuchsergebnisses von der Zählstrategie für *Cryptomonas tetrapyrenoidosa*, dargestellt als Faktorenkarte (für Erläuterungen siehe Text, die roten Symbole repräsentieren die merkmalsbildenden Beobachtungen).

5.2.4. Zellvolumina

Tabelle 36: Übersicht über berechnete Zellvolumina.

Taxa	Anzahl	Minimum	Mittelwert	Maximum	Standardabweichung	Variationskoeffizient [%]
1 <i>Peridinium cinctum</i>	76	11.442	28.653	44.602	5.452	19,0
2 <i>Staurastrum arctiscon</i>	76	8.420	24.708	133.027	15.484	62,7
3 <i>Cryptomonas tetrapyrenoidosa</i>	76	529	1.203	1.930	290	24,1
4 <i>Asterionella fomsa</i>	76	34	383	962	155	40,5
5 <i>Monoraphidium griffithii</i>	76	46	121	276	49	40,3
6 <i>Scenedesmus quadricauda</i>	76	153	460	2.828	362	78,8
7 <i>Mallomonas akrokomos oval</i>	76	26	185	1.551	193	104,6
8 <i>Mallomonas akrokomos länglich</i>	74	24	109	491	74	67,9
9 <i>Microcystis aeruginosa</i>	76	9	25	48	7	29,5

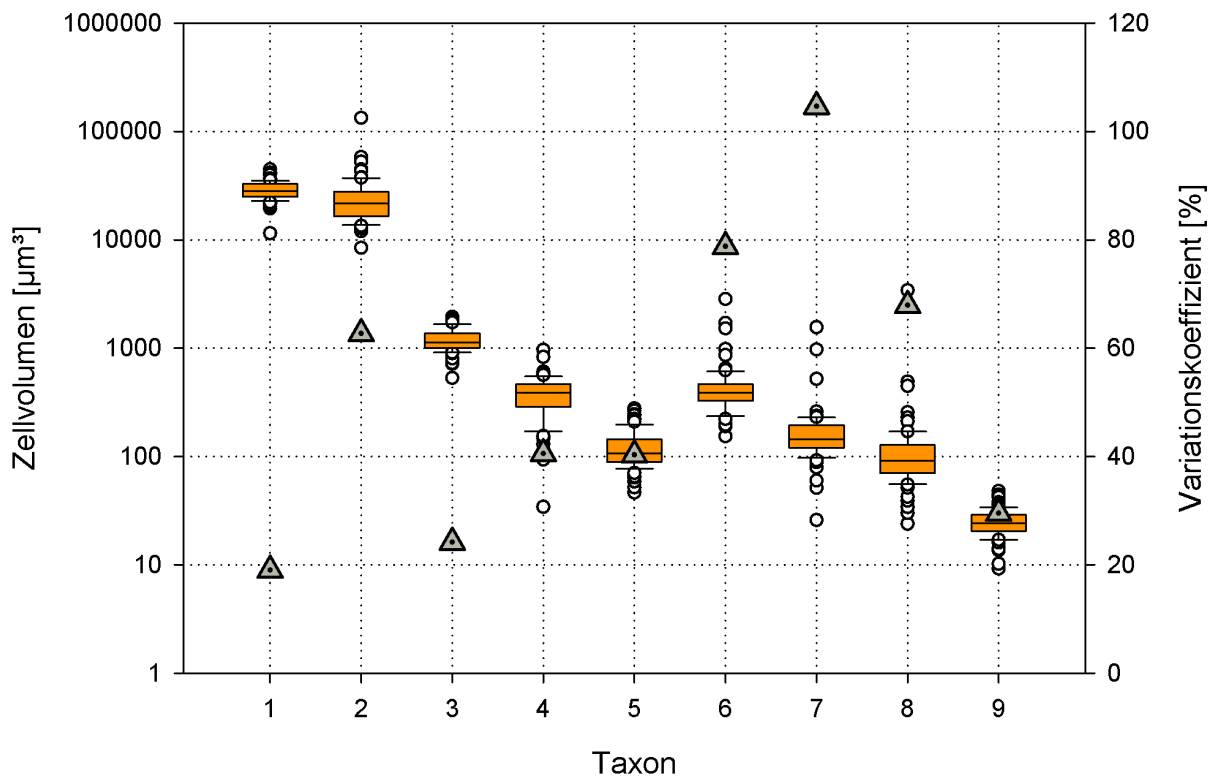


Abbildung 51: Schwankungen der mittleren Zellvolumina und deren Variationskoeffizienten.

