
Endbericht WRRL_9

„Beschreibung des Referenzzustandes von Kärntner Seen >50 ha an Hand des Artenspektrums des Phytoplanktons nach Aufzeichnungen von FINDENEKG“

Auftraggeber: Abt.15 des Amtes der Kärntner Landesregierung

Fachverantwortlicher: Dr. L. Schulz

Ausführender: Mag. M. Reichmann

Inhalt

Tätigkeitsbericht	3
Zielsetzung und Veranlassung	3
Methodik	4
Datenbankeingabe	4
Probevolumina	4
Eignung der errechneten Biomassen	5
Zellvolumina	7
Interpolierung	9
Ergebnisse	10
Biomassekonzentrationen im Referenzzeitraum	10
Artenzusammensetzung im Referenzzeitraum	12
Referenzliteratur	16
Literatur	18
Anhang	19

Tätigkeitsbericht:

- Eingabe der FINDENEKG- Daten bis 1971 und Überführung in die Phytoplanktondatenbank der Abt. 15 (UDBBIO).
- Ermittlung der Probevolumina
- Berechnung der Biomassen
- Überprüfung der eingegebenen und errechneten Daten auf Plausibilität.
- Ermittlung der Zellvolumina der von FINDENEKG bestimmten Arten und Vergleich mit Publikationen von FINDENEKG.
- Eingabe der chemischen und physikalischen Daten von 1960 bis zum Beginn der eigenen Aufzeichnungen
- Auswertung und abschließende, detaillierte Überprüfung der Daten
(Bis zum gegenwärtigen Zeitpunkt wurden die Termine der Jahre 1931 bis 1938 folgender Seen einer Auswertung unterzogen: Wörthersee, Millstätter See, Weissensee, Ossiacher See, Keutschacher See, Klopeiner See, Längsee, Faaker See und Afritzer See).
- Vergleich der Ergebnisse aus den FINDENEKG- Aufzeichnungen mit von Findenegg publizierten Ergebnissen
- Vergleich der Ergebnisse aus den FINDENEKG- Aufzeichnungen mit den Daten nach 1971.
- Definition von Referenzzuständen
- Berichterstellung

Zielsetzung und Veranlassung:

Die Wasserrahmenrichtlinie der Europäischen Union zur Seentypisierung sieht vor, dass jedes Gewässer einer ökologischen Bewertung unterzogen wird. Zunächst sollen alle Gewässer über 50 Hektar bewertet werden. Die Bewertung muss, ausgehend von einem zu definierendem „Referenzzustand“, welcher die Verhältnisse im anthropogen unbeeinflussten Zustand widerspiegelt, erfolgen und 5 Stufen umfassen.

Für stehende Gewässer ist das Phytoplankton eines der Bewertungselemente, die im Zuge der Umsetzung der Wasserrahmenrichtlinie herangezogen werden. Eine Möglichkeit den Referenzzustand der Phytoplanktonzönose zu definieren ist es, historische Aufzeichnungen auszuwerten, die zu einem Zeitpunkt erstellt wurden in dem das betreffende Gewässer vom Menschen weitgehend unbeeinflusst waren. Das Kärntner Institut für Seenforschung befindet sich in der einmaligen Lage, dass ihm handschriftliche Aufzeichnungen zum Phytoplankton der Kärntner Seen zur Verfügung stehen, welche beginnend mit den 1930er Jahren von Prof.Dr. Ingo FINDENEKG angelegt wurden. Der quantitative Charakter der Aufzeichnungen ermöglicht es den jeweiligen Referenzzustand des Artenspektrums des Phytoplanktons von einigen Kärntner Seen zu beschreiben.

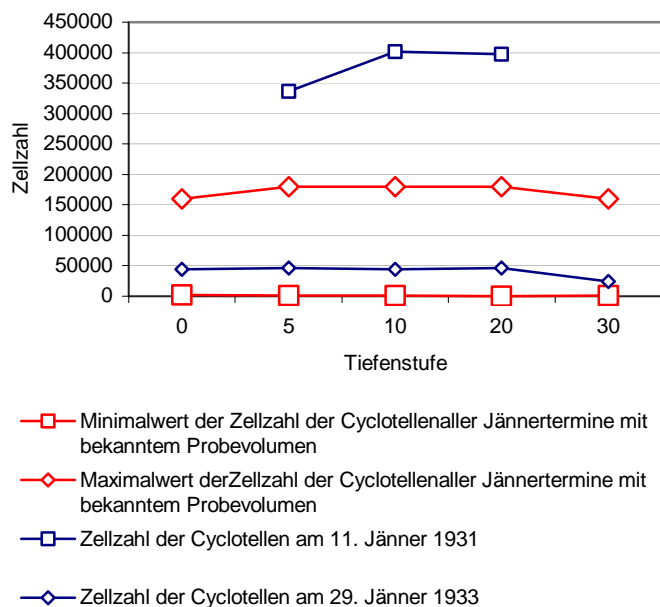
Methodik

Datenbankeingabe

Die Access- Datenbank wurde anhand der handschriftlichen FINDENEGG- Aufzeichnungen mit rund 27.000 Phytoplanktondatensätzen und 3732 chemisch- physikalischen Datensätzen befüllt. Bisher wurden die Daten von 28 Seen im Zeitraum von 1933 bis 1971 erfasst. Insgesamt befinden sich Daten zu 158 Phytoplanktonarten in der Datenbank. Die mit Hilfe der FINDENEGG-Aufzeichnungen erstellte Access-Datenbank mit den Phytoplanktonbiomassenwerten wurde an die Oracle-Tabelle „BIOMASSE“ angefügt.

Probevolumina

Zur Berechnung der Biomasse musste für jeden Probenahmetermin das Probevolumen auf welches sich die quantitative Angabe über das Phytoplankton bezieht feststehen. Da das Probevolumen in den



Aufzeichnungen nicht für alle Termine angegeben war, mussten die fehlenden Probevolumina durch einen Vergleich der Zellzahlen dieser Proben mit Zellzahlen von Proben bekannten Volumens abgeschätzt werden. Aufgrund der Tatsache, dass die Zellzahl pro Volumeneinheit bei den meisten Algenarten starken Schwankungen unterliegt wurde zum Vergleich die Summe der Zellen der recht stabilen und regelmäßig vertretenen Gattung *Cyclotella* herangezogen.

Abb. 1: Graphische Darstellung der Methode zur Ermittlung fehlender Probevolumina

Für den Vergleich wurden alle Termine mit bekanntem Probevolumen nach Monaten getrennt und die Summen der Zellzahlen/Liter und Tiefenstufe der Cyclotellen in Form einer Minimum- Maximum- Kurve dargestellt. Danach wurden die Zellzahlen der Cyclotellen, die an den Terminen mit fehlendem Probevolumen verzeichnet sind, mit den Maximum-Minimum-Kurven verglichen. Je nach Lage wurde dem Termin ein Probevolumen zugeordnet. Bei der Zuordnung wurde auch der „Verlauf“ berücksichtigt. D.h. wenn die Termine vor und nach dem betreffenden Termin über längere Zeit das selbe Probevolumen haben, wurde meist diesem Volumen der Vorzug gegeben, sofern es sich nicht mit oben erwähntem Vergleich widerspricht. Anhand des oben stehenden Beispieldiagramms (Abbildung 1) wurde dem Probetermin 11. Jänner 1931 ein Probevolumen von 5 Litern zugeordnet. Der Termin am 29 Jänner 1933 erhielt als Probevolumen 1 Liter.

Bei *Planktothrix rubescens* erfolgte die quantitative Aufzeichnung meist in Form von Zählheiten (‘), wobei eine Zählheit einer Fadenlänge von 40 µm entspricht. Sofern keine gesonderte Volumenangabe vorhanden war wurde in diesem Fall 1 ml (cm³) als Probevolumen angenommen.

Eignung der errechneten Biomassen

Von besonderem Interesse ist der Vergleich der, anhand der FINDENEGG- Aufzeichnungen ermittelten, quantitativen Zusammensetzungen des Phytoplanktons mit von ihm selbst im „Versuch einer soziologischen Gliederung der Kärntner Seen nach ihrem Phytoplankton“ (1954) angefertigten Säulendiagrammen (Abbildungen 2a und 2b), welche die quantitative Artzusammensetzung an einzelnen Untersuchungsterminen des Jahres 1936 an vier Kärntner Seen (Wörthersee, Millstätter See, Ossiacher See und Klopeiner See) widerspiegelt

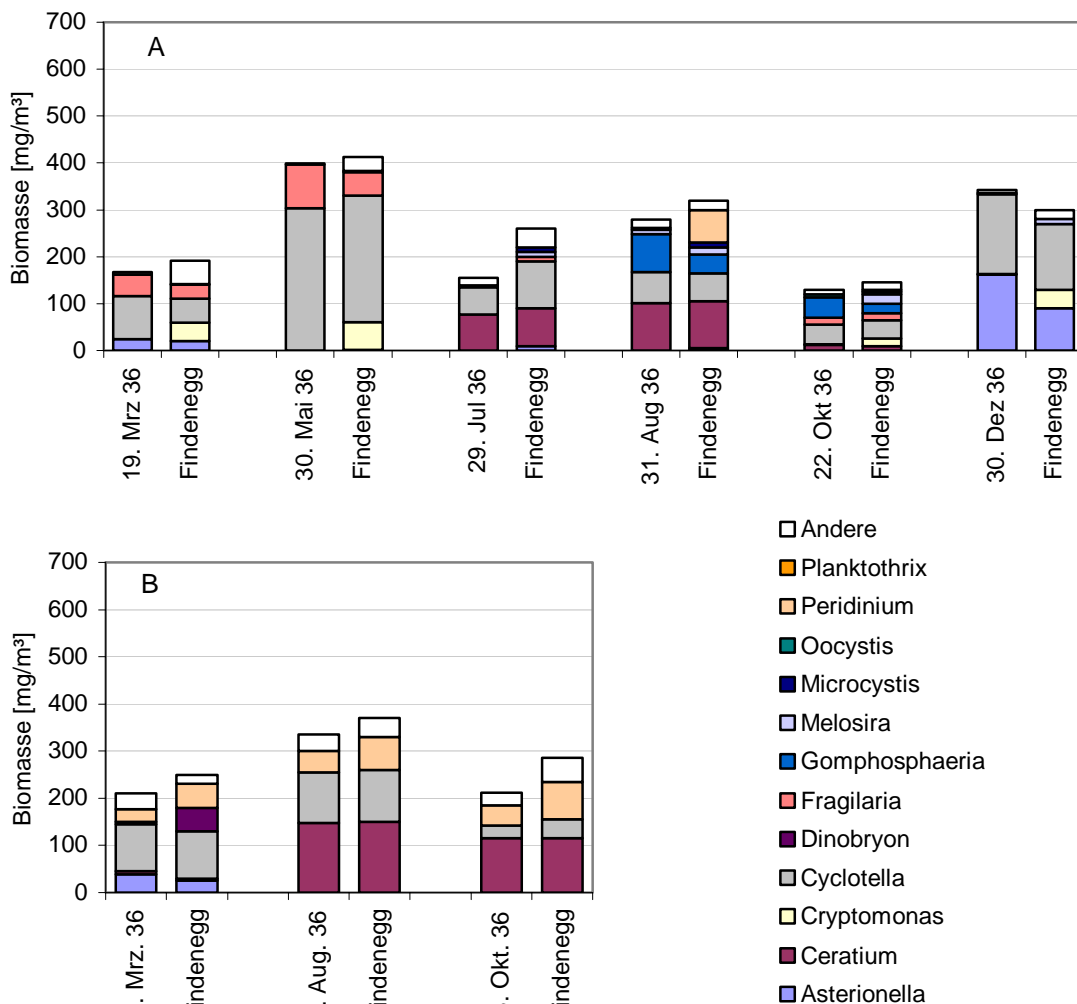


Abb.2a: Vergleich der errechneten (mit Datum) und publizierten (Findenegg) Phytoplanktonbiomassen (A= Ossiacher See; B= Klopeiner See)

Es zeigt sich, dass die publizierten Biomasseverhältnisse mit den aus den Aufzeichnungen errechneten nicht vollkommen zur Deckung zu bringen sind. Neben der Tatsache, dass für die

Berechnung der Biomasse interpolierte Werte herangezogen wurden, was auf die von FINDENEGG publizierten Werte wohl kaum zutrifft, liegen die Gründe hierfür sicher im Fehlen von sicheren Angaben zum Zell- und Probenvolumen.

Auch kann nicht in jedem Fall nachvollzogen werden auf welche Daten sich die Diagramme beziehen. So finden sich etwa in den zur Verfügung stehenden Aufzeichnungen für den März des Jahres 1936 keine Angaben über ein Vorkommen von *Planktothrix rubescens* im Wörthersee (Abbildung 2b), wohl aber in der Publikation.

In den meisten Fällen liegen die errechneten Biomassewerte etwas über oder unter den publizierten. Die Größenordnungen, in denen sich die Biomassen bewegen, lassen sich jedoch in allen Fällen gut abschätzen.

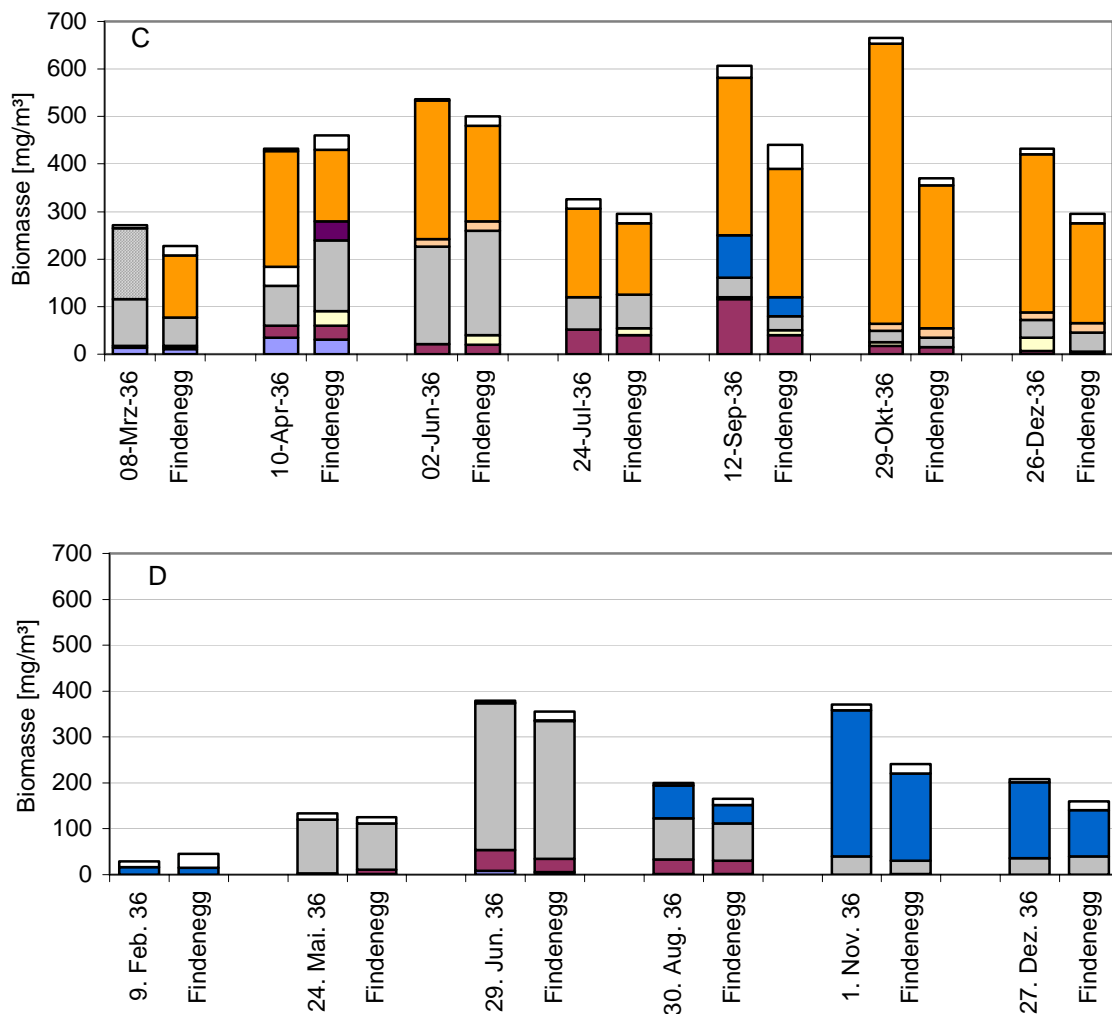


Abb.2b: Vergleich der errechneten (mit Datum) und publizierten (Findenegg) Phytoplanktonbiomassen (C= Wörthersee; D= Millstätter See). Schraffiert dargestellt sind Werte die sich wohl in der Publikation, nicht aber in den Aufzeichnungen finden.