Die **Tabellen 37 bis 45** geben einen Überblick über die Volumenformeln, die bei der Berechnung der Zellvolumina verwendet wurden. Dabei wurden nur die Informationen berücksichtigt, die für uns nachvollziehbar waren. Es wurde offensichtlich, dass

für die einzelnen Taxa teilweise eine große Anzahl unterschiedlicher Volumenformeln zum Einsatz kam, was eine große Spannweite bei den berechneten Zellvolumina zur Folge hatte. Durch eine einheitliche Verwendung von Volumenformeln können die methodischen Fehler aus dieser Quelle deutlich reduziert werden.

Tabelle 37: *Peridinium cinctum*.: Volumenformeln, Anzahl der Labore, die diese Formel verwendet haben sowie mittlere Zellvolumina.

Formeln Art 1 (Peridinium)	N	Zellvolumen [μm^3]			Standardabweichung	Variationskoeffizient [%]
		Minimum	Mittelwert	Maximum		
Ellipsoid abgeflacht (0,7)	1	24.171	24.171	24.171		
Ellipsoid abgeflacht (0,735)	1	25.015	25.015	25.015		
Ellipsoid abgeflacht (0,65)	17	21.332	26.135	33.589	3.616	13,8
Ellipsoid abgeflacht (0,8)	1	26.689	26.689	26.689	0	0,0
Ellipsoid	12	19.444	27.234	36.552	5.048	18,5
Ellipsoid abgeflacht (0,82)	27	11.442	29.631	44.602	5.914	20,0
Ellipsoid abgeflacht	12	23.403	29.678	40.966	5.225	17,6
Kegel + Halbkugel	1	33.058	33.058	33.058		
Kugel	4	32.732	35.352	41.630	3.639	10,3
Gesamt	76	11.442	28.653	44.602	5.452	19,0

Tabelle 38: *Staurastrum arcticon*.: Volumenformeln, Anzahl der Labore, die diese Formel verwendet haben sowie mittlere Zellvolumina.

Formeln Art 2 (Staurastrum)	N	Zellvolumen [μm^3]			Standardabweichung	Variationskoeffizient [%]
		Minimum	Mittelwert	Maximum		
Ellipsoid + 8 Zylinder	1	13.146	13.146	13.146		
Doppel-Ellipsoid + 12 Zylinder	1	13.809	13.809	13.809		
Ellipsoid + Kegelstumpf	1	19.947	19.947	19.947		
Doppel-Ellipsoid + n Fortsätze	1	20.049	20.049	20.049		
Doppel-Ellipsoid	28	8.420	21.219	133.027	21.933	103,4
Doppel-Ellipsoid + n Kegelstümpfe	1	21.856	21.856	21.856		
Doppel-Ellipsoid + 30 Kegelstümpfe	3	12.703	21.944	27.696	6.599	30,1
Ellipsoid	4	18.180	22.288	25.855	2.816	12,6
Doppel-Ellipsoid + Quader	1	22.844	22.844	22.844		
Doppel-Ellipsoid + 10 Halbkugel	1	23.500	23.500	23.500		
Doppel-Ellipsoid + 20 Zylinder	4	19.301	23.725	30.416	4.411	18,6
Doppel-Kegelstumpf + Kegel	1	25.070	25.070	25.070		
Doppel-Ellipsoid + 18 Zylinder	1	25.130	25.130	25.130		
Staurastrum-Form	2	18.745	26.098	33.450	7.352	28,2
Sonderform	5	12.841	26.871	43.308	10.344	38,5
Doppel-Ellipsoid + 15 Kegelstümpfe	1	27.330	27.330	27.330		
Doppel-Ellipsoid + n Zylinder	11	14.241	27.830	52.496	9.134	32,8
Doppel-Ellipsoid + 32 Zylinder	2	20.583	28.947	37.311	8.364	28,9
Doppel-Ellipsoid + 16 Zylinder	1	29.769	29.769	29.769		
Doppel-Fass	1	31.483	31.483	31.483		
Kugel - Kalotte, Zylinder	1	32.210	32.210	32.210		
Doppel-Kegelstumpf + n Fortsätze	1	37.153	37.153	37.153		
Doppel-Ellipsoid + 30 Zylinder	1	37.780	37.780	37.780		
Zylinder	1	44.486	44.486	44.486		
Doppel-Kugel	1	57.689	57.689	57.689		
Gesamt	76	8.420	24.708	133.027	15.484	62,7

Tabelle 39: *Cryptomonas tetrapyrenoidosa*: Volumenformeln, Anzahl der Labore, die diese Formel verwendet haben sowie mittlere Zellvolumina.

Formeln Art 3 (Cryptomonas)	N	Zellvolumen [μm^3]			Standard- abweichung	Variations- koeffizient [%]
		Minimum	Mittelwert	Maximum		
Ellipsoid bei anderen Gruppen	2	957	981	1.005	24	2,5
Ellipsoid abgeflacht (0,65)	39	529	1.085	1.930	226	20,9
Ellipsoid-Triaxial	1	1.166	1.166	1.166		
Ellipsoid abgeflacht (0,8)	1	1.170	1.170	1.170		
Ellipsoid abgeflacht	11	900	1.202	1.600	234	19,4
Ellipsoid abgeflacht (0,82)	2	1.223	1.351	1.479	128	9,5
Ellipsoid	20	727	1.442	1.892	312	21,6
Gesamt	76	529	1.203	1.930	290	24,1

Tabelle 40: *Asterionella formosa*: Volumenformeln, Anzahl der Labore, die diese Formel verwendet haben sowie mittlere Zellvolumina.

Formeln Art 4 (Asterionella)	N	Zellvolumen [μm^3]			Standard- abweichung	Variations- koeffizient [%]
		Minimum	Mittelwert	Maximum		
Quader $H = 1/3 \times B$	2	146	149	152	3	2,0
Quader $H = 1/2 \times B$	2	286	291	296	5	1,7
Zylinder mit elliptischer Grundfläche	6	236	309	459	74	23,9
Zylinder	4	93	348	486	152	43,7
Quader	60	34	401	962	159	39,5
Ellipsoid	1	427	427	427		
Quader $H = 4/5 \times B$	1	462	462	462		
Gesamt	76	34	383	962	155	40,5

Tabelle 41: *Monoraphidium griffithii*: Volumenformeln, Anzahl der Labore, die diese Formel verwendet haben sowie mittlere Zellvolumina.

Formeln Art 5 (Monoraphidium)	N	Zellvolumen [μm^3]			Standard- abweichung	Variations- koeffizient [%]
		Minimum	Mittelwert	Maximum		
Sichel-Form	1	86	86	86		
Doppel-Kegel	15	52	97	222	39	40,4
Spindel	57	46	125	276	47	37,3
Ellipsoid	2	89	164	239	75	45,8
Prisma mit trapezförmiger Grundfläche	1	209	209	209		
Gesamt	76	46	121	276	49	40,3

Tabelle 42: *Scenedesmus quadricauda*: Volumenformeln, Anzahl der Labore, die diese Formel verwendet haben sowie mittlere Zellvolumina.

Formeln Art 6 (Scenedesmus)	N	Zellvolumen [μm^3]			Standard- abweichung	Variations- koeffizient [%]
		Minimum	Mittelwert	Maximum		
Ellipsoid	68	153	420	1.704	249	59,1
Zylinder	3	398	456	540	61	13,4
Zylinder + 2 Halbkugeln	4	434	547	623	75	13,7
Quader	1	2.828	2.828	2.828		
Gesamt	76	153	460	2.828	362	78,8

Tabelle 43: *Mallomonas akrokomos oval*: Volumenformeln, Anzahl der Labore, die diese Formel verwendet haben sowie mittlere Zellvolumina.