Neben dem Wörthersee (Abbildung 2b) wurden auch die Biomassewerte des Millstätter Sees aus dem Jahre 1936 mit den Angaben in obenstehender Publikation verglichen (Abbildung 2b). In beiden Gewässern liegen die errechneten Werte fast durchwegs unter den, in der Publikation veröffentlichten. Anders verhält es sich mit den Phytoplanktonbiomassewerten des Ossiacher und Klopeiner Sees (Abbildung 2a). Hier sind die errechneten Werte meist niedriger als die von FINDENEGG (1936) publizierten. Teilweise ergeben sich beachtliche Differenzen innerhalb einer Gattung, wobei anzumerken ist, dass es sich bei den publizierten Werten meist um Summenwerte mehrerer Arten handelt

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass es zwar gewisse Unschärfen bei der Verwendung der FINDENEGG- Daten gibt, sich jedoch zumindest die Größenordnungen der Gesamtbiomasse und der Biomasseverhältnisse abschätzen lassen.

Zellvolumina

Insgesamt wurden in den Aufzeichnungen von FINDENEGG im Referenzzeitraum von 1931 bis 1938 81 Arten quantitativ erfasst. Das Zellvolumen für die Berechnung der Biomasse wurde anhand der im Kärntner Institut für Seenforschung gebräuchlichen Literatur (DEISINGER, 1984) ermittelt. Da sich in den Aufzeichnungen keine oder nur sehr spärliche Angaben zur Individuengröße finden, wurden für Arten, die hinsichtlich ihrer Größe sehr variabel sind, mittlere Volumina in die Volumenformeln eingesetzt. Aufgrund der Tatsache, dass einige Arten hinsichtlich ihrer Zellvolumina stark streuen können, wurden die Zellvolumina, anhand von Vergleichen der errechneten Biomassen mit jenen in der Originalliteratur von FINDENEGG nachträglich angepasst. Bei einigen Arten wurden augenscheinlich nicht Einzelzellen, sondern Kolonien gezählt. Sofern die Zählinheit „Stück“ war, wurde der Faktor zur Berechnung des Kolonievolumens ins Zellvolumen integriert. Bei anderen Zählheiten (meist μm) wurde die Zellzahl pro Zählinheit als Multiplikator in die Datenbank aufgenommen. Nachstehende Tabelle (Tabelle 1.) beinhaltet die zur Biomasseberechnung verwendeten Volumina (μ^3) der Einzelzellen oder Kolonien der jeweiligen Art oder Gattung.

Tab. 1: Zellvolumina der im Referenzzeitraum vorkommenden Arten.

Gattung/Art	Volumen Individ. [μm^3]	Volumen Kolonie [μm^3]
<i>Anabaena sp.</i>	250	75.000
<i>Ankistrodesmus lacustris</i>	500	
<i>Ankistrodesmus sp.</i>	500	
<i>Asterionella formosa</i>		3.000
<i>Ceratium cornutum</i>	100.000	
<i>Ceratium hirundinella</i>	70.000	
<i>Ceratium sp.</i>	70.000	
<i>Chroococcus limneticus</i>	400	
<i>Chroococcus minutus</i>	200	
<i>Chroococcus sp.</i>	270	
<i>Cryptomonas erosa</i>	2.000	
<i>Cryptomonas sp. (groß)</i>	2.000	
<i>Cryptomonas sp. (klein)</i>	1.000	
<i>Cryptomonas sp. (mittel)</i>	1.000	
<i>Cyclotella bodanica</i>	10.000	
<i>Cyclotella comensis</i>	500	
<i>Cyclotella comta</i>	500	
<i>Cyclotella glomerata</i>	200	
<i>Cyclotella infusor</i>	400	
<i>Cyclotella melosiroides</i>	200	
<i>Cyclotella quadrijuncta</i>	4.000	
<i>Cyclotella sp. (groß)</i>	10.000	
<i>Cyclotella sp. (klein)</i>	200	
<i>Cyclotella sp. (mittel)</i>	400	
<i>Dactylococcopsis sp.</i>	50	
<i>Diatoma sp.</i>	5.000	
<i>Dinobryon cylindricum</i>	500	
<i>Dinobryon divergens</i>	500	
<i>Dinobryon sociale var. stipitatum</i>	500	
<i>Dinobryon sociale</i>	500	
<i>Dinobryon sp.</i>	500	
<i>Fragilaria capucina</i>	200	
<i>Fragilaria crotonensis</i>	200	
<i>Fragilaria sp.</i>	400	
<i>Coenococcus sp. (=Gloeoc.)</i>	300	
<i>Gomphosphaeria sp.</i>	2.000	
<i>Gymnodinium helveticum</i>	25.000	
<i>Gymnodinium sp. (mittel)</i>	1.500	
<i>Kephyrion sp.</i>	150	
<i>Lagerheimia sp.</i>	400	
<i>Lyngbya limnetica</i>	6	
<i>Lyngbya sp.</i>	6	
<i>Mallomonas acaroides</i>	3.500	
<i>Mallomonas akrokomos</i>	1.500	
<i>Mallomonas sp.</i>	5.000	
<i>Melosira sp.</i>	1.000	
<i>Merismopedia sp.</i>	60	
<i>Microcystis aeruginosa</i>	180	10.000
<i>Microcystis sp.</i>	180	10.000

Gattung/Art	Volumen	
	Individ. [μm^3]	Kolonie [μm^3]
<i>Oocystis</i> sp.	500	
<i>Oscillatoria</i> sp.	100	
<i>Perid. cinctum</i>	50.000	
<i>Peridinium</i> sp.(groß)	50.000	
<i>Peridinium</i> sp.(mittel)	5.000	
<i>Planktothrix rubescens</i>	100	
<i>Raphidium</i> sp.	100	
<i>Rhodomonas lacustris</i>	100	
<i>Rhodomonas</i> sp.	100	
<i>Scenedesmus quadricauda</i>	1.000	
<i>Staurastrum</i> sp.	10.000	
<i>Surirella</i> sp.	4.500	
<i>Synedra acus</i> (mittel)	1.000	
<i>Synedra acus</i> (klein)	1.000	
<i>Synedra acus</i> var.ang.(groß)	1.000	
<i>Synedra</i> sp.	1.000	
<i>Synedra ulna</i>	10.000	
<i>Tabellaria fenestrata</i>	4.000	
<i>Tabellaria</i> sp.	1.000	
<i>Tetraedron minimum</i>	100	
<i>Tetraedron</i> sp.	100	
<i>Tetrapedia</i> sp.	500	
<i>Trachelomonas hispida</i>	1.000	
<i>Trachelomonas</i> sp.(groß)	1.000	
<i>Trachelomonas</i> sp.(klein)	500	
<i>Trachelomonas volvocina</i>	1.000	
Unbek. Blaualgen	100	
unbekannte Chrysophyceen	100	
unbekannte Gruenalgen	100	
<i>Uroglena</i> sp.	200	
<i>Volvox aureus</i>	60	
<i>Volvox</i> sp.	60	

Interpolierung

Zu den einzelnen Beprobungsterminen wurden die Proben oft aus unterschiedlichen Tiefenstufen gezogen. Um die Vergleichbarkeit zwischen den Terminen und den beprobten Seen zu gewährleisten wurde zwischen den beprobten Tiefenstufen in 1-Meter-Schritten linear interpoliert. Die Interpolierung folgt dabei folgenden Regeln:

- Ist zu einem Termin in einer Tiefenstufe für eine oder mehrere Arten ein distinkter Wert vorhanden müssen in dieser Tiefenstufe zu diesem Termin Leerfelder anderer Arten mit Null aufgefüllt werden. Danach wird zwischen den beprobten Tiefenstufen linear interpoliert.

- Die Proben aus den Tiefenstufen 1, 3 und 5 werden des öfteren als Mischprobe gezählt. Aus diesem Grund muss der bei 5 Metern eingetragene Mittelwert, sofern nicht andere distinkte Werte vorhanden sind, bis 0 Meter gezogen werden.
- Neben der Auswertung auf Artniveau bietet die Datenbank auch die Möglichkeit auf Gruppenniveau auszuwerten. Als Grundlage für die Gruppenauswertung wird die bereits nach obigen Regeln interpolierte Ergebnisstabelle der Einzelauswertung herangezogen, damit auf den gleichen Datensatz zugegriffen wird bzw. die Artinterpolation in die Gruppenauswertung 1:1 einfließt.
- Termine mit nur einer beprobten Tiefenstufe werden aus der weiteren Auswertung genommen. Bei Terminen mit 2 beprobten Tiefenstufen gilt folgendes: Liegt die erste Tiefenstufe im Epilimnion (0- 5 m) wird der Wert nach oben gezogen. Tritt bis einschließlich 20 Meter ein zweiter Wert auf, wird zwischen den beiden Werten linear interpoliert.

Ergebnisse

Biomassekonzentrationen im Referenzzeitraum

Ein Vergleich der mittleren epilimnischen Gesamtbiossen über alle Termine des Referenzzeitraumes von 1932 bis 1938(Abbildung 3) zeigt, dass es im Referenzzeitraum zwischen

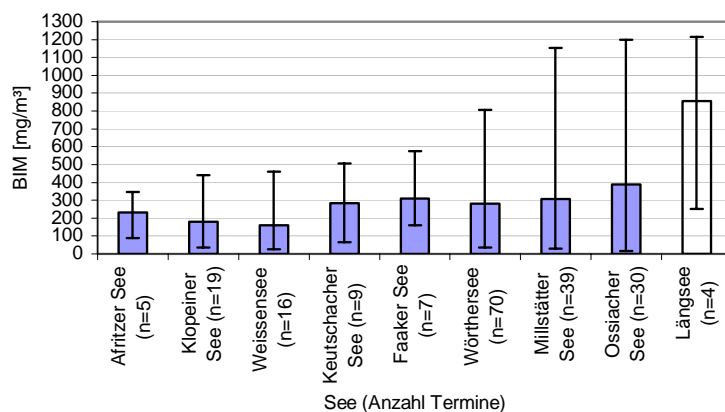


Abb. 3: Epilimnische Gesamtbiomasse (mg/m³) gemittelt über die Einzeltermine des Referenzzeitraumes mit Minima und Maxima

den untersuchten Seen, im Vergleich mit den heutigen Verhältnissen, nur geringe Unterschiede gab. Die Mittel streuen zwischen 160 (Weissensee) und 390 mg/m³ (Ossiacher See). Der Längsee zeigt zwar ein wesentlich höheres Mittel, jedoch kann dieses aufgrund der geringen Anzahl der Beprobungstermine und derer jahreszeitlichen Lage, nicht als repräsentativ erachtet werden (Seite 28).

Bei den meisten Seen wird die geringste Biomasse während der Wintermonate ausgebildet. Die Biomassekonzentrationen dieser Monate liegen zwischen 17 (Ossiacher See) und 64 mg/m³ (Keutschacher See). Afritzer See, Faaker See und Längsee zeigen höhere Minima. Beim Afritzer See liegt die Ursache im Fehlen eines Wintertermins (Seite 36). Im Längsee wurden am einzigen Wintertermin große Mengen von *Planktothrix rubescens* im Epilimnion gemessen (Seite 28).

Die größten epilimnischen Biomassen werden in den untersuchten Seen meist in den Monaten Juni und Juli gebildet. Die Maxima zeigen zwischen den Seen wesentlich größere Unterschiede als die Minima. Während sich die Biomassemaxima der kleineren Seen zwischen ca. 300 und 600 mg/m³ erstrecken zeigen die drei großen Seen mit Werten zwischen 800 und 1200 mg/m³ deutlich höhere Maximalkonzentrationen. Beim Wörthersee wird dies vor allem im Winter durch hohe Konzentrationen von *Planktothrix rubescens* bedingt. Im Millstätter See und im Ossiacher See sind es hingegen die Cyclotellen die im Sommer große Dichten ausbilden.

Nahezu identisch wie im Epilimnion verhalten sich die Mittel über die Einzeltermine (Abbildung 4), wenn man die mittlere Konzentration über die gesamte Wassersäule (bis maximal 30 Meter) betrachtet. Die Werte reichen von 130 mg/m³ (Weissensee) bis 330 mg/m³ (Wörthersee).

Die Minima treten bei allen untersuchten Seen meist in den Wintermonaten auf. Hier streuen die Werte zwischen 26,4 (Ossiacher See) und 54,6 mg/m³ (Keutschacher See). Faaker See und Afritzer See zeigen auch hier etwas höhere Minima. Stark abweichend verhält sich hingegen der Längsee. Hier bilden sich bedeutend höhere Biomassen aus, was in erster Linie auf sehr hohe Planktothrix-Konzentrationen in 10 bis 15 m Tiefe zurückzuführen ist (Seite 29).

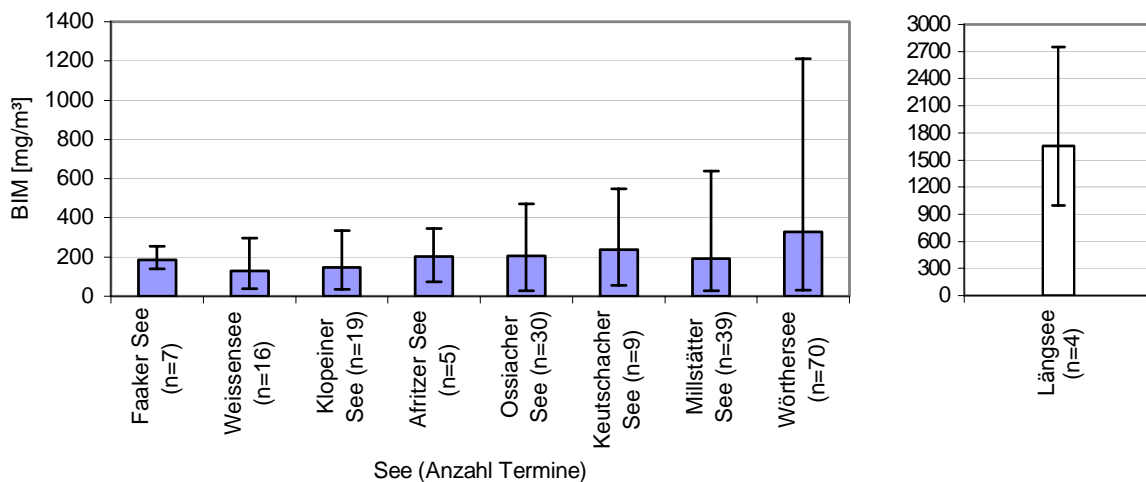


Abb. 4: Gesamtbioasse (mg/m³) der Wassersäule bis max. 30m gemittelt über die Einzeltermine des Referenzzeitraumes mit Minima und Maxima

Bei den Maximalkonzentrationen lassen sich die großen Seen von den kleineren nicht deutlich abgrenzen wie dies im Epilimnion der Fall ist. Zwar zeigen Faaker See, Afritzer See, Klopeiner See und Weissensee durchwegs Biomassemaxima zwischen 250 und 350 mg/m³, jedoch reiht sich der Keutschacher See zwischen Ossiacher See und Millstätter See ein. Diese drei Seen bilden Maxima zwischen ca. 450 und 650 mg/m³ aus. Deutlich abgesetzt zeigt sich der Wörthersee. Sein Maximum, welches bei 1200 mg/m³ liegt, wird nahezu vollständig von *Planktothrix rubescens* gebildet.

Artenzusammensetzung im Referenzzeitraum

Die folgenden Kreisdiagramme zeigen die Artzusammensetzung im Epilimnion (Abbildungen 5 und 6) bzw. in der gesamten Wassersäule bis maximal 30 Meter (Abbildungen 7 und 8). Als Datengrundlage wurde die Biomassenkonzentration der Einzelarten, gemittelt über alle Termine des Referenzzeitraumes von 1932 bis 1938, herangezogen.

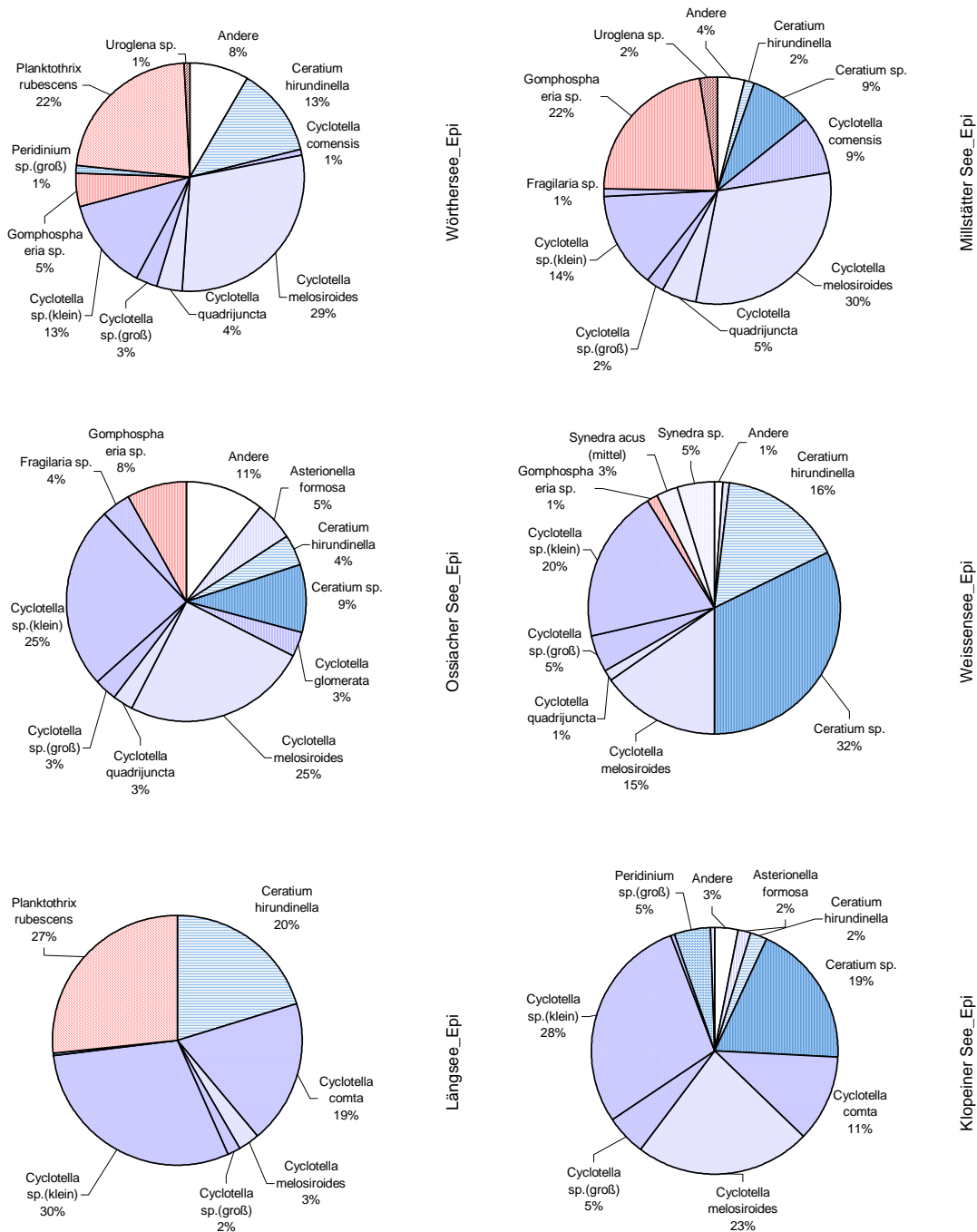


Abb.5: Biomassenverhältnisse im Epilimnion von Wörther-, Millstätter, Ossiacher, Weissen-, Läng-, und Klopeiner See.

Im Epilimnion aller untersuchten Seen, mit Ausnahme des Weissensees, stellen die Cyclotellen (Bacillariophyceae) die dominante Gattung dar. Ihr prozentueller Anteil liegt zwischen 41 Prozent im Weissensee und 74 Prozent im Keutschacher See.

Die zweite Gattung, welche in allen Seen große Anteile an der epilimnischen Biomasse besitzt ist *Ceratium* (Dinophyceae). Im Weissensee stellt diese Gattung mit 48 Prozent die dominante Form. In den anderen Seen bildet sie Anteile zwischen 11 Prozent (Millstätter See) und 36 Prozent (Afritzer See). Die dritte Algengruppe, die große Biomasseanteile stellt, sind die Cyanophyceen. Hier sind es vor allem die Gattungen *Planktothrix* und *Gomphosphaeria*.

Erstere ist vor allem im Wörthersee, vertreten durch *Planktothrix rubescens* massiv präsent. An den Winterterminen ist diese Art meist dominant. Im Sommer ist sie hingegen im Epilimnion kaum anzutreffen. Im Längsee tritt *Planktothrix rubescens* an allen vier Terminen in Tiefen um und unter 10 Meter in hohen Biomassekonzentrationen auf. *Gomphosphaeria* bildet im Millstätter See 22 Prozent der epilimnischen Biomasse. Auch im Ossiacher und im Afritzer See stellt diese Gattung Anteile von 8 bzw. 9 Prozent.

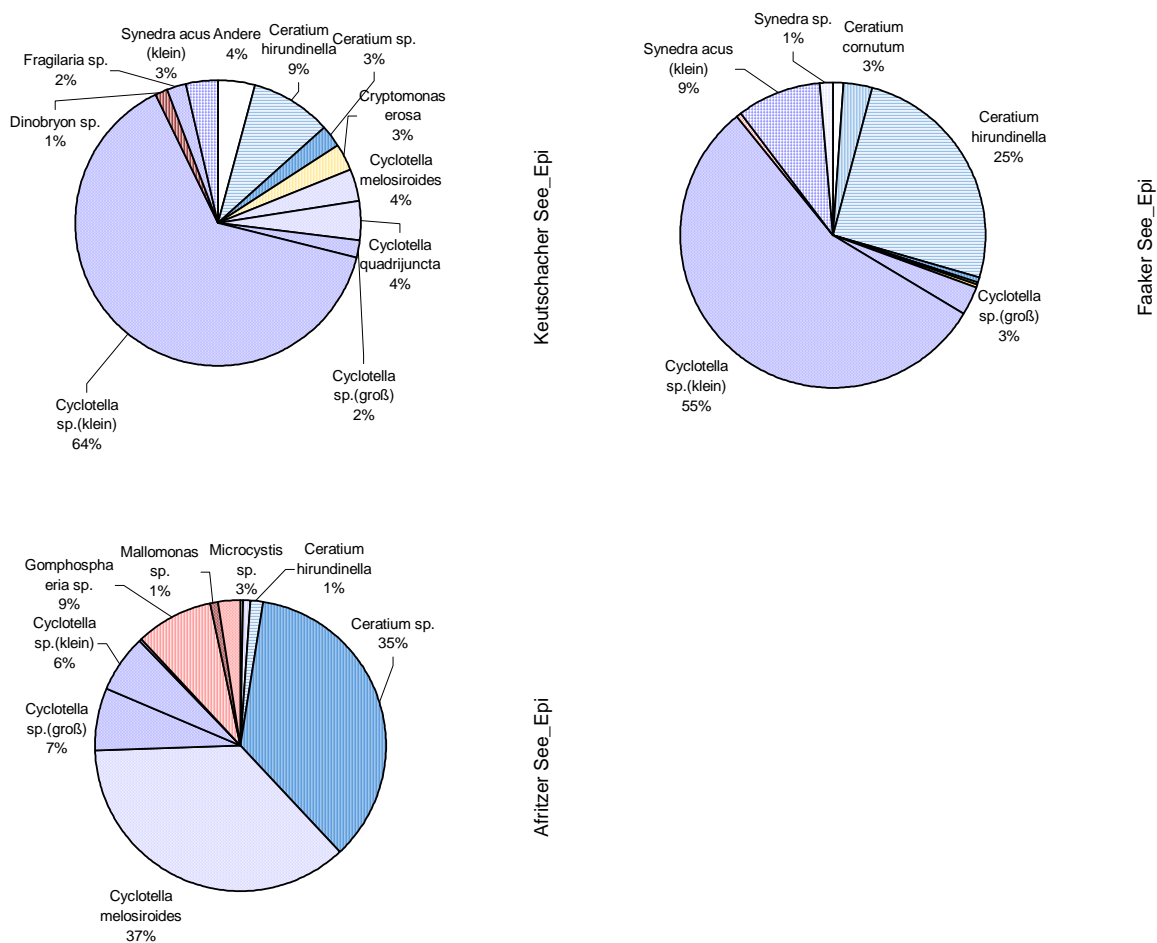


Abb.6: Biomassenverhältnisse im Epilimnion von Keutschacher, Faaker und Afritzer See.

Ergebnisse

Im Weissensee beträgt ihr Anteil nur rund 1 Prozent (Seite 26). Im Klopeiner See und im Keutschacher See spielen die Cyanophyceen nur eine sehr untergeordnete Rolle. Neben den erwähnten Gattungen bilden noch andere nennenswerte, wenn auch bescheidene und meist auf ein oder wenige Gewässer beschränkte Biomassenanteile aus.

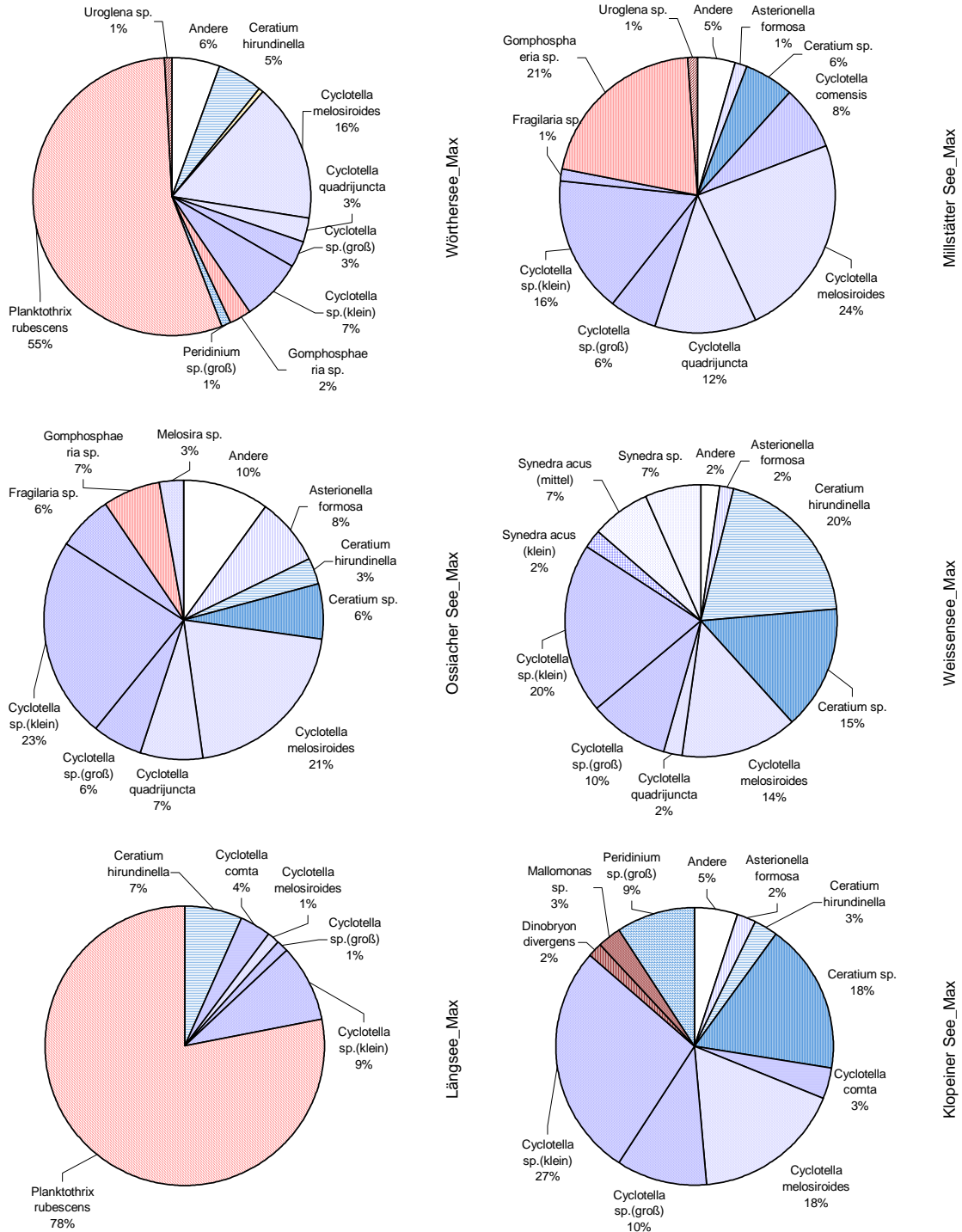


Abb.7: Biomassenverhältnisse in der Wassersäule von Wörther-, Millstätter, Ossiacher, Weissen-, Läng-, und Klopeiner See.

Es sind dies: *Synedra* (Faaker See 9%; Weissensee 8%; Keutschacher See 3%), *Fragilaria* (Ossiacher See 4%; Keutschacher See 2%; Millstätter See 1%), *Asterionella* (Ossiacher See 5%; Klopeiner See 2%), *Uroglana* (Millstätter See 2%; Wörthersee 1%), *Peridinium* (Klopeiner See 5%), *Cryptomonas* (Keutschacher See 3%) und *Dinobryon* (Keutschacher See 1%).

Betrachtet man die Biomassenverhältnisse in der Wassersäule von 0 bis 30 Meter bzw. Grund, so zeigt sich, wie erwartet vor allem in den „*Planktothrix*- Seen“ ein geändertes Bild. Sowohl im Wörthersee, als auch im Längsee bildet die Blaualge stattliche Dominanzen aus. Im Wörthersee macht sie im Referenzzeitraum rund 55 Prozent, im Längsee sogar rund 78 Prozent der Gesamtbiomasse aus.