Formeln Art 7 (<i>Mallomonas oval</i>)	N	Zellvolumen [μm^3]			Standard- abweichung	Variations- koeffizient [%]
		Minimum	Mittelwert	Maximum		
Ellipsoid abgeflacht (0,82)	1	120	120	120		
Kegel mit Halbkugel	6	92	130	170	26	19,6
Ellipsoid abgeflacht	3	100	143	197	40	28,3
Ellipsoid abgeflacht (0,65)	7	92	144	195	33	23,1
Fass	1	145	145	145		
Kugel	6	110	180	230	42	23,4
Ellipsoid	52	26	201	1.551	230	114,4
Gesamt	76	26	185	1.551	193	104,6

Tabelle 44: *Mallomonas akrokomos länglich*: Volumenformeln, Anzahl der Labore, die diese Formel verwendet haben sowie mittlere Zellvolumina.

Formeln Art 8 (<i>Mallomonas länglich</i>)	N	Zellvolumen [μm^3]			Standard- abweichung	Variations- koeffizient [%]
		Minimum	Mittelwert	Maximum		
Ellipsoid abgeflacht (0,65)	1	61	61	61		
Kegel	1	80	80	80		
Kegel mit Halbkugel	5	42	85	147	35	40,8
Doppel-Kegel	2	57	90	123	33	36,7
Ellipsoid	25	30	105	170	35	33,5
Spindel	33	24	105	491	96	91,3
Zylinder + 2 Kegel	1	125	125	125		
Ellipsoid abgeflacht	1	161	161	161		
Zylinder	3	144	203	255	46	22,4
Zylinder + 1 Kegel	1	228	228	228		
Gesamt	73	24	109	491	74	67,9

Tabelle 45: *Microcystis aeruginosa*: Volumenformeln, Anzahl der Labore, die diese Formel verwendet haben sowie mittlere Zellvolumina.

Formeln Art 9 (<i>Microcystis</i>)	N	Zellvolumen [μm^3]			Standard- abweichung	Variations- koeffizient [%]
		Minimum	Mittelwert	Maximum		
Halbkugel	1	14	14	14		
Ellipsoid	7	14	20	24	3	17,0
Kugel	68	9	26	48	7	28,8
Gesamt	76	9	25	48	7	29,5

5.3. Komponente 3: Taxonomie

Für die Komponente 3 wurden 20 Videoclips zur Verfügung gestellt. Es wurden bewusst Arten ausgesucht, die leicht bis schwer zu bestimmen sind. Für eine richtige Bestimmung entsprechend der vorgegebenen Bestimmungsniveaus wurden jeweils 2 Punkte vergeben. Die Teilnehmer erhielten einen Punkt für die korrekte Bestimmung der nächst höheren taxonomischen Ebene. Synonyme wurden 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. Von diesen 78 Teilnehmern, die Ergebnisse abgeliefert hatten, haben 69 (88,5%) das Qualitätsziel erreicht. 11 Teilnehmer haben alle Phytoplanktontaxa korrekt bestimmt und erhielten die maximal erreichbare Punktzahl.