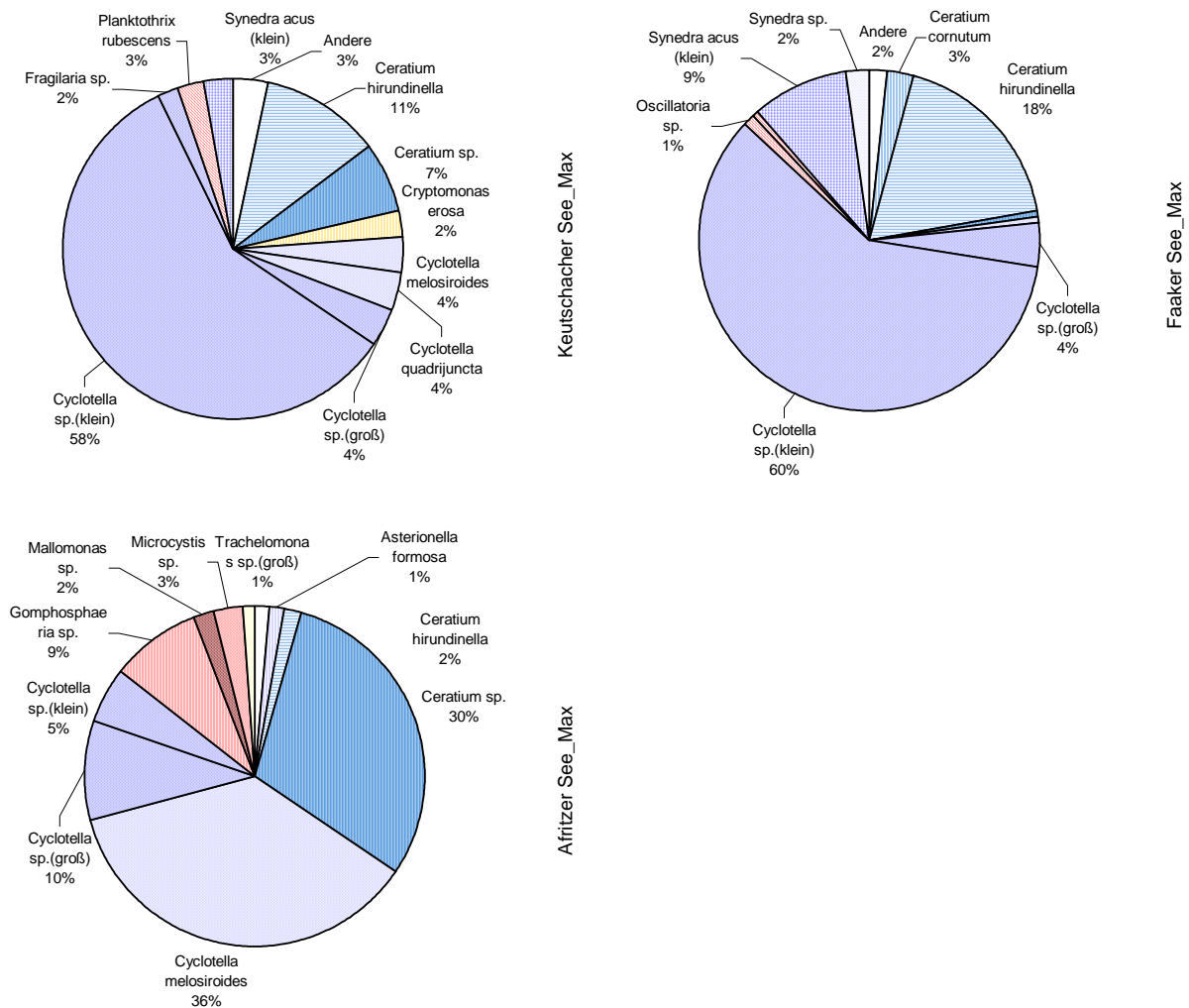


Abb.8: Biomassenverhältnisse in der Wassersäule von Keutschacher, Faaker und Afritzer See.

In den anderen Seen ändert sich an den generellen Verhältnissen kaum etwas. Die prozentuellen Anteile der vorhandenen Arten verschieben sich meist nur um wenige Prozentpunkte nach oben oder unten. So bewegt sich der Prozentanteil der Gattung *Cyclotella* in den Seen ohne *Planktothrix* weiterhin zwischen 46 Prozent (Weissensee) und 70 Prozent (Keutschacher See). Die Gattung *Ceratum* ist im Mittel über die gesamte Wassersäule in allen Seen, mit Ausnahme des Keutschacher Sees in geringeren Anteilen vertreten. Die Werte reichen von 5 Prozent im Wörthersee bis 32 Prozent im Afritzer See. *Gomphosphaeria* tritt in allen Seen in nahezu gleichen Anteilen wie im

Epilimnion auf. Im Klopeiner See treten in tieferen Schichten auch noch die Chrysophyceen *Mallomonas sp.*(3%) und *Dinobryon sp.*(2%) auf.

Referenzliteratur

Das vorliegende Kapitel bietet eine Zusammenstellung von, vornehmlich durch FINDENEGG selbst verfasster, Literatur, welche die Phytoplanktonzusammensetzung der in dieser Arbeit behandelten Seen zum Inhalt hat.

Wörthersee:

BREHM und ZEDERBAUER (1906) führen für den Wörthersee folgende drei Arten an: *Ceratium hirundinella*, *Fragilaria crotonensis* und *Asterionella gracillima*. FINDENEGG (1932) schreibt, dass besonders das Winterplankton von *Planktothrix rubescens* charakterisiert wird. Er führt aus, dass bereits 1910 R. PUSCHNIG (unveröff.) *Planktothrix* im See in großen Mengen angetroffen hat. Neben *Planktothrix sp.* treten noch andere Cyanophyceen in wechselnden Häufigkeiten auf. Die Diatomeen, besonders *Cyclotella melosiroides*, bilden die zweite Hauptkomponente des Phytoplanktons im Wörthersee. *Cyclotella quadrijuncta* ist wesentlich seltener als in anderen großen Kärntner Seen. *Fragilaria crotonensis* ist hingegen besonders im Winter häufig. Kurzfristig können im Frühjahr auch Chrysophyceen wie *Dinobryon sp.* oder Grünalgen wie *Volvox sp.* in größeren Mengen auftreten.

Millstätter See:

Für den Millstätter See beschreibt FINDENEGG (1932) die Diatomeen als vorherrschende Phytoplanktongruppe. Im Sommer ist *Cyclotella melosiroides* dominant, im Winter wird diese Art durch *Cyclotella quadrijuncta* abgelöst. NERESHEIM und RUTTNER (1929) geben *Ceratium hirundinella* und *Microcystis aeruginosa* für Oktober als häufige Plankter an. FINDENEGG selbst fand im September 1932 reichlich *Anabaena sp.* und im Oktober *Mallomonas sp.* In einer zweiten Publikation aus dem Jahre 1936 bezeichnet FINDENEGG das Phytoplankton des Millstätter Sees als qualitativ einförmig. Im Vorsommer spielt nur die *Cyclotella sp.* und im Herbst nur *Gomphosphaeria sp.* eine bedeutende Rolle. Die Peridineen sind nur durch bescheidene *Ceratium*- Bestände vertreten. Auch SAMPL (1975) schreibt, dass bis zum Jahr 1961 das epilimnische Artenspektrum des Millstätter Sees von den Gattungen *Cyclotella*, *Gomphosphaeria* und *Ceratium* dominiert wird. Die Kieselalpengattungen *Synedra* und *Fragilaria* treten nur sporadisch auf.

Ossiacher See

Die älteste Arbeit, die zum Phytoplankton des Ossiacher Sees gefunden wurde, stammt von KEIBLER (1905). Während andere Arten maximal als mäßig häufig angesehen werden, findet er *Cyclotella melosiroides* in den Monaten Juni und Juli häufig, und in den späteren Monaten sehr häufig.

Nach FINDENEGG (1934) ist das Frühjahrsplankton das mengenmäßig mächtigste des ganzen Jahres. Es wird hauptsächlich von *Dinobryon divergens*, *Uroglena sp.*, *Ceratium hirundinella*, *Cyclotella*

melosiroides und *Cyclotella comta* gebildet. *Cyclotella melosiroides*, *Cyclotella comta* und *Ceratium hirundinella* bilden bis in den Sommer hinein stabile Bestände, sodass auch das Sommerplankton von diesen Arten beherrscht wird. Der Herbstaspekt wird oft von Cyanophyceen, in erster Linie von *Gomphosphaeria lacustris* geprägt. Das Auftreten von *Microcystis aeruginosa* ist starken Schwankungen unterworfen (Eine Arbeit von FINDENEGG aus dem Jahr 1932 weist *Microcystis* sp. sogar als die dominante Art aus). Im Winter dominiert vor allem *Asterionella formosa*. Des weiteren treten in teilweise beträchtlichen Mengen auf: *Cyclotella planctonica* (unsicher), *Tabellaria flocculosa* und *Fragilaria crotonensis*. Besonders spezifisch ist nach FINDENEGG (1934) das Auftreten von *Melosira granulata* und Massenentwicklungen von *Asterionella formosa* im Frühwinter sowie das Fehlen von *Planktothrix rubescens*.

Weissensee

Für den Weissensee führen BREHM UND ZEDERBAUER (1905) nur drei Phytoplanktonarten an. Es sind dies: *Ceratium hirundinella*, *Dinobryon divergens* und *Chroococcus minutus*. FINDENEGG selbst schreibt in seiner 1936 erschienenen Publikation, dass die Kieselalgen, und hier vor allem *Cyclotella melosiroides* im Frühsommer und Herbst und *Cyclotella quadrijuncta* im Winter, das Artenspektrum dominieren. Im Frühjahr ist in tieferen Schichten auch *Synedra acus* (var. *angustissima*) anzutreffen. Weitere mengenmäßig relevante Arten sind: *Ceratium hirundinella*, *Cryptomonas* sp., *Gomphosphaeria lacustris* und eventuell noch *Uroglena volvox*. Neben den erwähnten Arten kommt noch eine Reihe anderer Bacillariophyceen im Weissensee vor. Quantitativ bedeutend können *Cyclotella comta*, *Cyclotella bodanica*, *Cyclotella stelligera* und *Stephanodiscus astraea* var. *minuta* werden. Eher unbedeutend sind die Gattungen *Fragilaria* und *Tabellaria*. *Dinobryon divergens* spielt nur im Frühjahr eine Rolle. Fast immer nur spärlich vertreten sind: *Cryptomonas* sp., *Rhodomonas lacustris*, *Mallomonas* sp., *Kephyriopsis* sp., *Gymnodinium helveticum*, *Ankistrodesmus braunii*, *Tetraedron minimum*, *Trachelomonas* sp. und *Microcystis* sp..

Längsee und Afritzer See

Zum Längsee und zum Afritzer See wurde für den Zeitraum der Referenzperiode keine Literatur zur Phytoplanktonzusammensetzung gefunden.

Klopeiner See

FINDENEGG (1932) bezeichnet den Klopeiner See als recht planktonarm. Die Phytoplanktongesellschaft des Klopeiner Sees hat nach FINDENEGG (1954) keine typische Art. Er bezeichnet *Ceratium hirundinella* als vorherrschend. *Peridinium willei* und *Trachelomonas volvocina* treten vorwiegend im Metalimnion auf. *Cyclotella melosiroides* wird (Anm.: Im Laufe des Referenzzeitraumes) weitgehend oder ganz durch *C. glomerata* und andere Arten ersetzt. *Dinobryon divergens* ist selten. Die Cyanophyceen treten zurück. *Botryococcus braunii* bildet im Herbst zuweilen schwache Wasserblüten.

Keutschacher See

FINDENEGG (1938) befindet, dass der Keutschacher See hinsichtlich des Phytoplanktons kaum Besonderheiten bietet. Er hebt jedoch hervor, dass sich die Cyanophyceen nicht so zahlreich entwickeln wie anderswo. Der Winteraspekt wird von *Cyclotella quadrijuncta* dominiert. Daneben kommt noch *Cyclotella catenata* und später *Cyclotella melosiroides* und *Fragilaria crotonensis* vor. Im Frühjahr dominieren *Rhodomonas lacustris*, *Cyclotella melosiroides*, *Dinobryon divergens* und *Uroglena volvox*. Später *Ceratium hirundinella*, *Peridinium willei*, *Oocystis* sp. und andere. Im Hochsommer und Herbst treten *Anabaena flos aquae*, *Microcystis aeruginosa*, *Gomphosphaeria lacustris* und *Croococcus minutus* auf. *Planktothrix rubescens* spielt eine sehr unbedeutende Rolle.

Faaker See

Nach FINDENEGG (1932) spielen die Diatomeen die Hauptrolle im Plankton des Faaker Sees. Daneben sind auch die Peridineen gut vertreten. FINDENEGG nennt namentlich *Cyclotella melosiroides*, *Synedra ulna* (unsicher) *Ceratium hirundinella* und *Ceratium cornutum*. Von den Grünalgen ist nur *Dinobryon* sp. im Frühjahr häufiger zu finden. Cyanophyceen fehlen so gut wie ganz.

Literatur

- BREHM und ZEDERBAUER (1906): Beobachtungen über das Plankton in den Seen der Ostalpen. – Archiv für Hydrobiologie und Planktonkunde, 1.Bd.: 470-495.
- DEISINGER (1984): Leitfaden zur Bestimmung der planktischen Algen der Kärntner Seen und ihrer Biomasse.- Kärntner Institut für Seenforschung. Klagenfurt.
- FINDENEGG (1934): Beiträge zur Kenntnis des Ossiacher Sees. – Carinthia II, 123./124.: 10-13. Klagenfurt.
- FINDENEGG (1932): Beobachtungen an den Kärntner Seen. – Carinthia II, 121./122.: 42-52. Klagenfurt.
- FINDENEGG (1933): Zur Naturgeschichte des Wörthersees. – Carinthia II, Sonderheft: 34-47. Klagenfurt.
- FINDENEGG (1954): Versuch einer soziologischen Gliederung der Kärntner Seen nach ihrem Phytoplankton. – Angewandte Pflanzensoziologie, Festschrift Aichinger, 1. Bd.: 299-309. Klagenfurt.
- FINDENEGG (1938): Drei kleinere Kärntner Seen: Pressegger, Turner- und Keutschacher See. – Carinthia II, 128.: 94-101. Klagenfurt.
- FINDENEGG (1935): Limnologische Untersuchungen im Kärntner Seengebiet. – Int. Rev. d. ges. Hydrobiologie und Hydrographie, Bd. 32: 408-415. Leipzig.
- FINDENEGG (1936): Der Weissensee in Kärnten. – Carinthia II, IV. Sonderheft: 29-31. Klagenfurt.
- KEIBLER (1905): Mitteilungen über das Plankton des Ossiacher Sees in Kärnten. – Österreichische Botanische Zeitschrift 1905, Nr.3. Wien.
- SAMPL (1975): Das limnische Ökosystem des Millstätter Sees in Kärnten in den letzten 40 Jahren. – Verhandlungen der Gesellschaft für Ökologie, Sonderdruck. Wien.

Anhang

Im folgenden Anhang sind Daten des Referenzzeitraumes zusammengefasst. Die Auswertblätter sind nach Seen und Epilimnion bzw. gesamte Wassersäule bis maximal 30 Meter getrennt.

Jedes Blatt beinhaltet das erste und das letzte Besammlungsdatum im Referenzzeitraum, die Anzahl der Besammlungstermine, die minimale, maximale und mittlere Biomasse über alle Termine im Referenzzeitraum und das minimale und das maximale Jahresmittel.

Graphisch dargestellt ist die mittlere Biomassekonzentration der 20 häufigsten Arten bzw. Gattungen sowie die mittlere Biomasse der Arten zu den Einzelterminen, zu den Beprobungsmonaten und im Jahresmittel. Die Legende zu den Diagrammen befindet sich auf Seite 38.

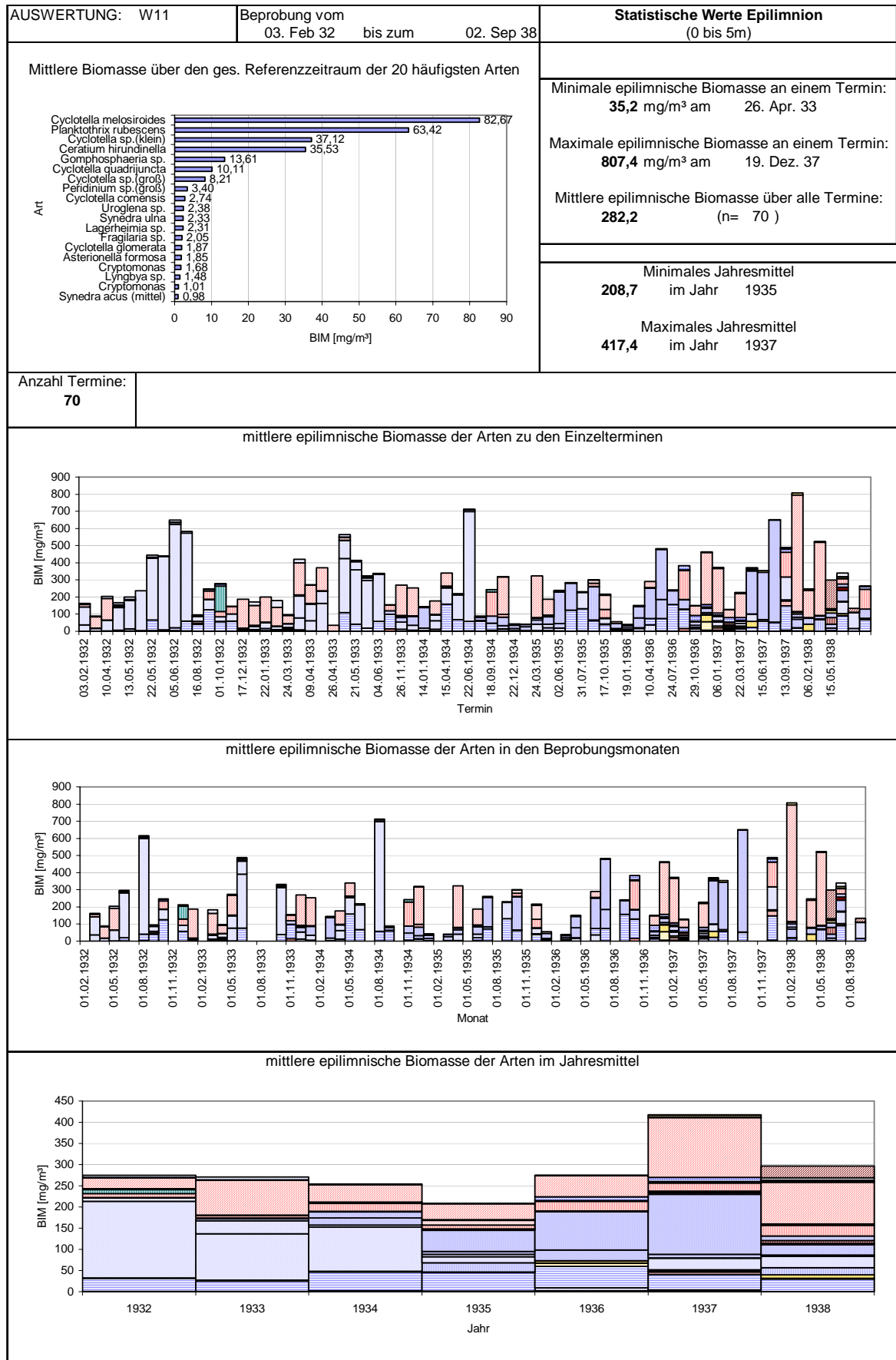


Abb. 9: Auswertblatt Wörthersee Epilimnion

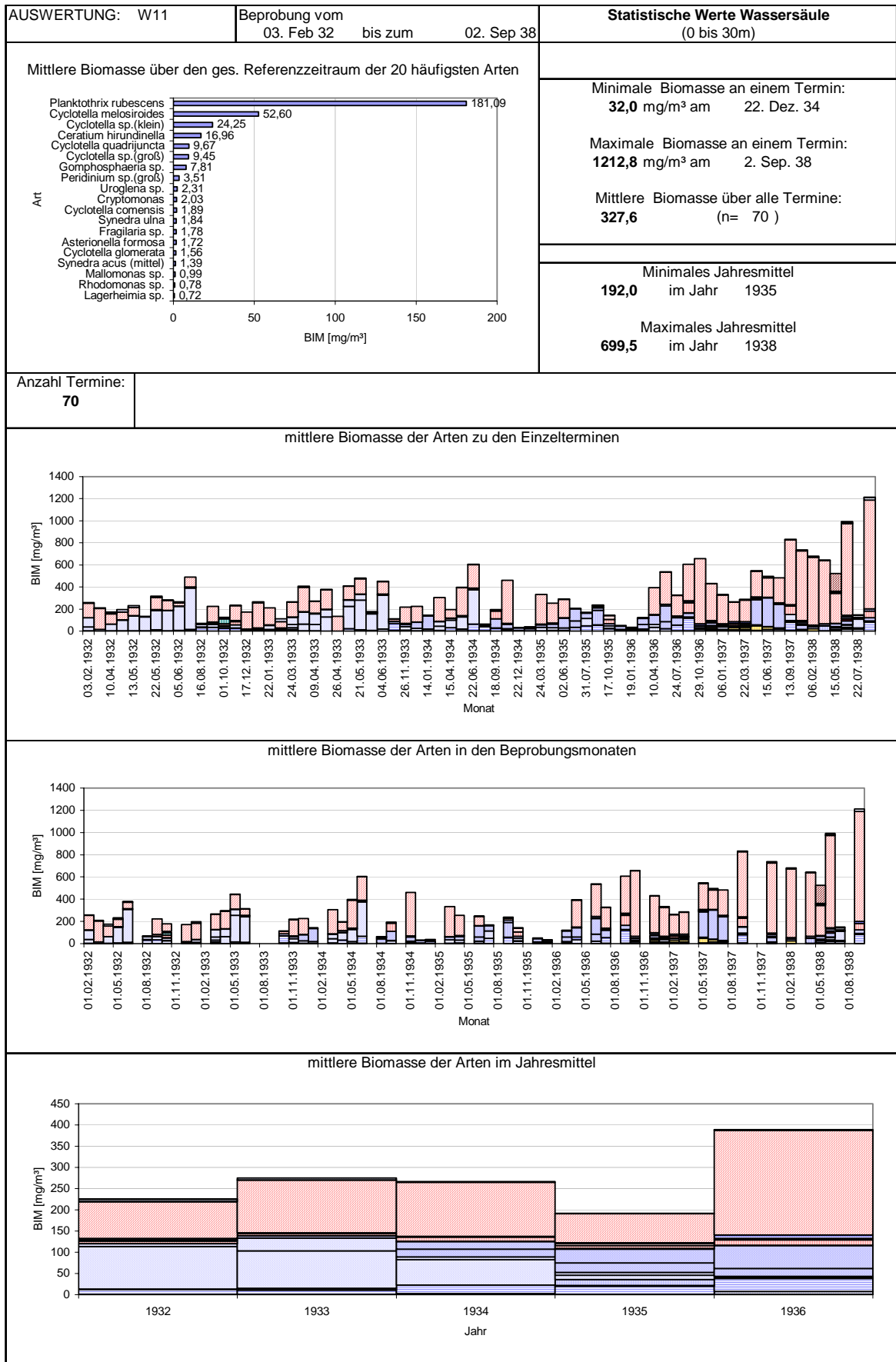


Abb. 10: Auswertebblatt Wörthersee Wassersäule

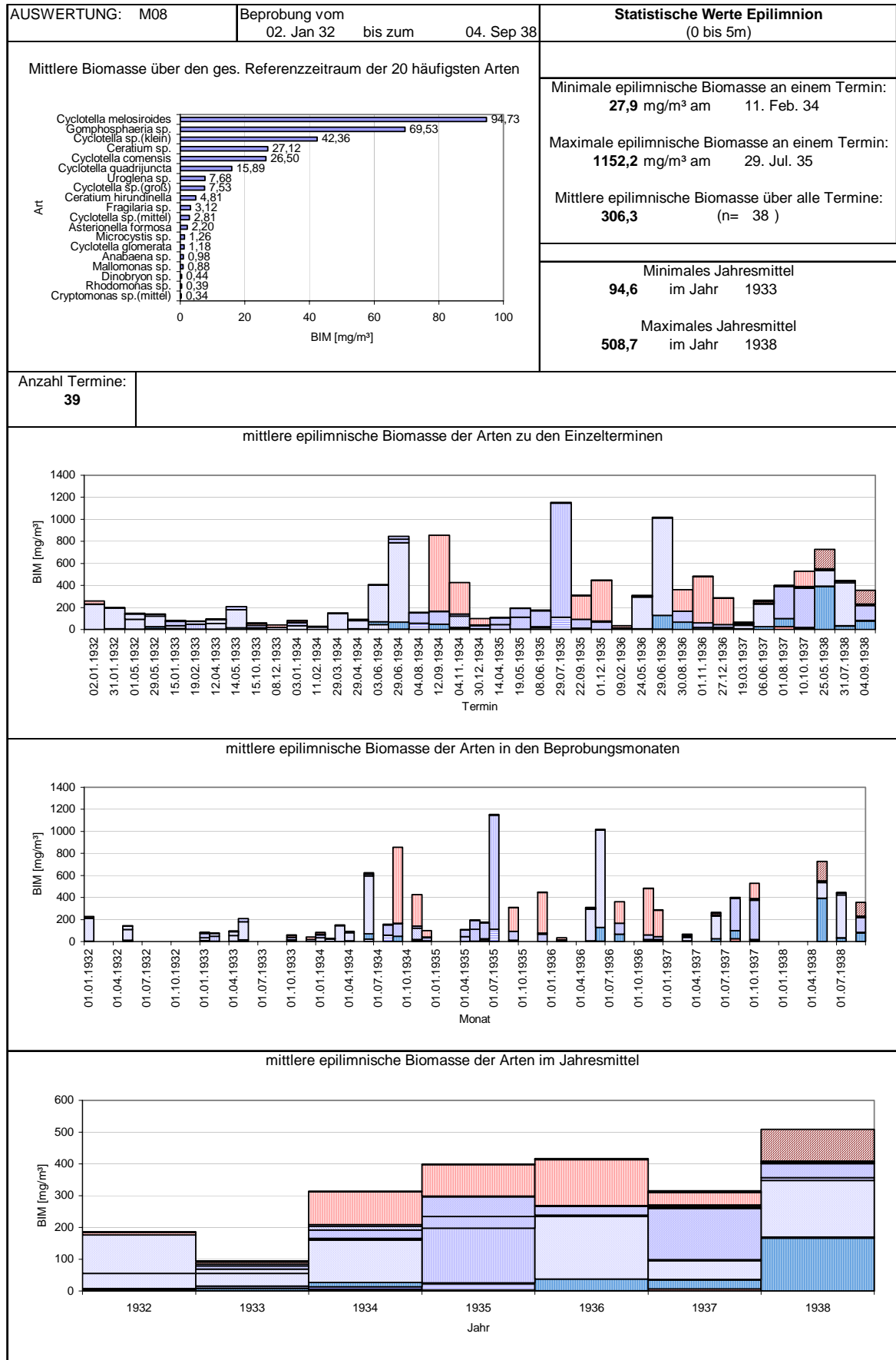


Abb. 11: Auswertebblatt Millstätter See Epilimnion

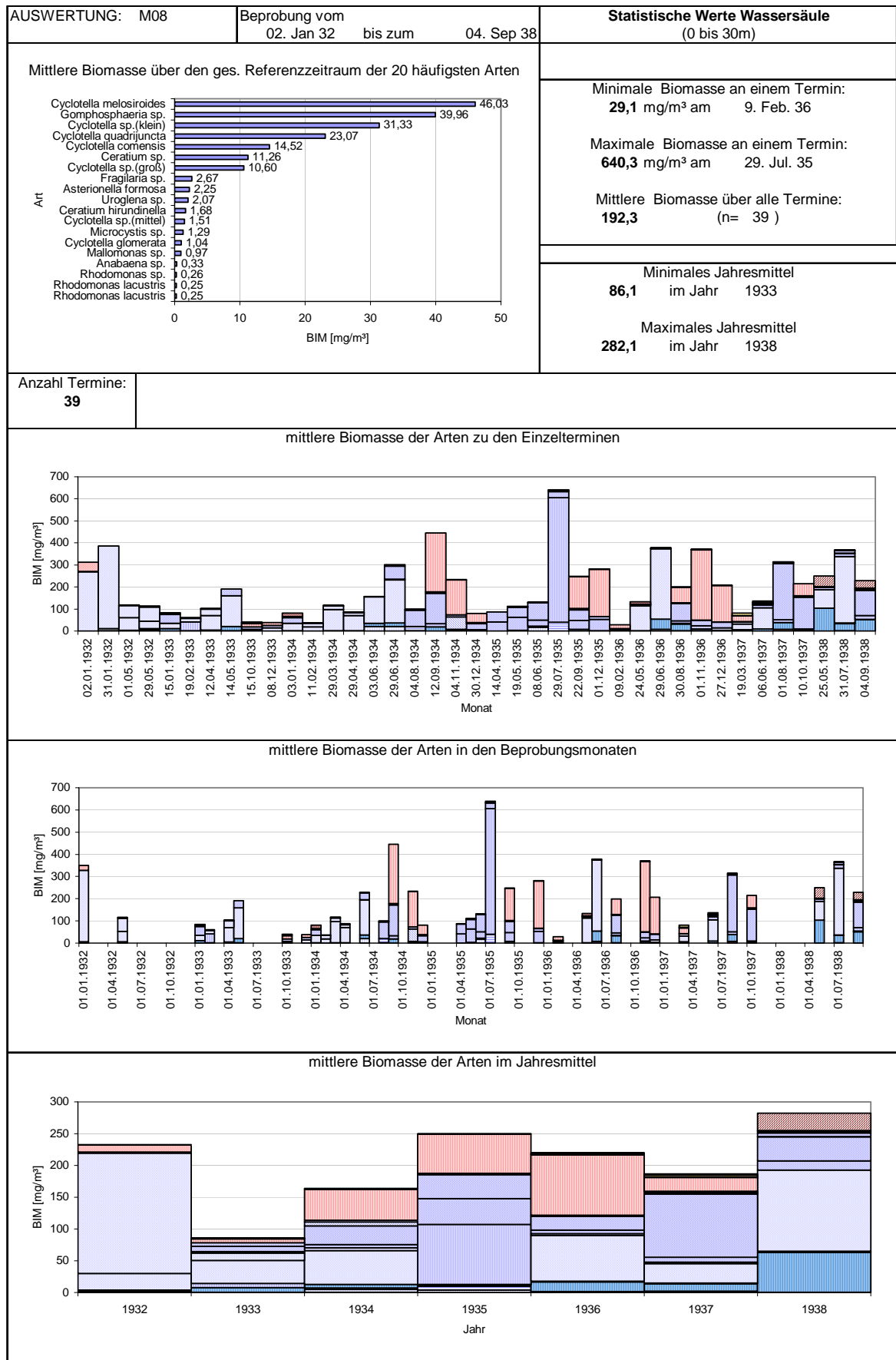


Abb. 12: Auswertebblatt Millstätter See Wassersäule

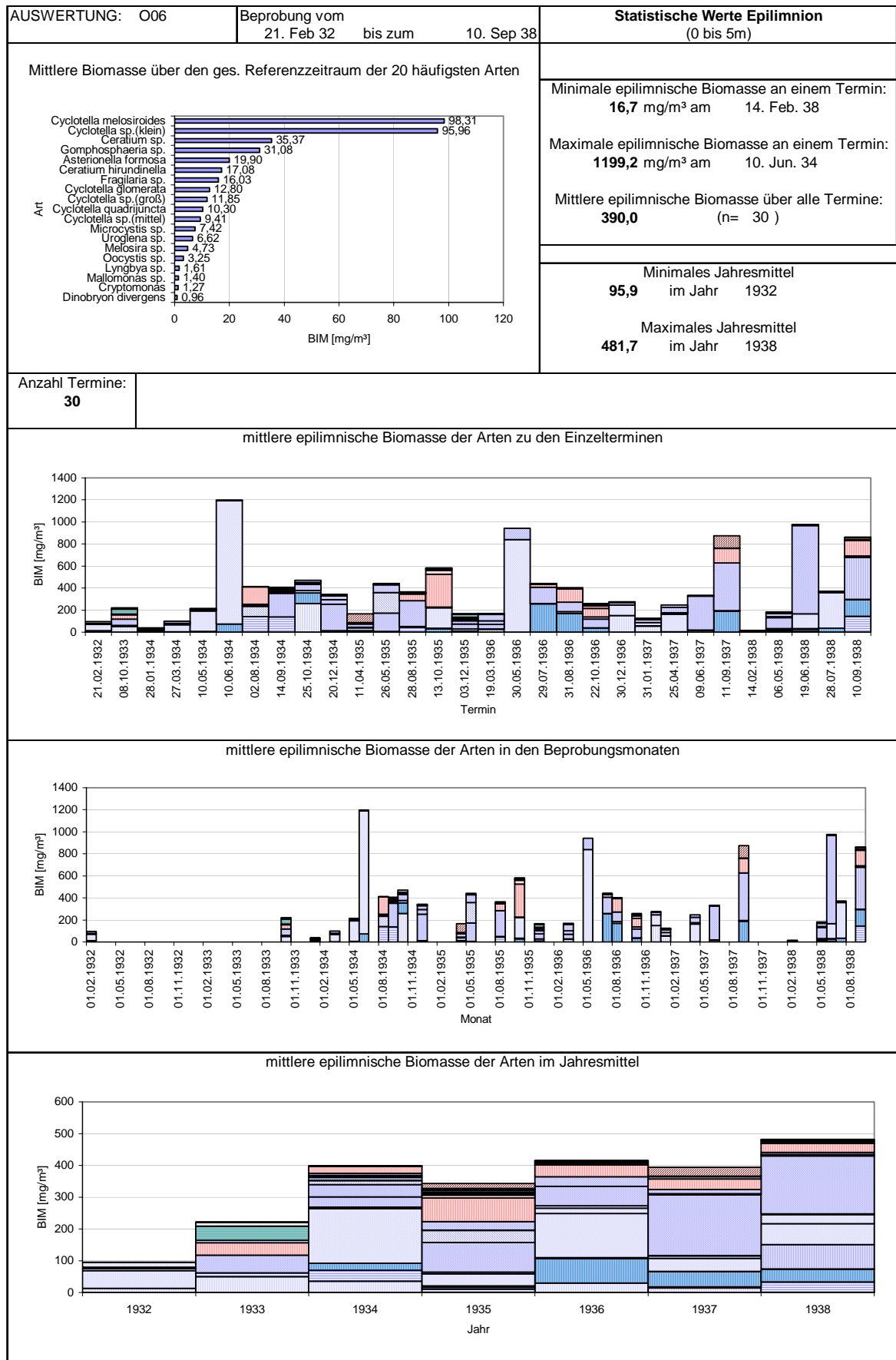