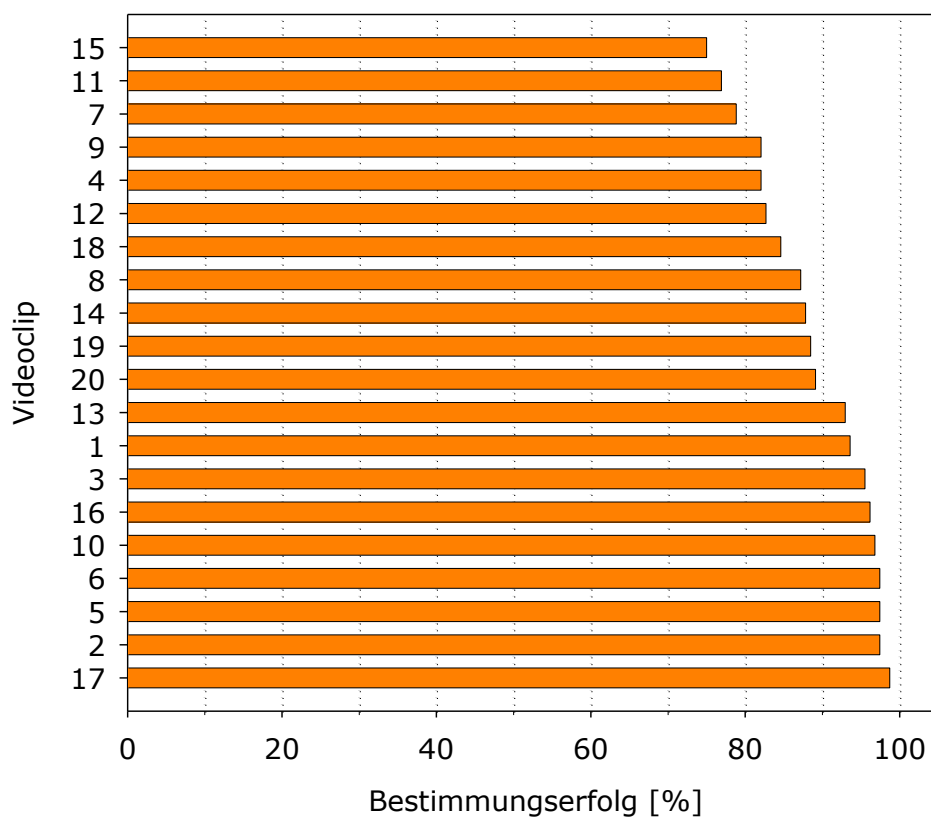


Abbildung 52: Bestimmungserfolg der einzelnen Videoclips.

Kein Taxon wurde von allen Teilnehmern richtig bestimmt. Sieben Videos wurden mit einem Gesamterfolg zwischen 95,5 und 98,7 % bestimmt. Bei dem Videoclip mit dem höchsten Bestimmungserfolg handelt es sich um *Cosmarium* sp., bei dem das geforderte Bestimmungsniveau auf die Gattung begrenzt war.

Die im Mittel größten Schwierigkeiten bei der Bestimmung traten bei den Videos 15 (*Euglena geniculata*), 11 (*Ankyra*) und 7 (*Scenedesmus denticulatus*) auf. Dort betrug der Gesamterfolg zwischen 75 und 78,8%. Zu diesen drei Arten gibt es im Folgenden einige kurze Hinweise zur Bestimmung.

Euglena geniculata war sowohl mit Huber-Pestalozzi, G. 1955 Euglenophyceen: – In: Huber-Pestalozzi, G.: Das Phytoplankton des Süßwassers 4. – Stuttgart: 50: Abb. 23 als auch mit John et al. (2002): 151, Tafel 37: Abb. C sicher zu bestimmen.

Ankyra konnte beispielsweise mit Komárek & Fott (1983): S. 234, 240, Tafel 70: Abb. 2 sicher bestimmt werden. Das Merkmal für die Gattung *Ankyra* ist der Anker am unteren Zellende. Dieser Anker ist im Video deutlich erkennbar. Ursprünglich war hier die Art als Bestimmungsniveau vorgesehen. Da jedoch die Morphologie des Ankers nicht deutlich genug zu erkennen war, wurde das Bestimmungsniveau auf die Gattung festgelegt.

Für die Bestimmung von *Scenedesmus denticulatus* konnte beispielsweise Komárek & Fott (1983) oder John et al. 2002 verwendet werden. *Scenedesmus smithii* Teiling, nom. illeg non R.Chodat und *Desmodesmus denticulatus* (Lagerheim) Friedl & Hegewald wurden als Synonym anerkannt und erhielten ebenfalls die volle Punktzahl.



29.9.2014

Andreas Meybohm

Ringversuchsleiter

6. 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 Saidenbach 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