Abb. 13: Auswertebblatt Ossiacher See Epilimnion

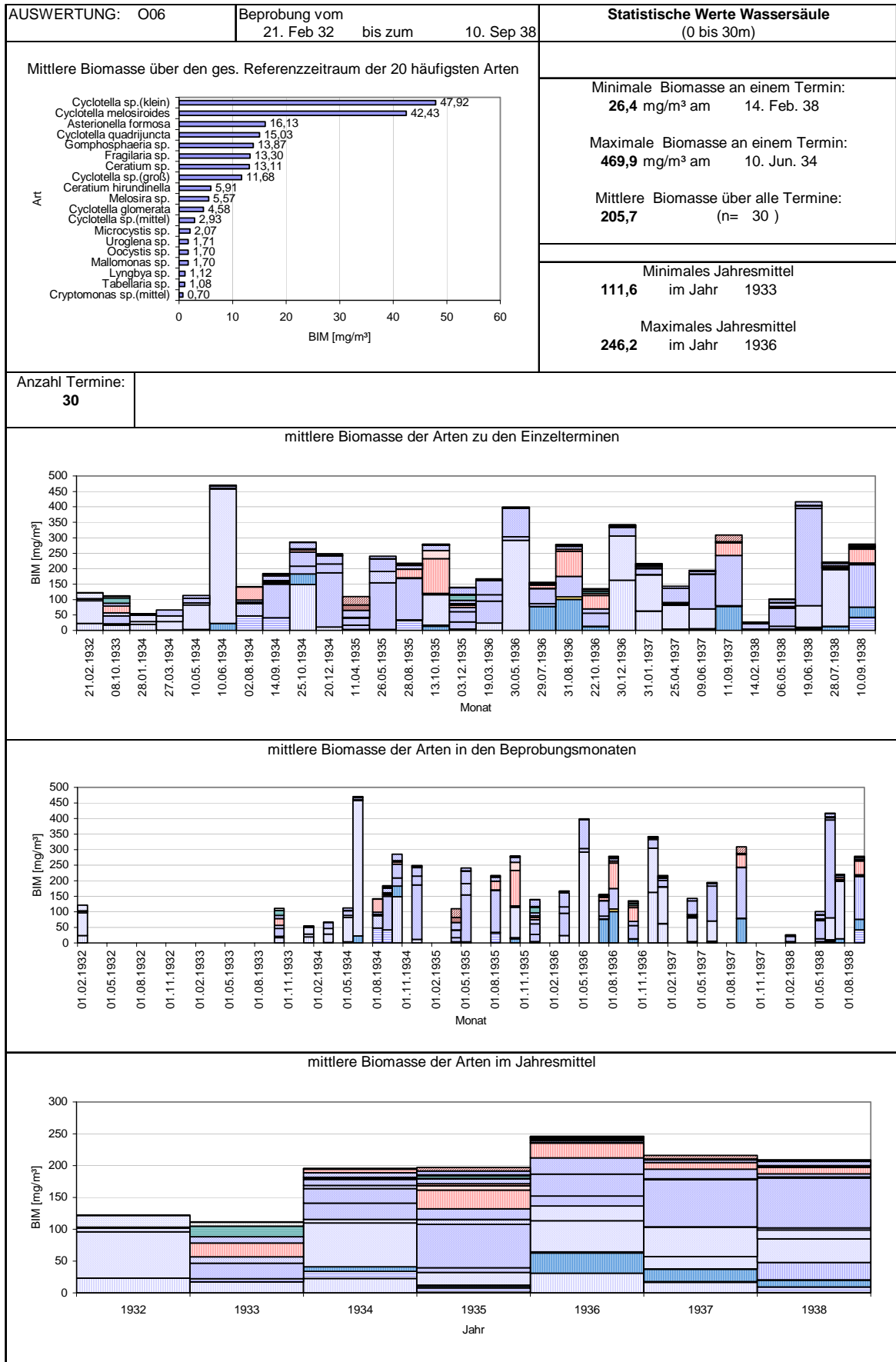


Abb. 14: Auswertebblatt Ossiacher See Wassersäule

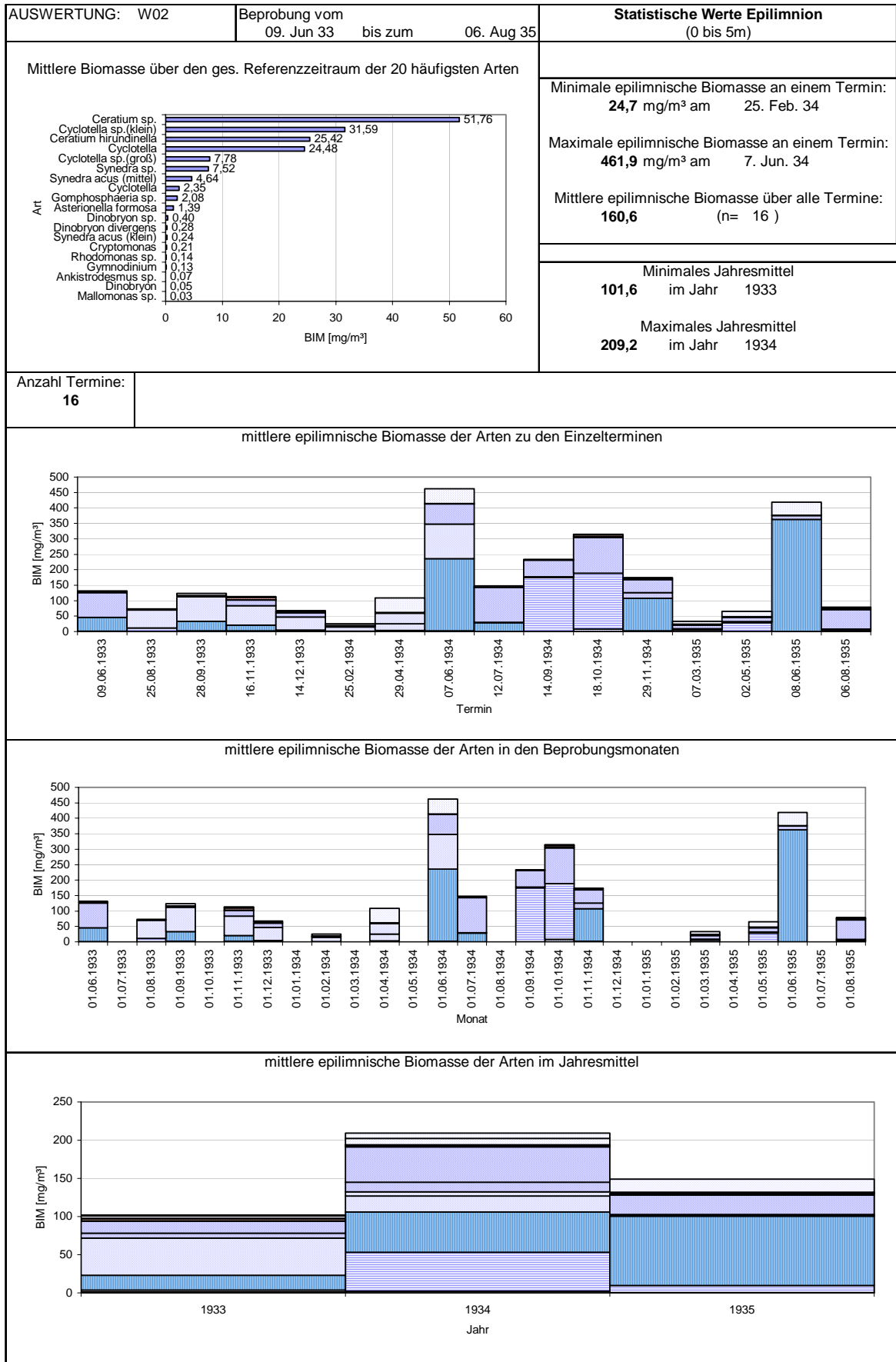


Abb. 15: Auswertblatt Weissensee Epilimnion

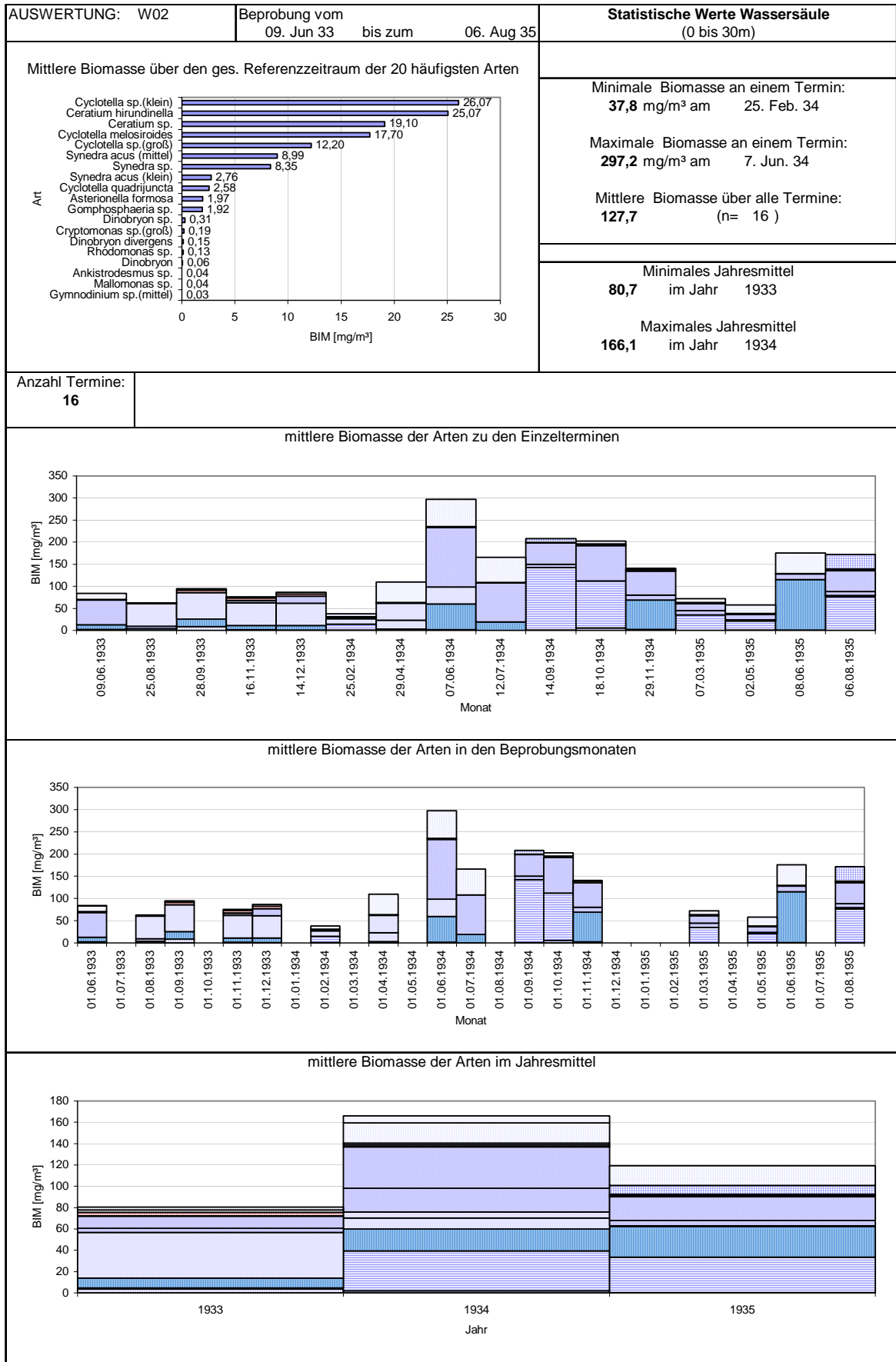


Abb. 16: Auswertebblatt Weissensee Wassersäule

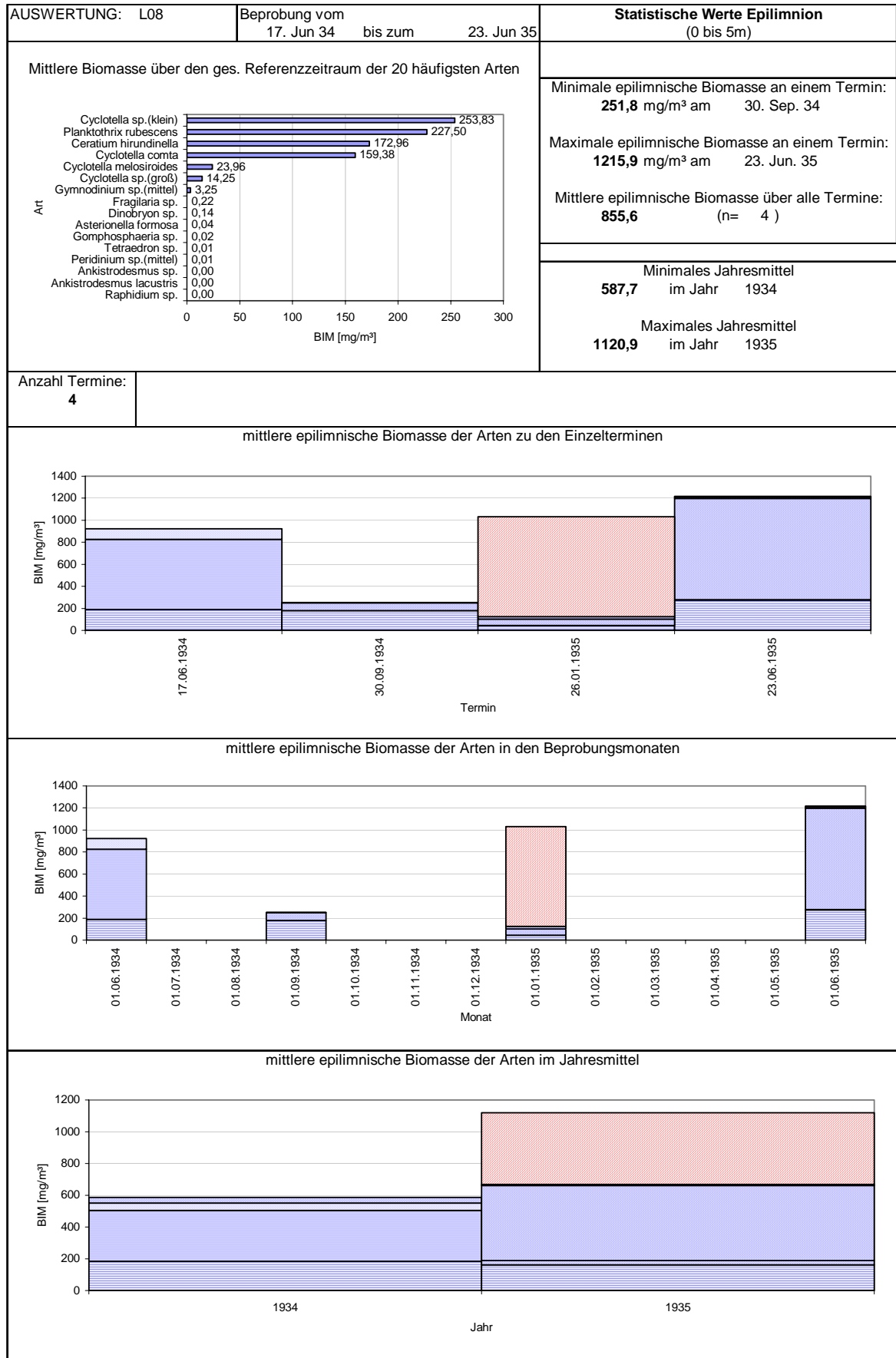


Abb. 17: Auswertebblatt Längsee Epilimnion

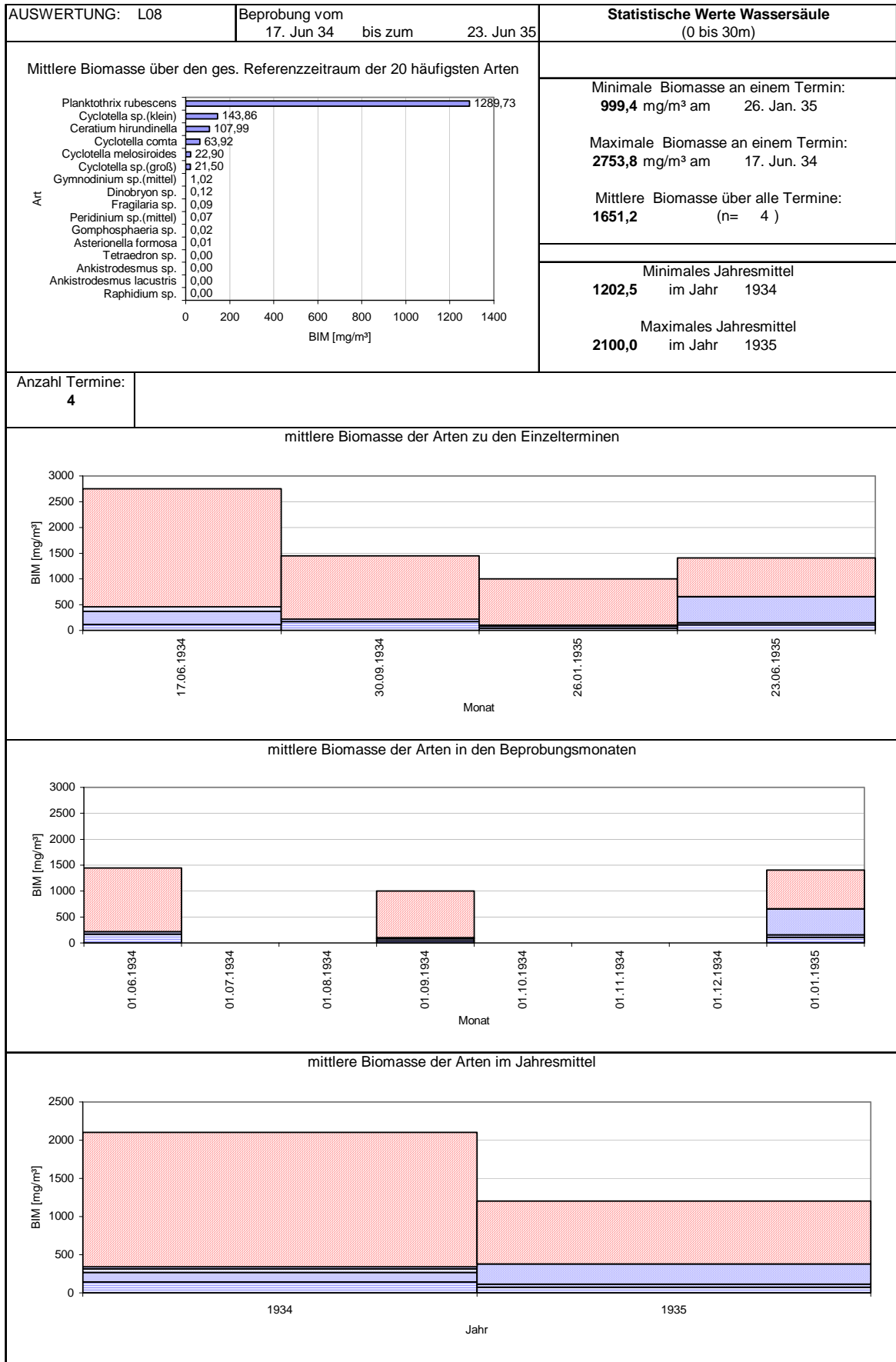


Abb. 18: Auswertebblatt Längsee Wassersäule

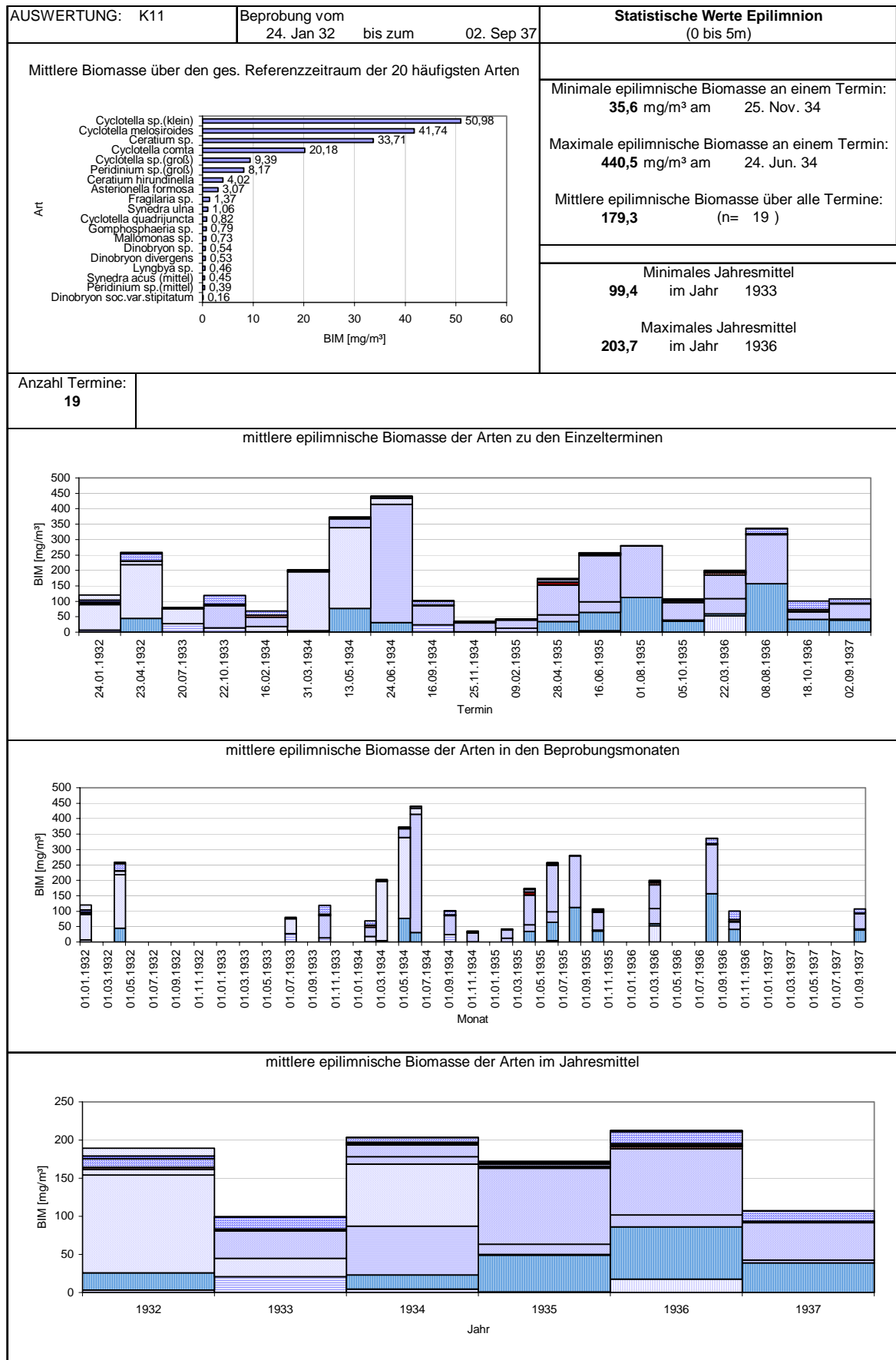


Abb. 19: Auswertebblatt Klopeiner See Epilimnion

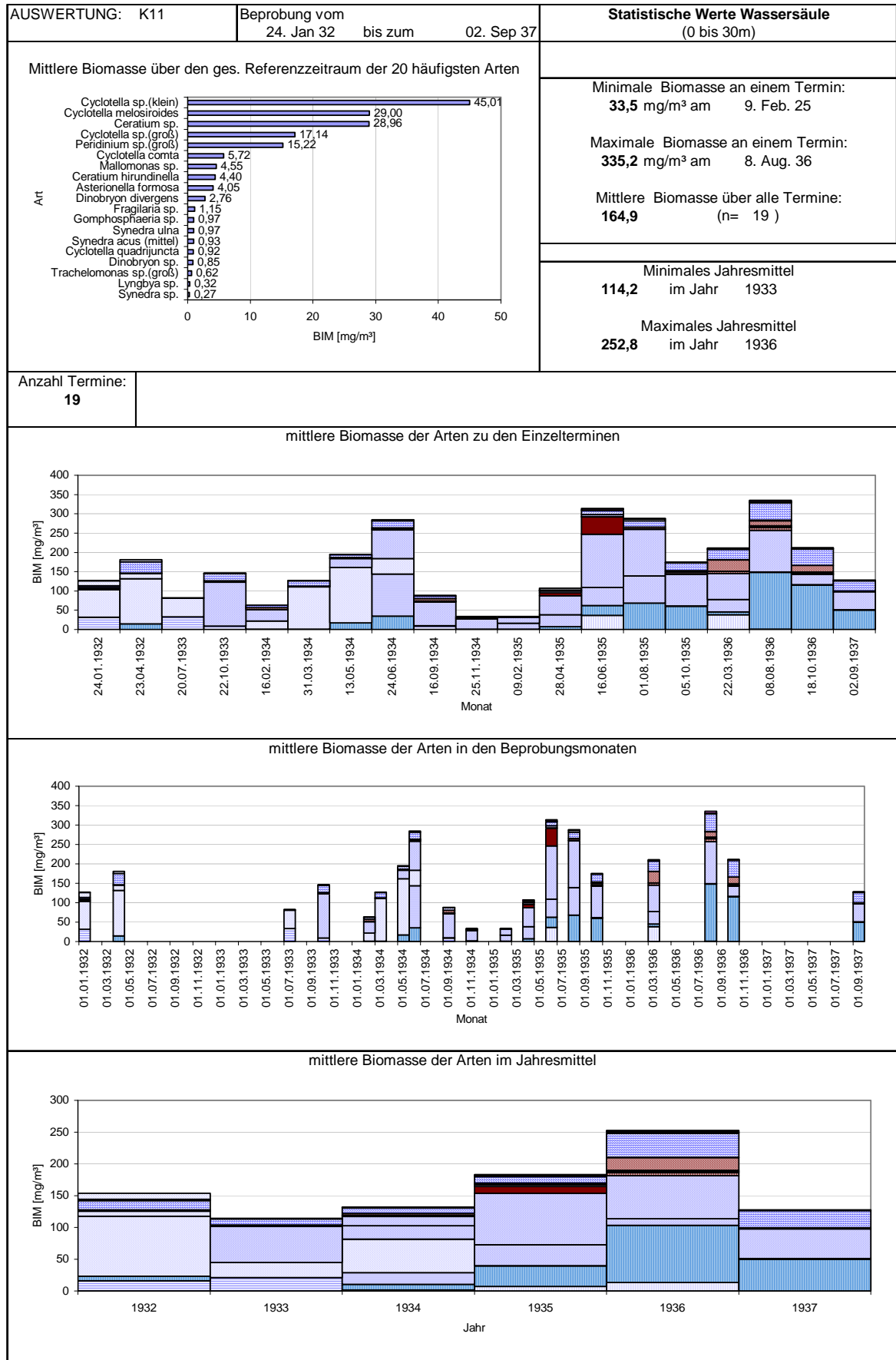


Abb. 20: Auswertebblatt Klopeiner See Wassersäule

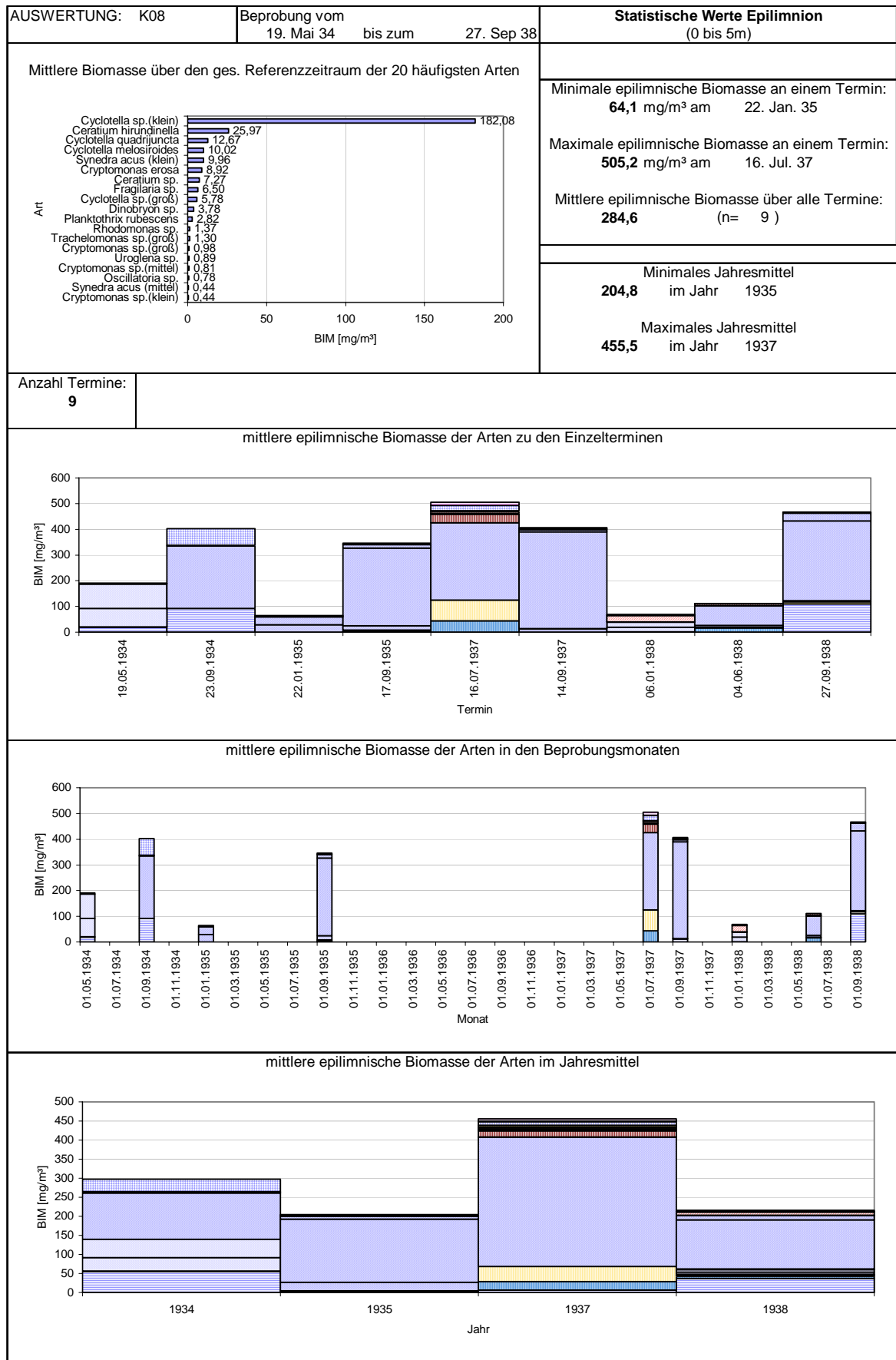


Abb. 21: Auswertebblatt Keutschacher See Epilimnion

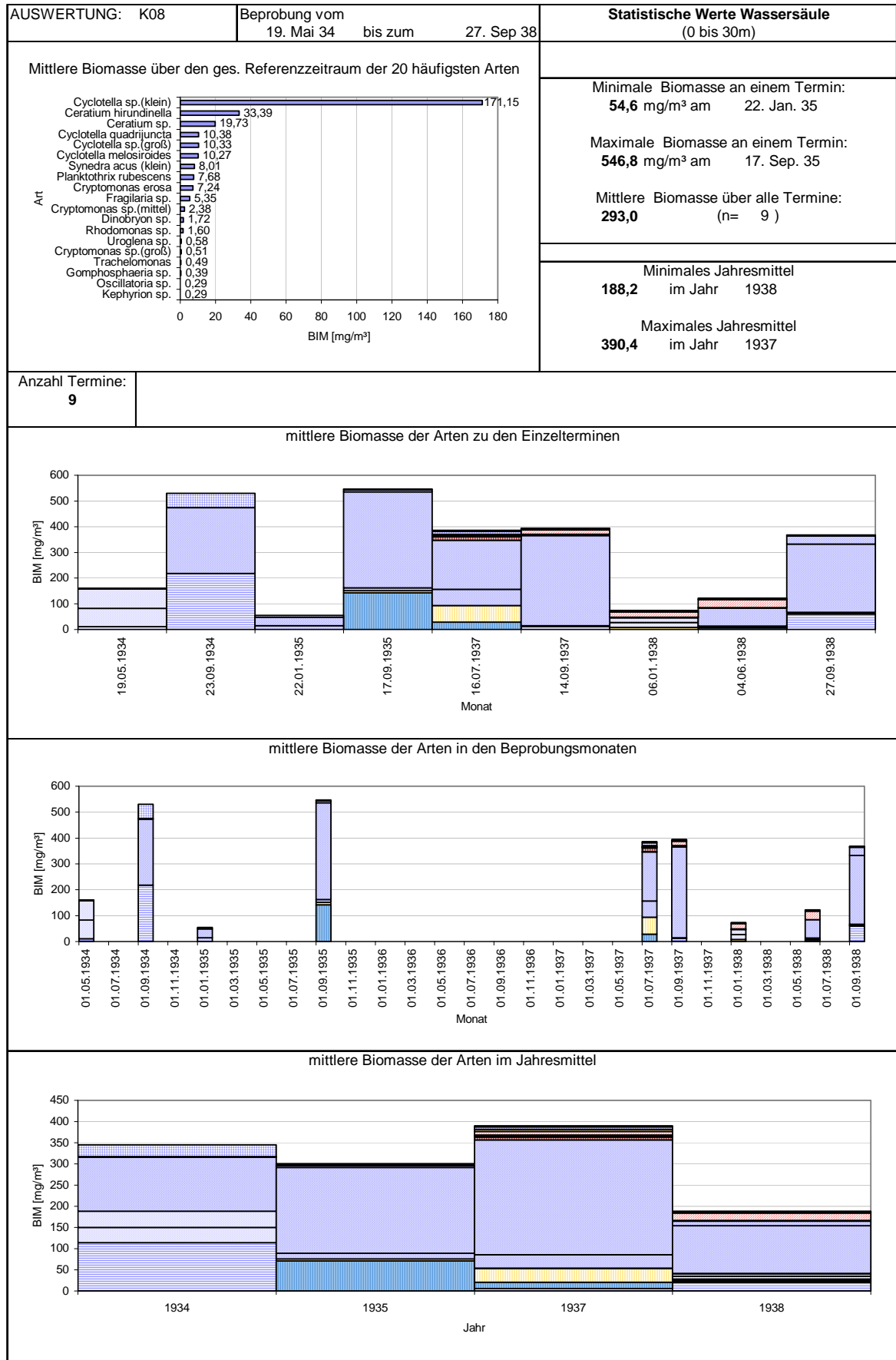


Abb. 22: Auswertebblatt Keutschacher See Wassersäule

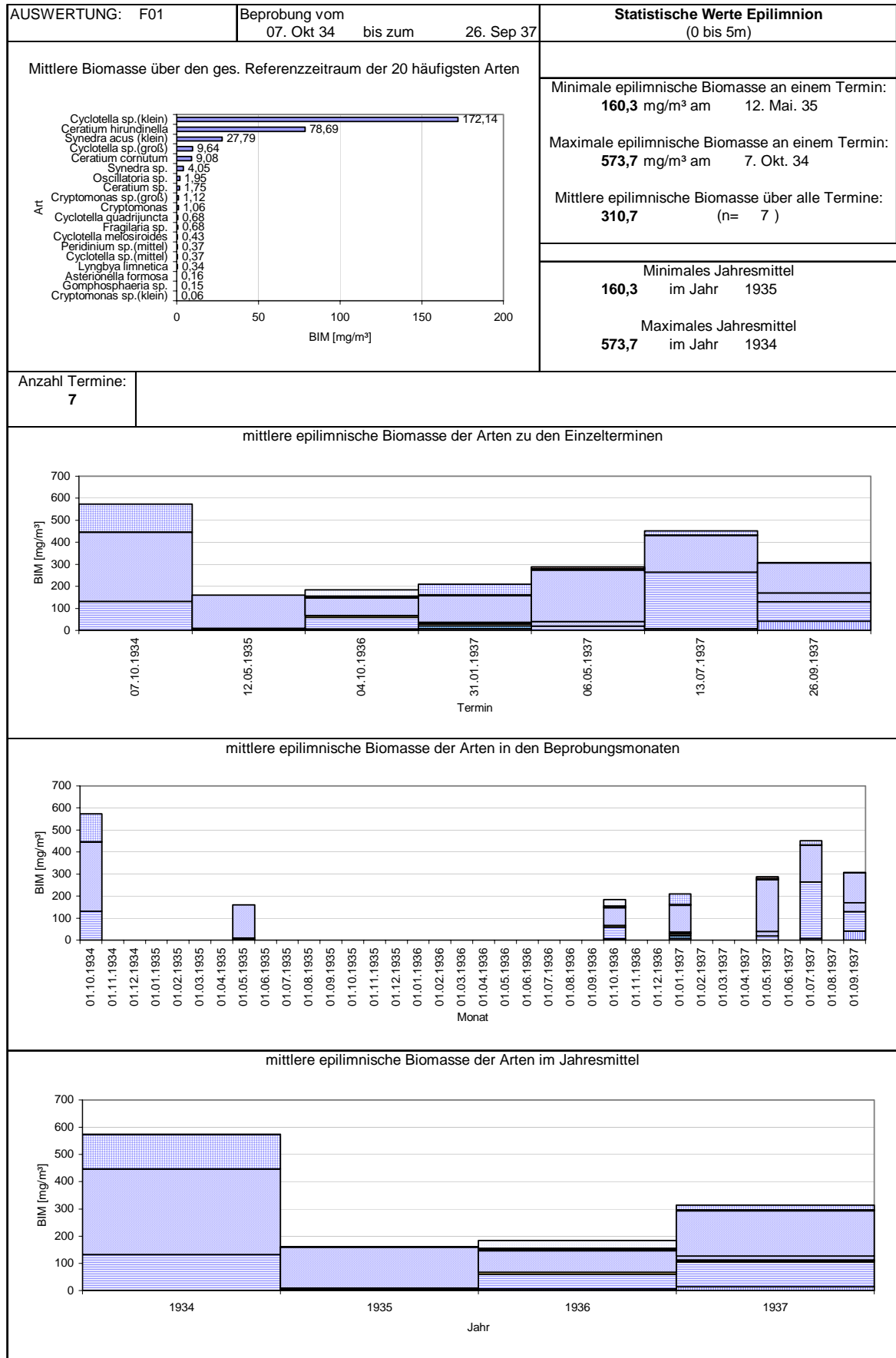


Abb. 23: Auswertebblatt Faaker See Epilimnion

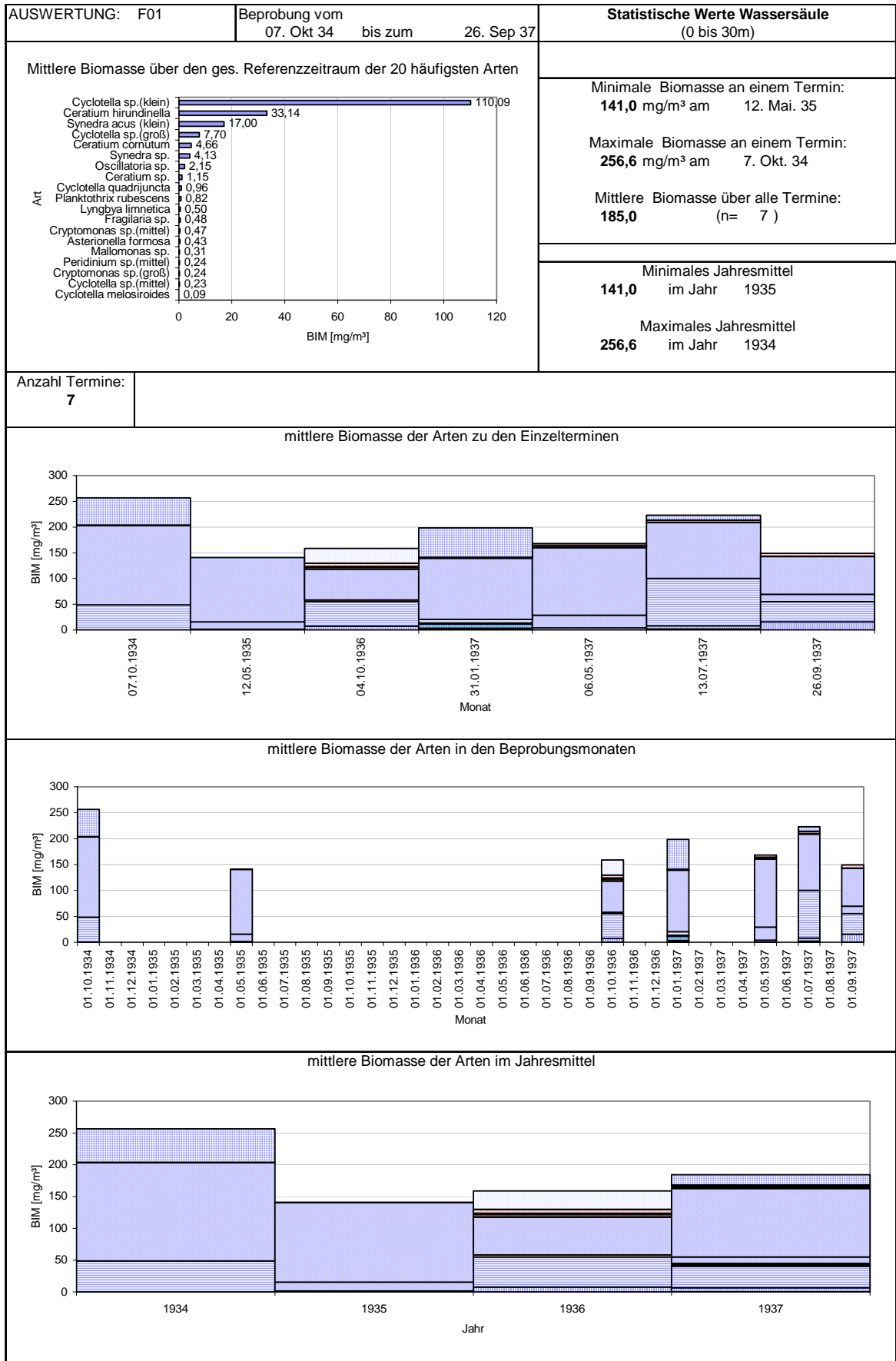


Abb. 24: Auswertebblatt Faaker See Wassersäule

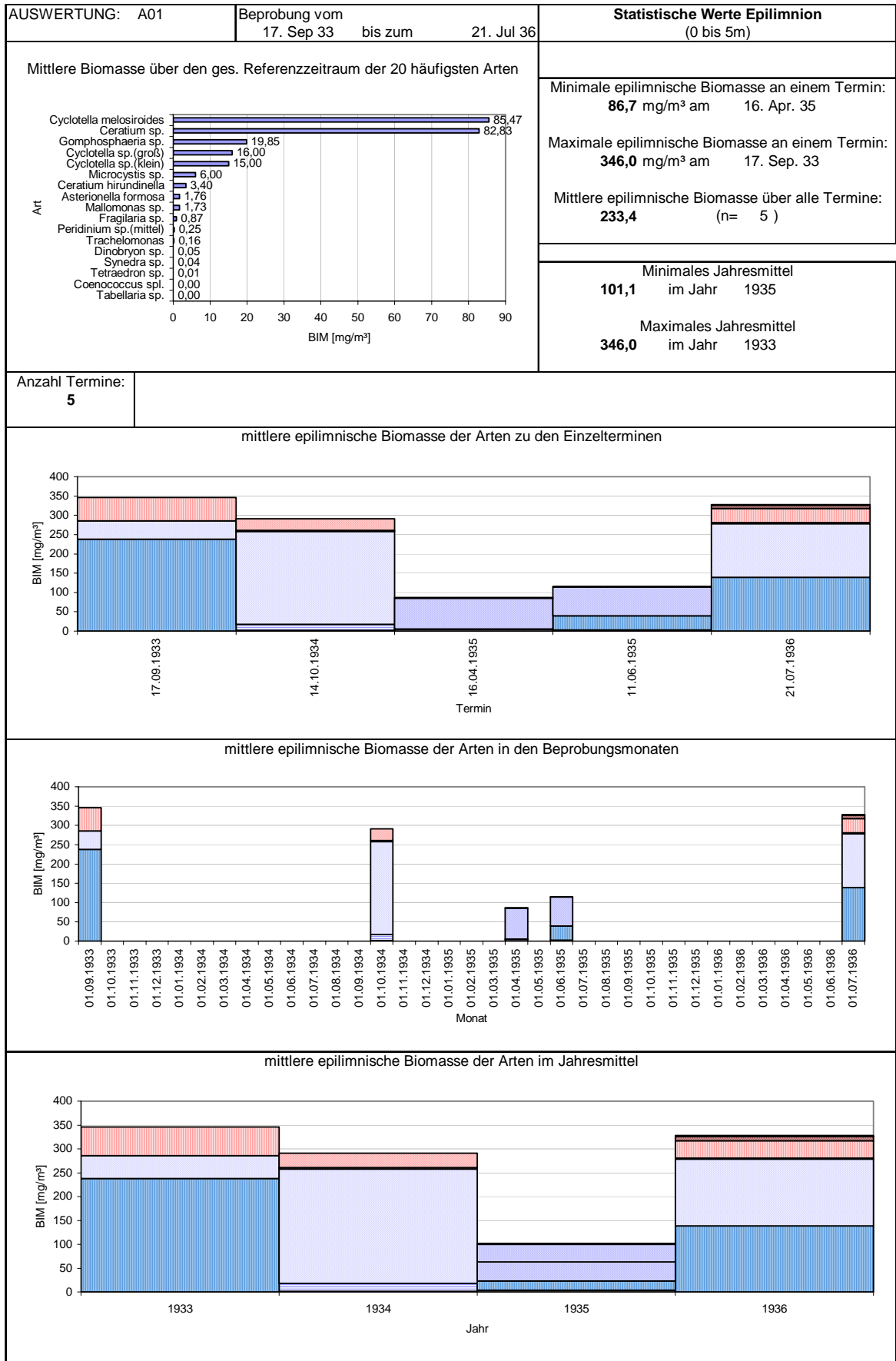


Abb. 25: Auswertebblatt Afritzer See Epilimnion

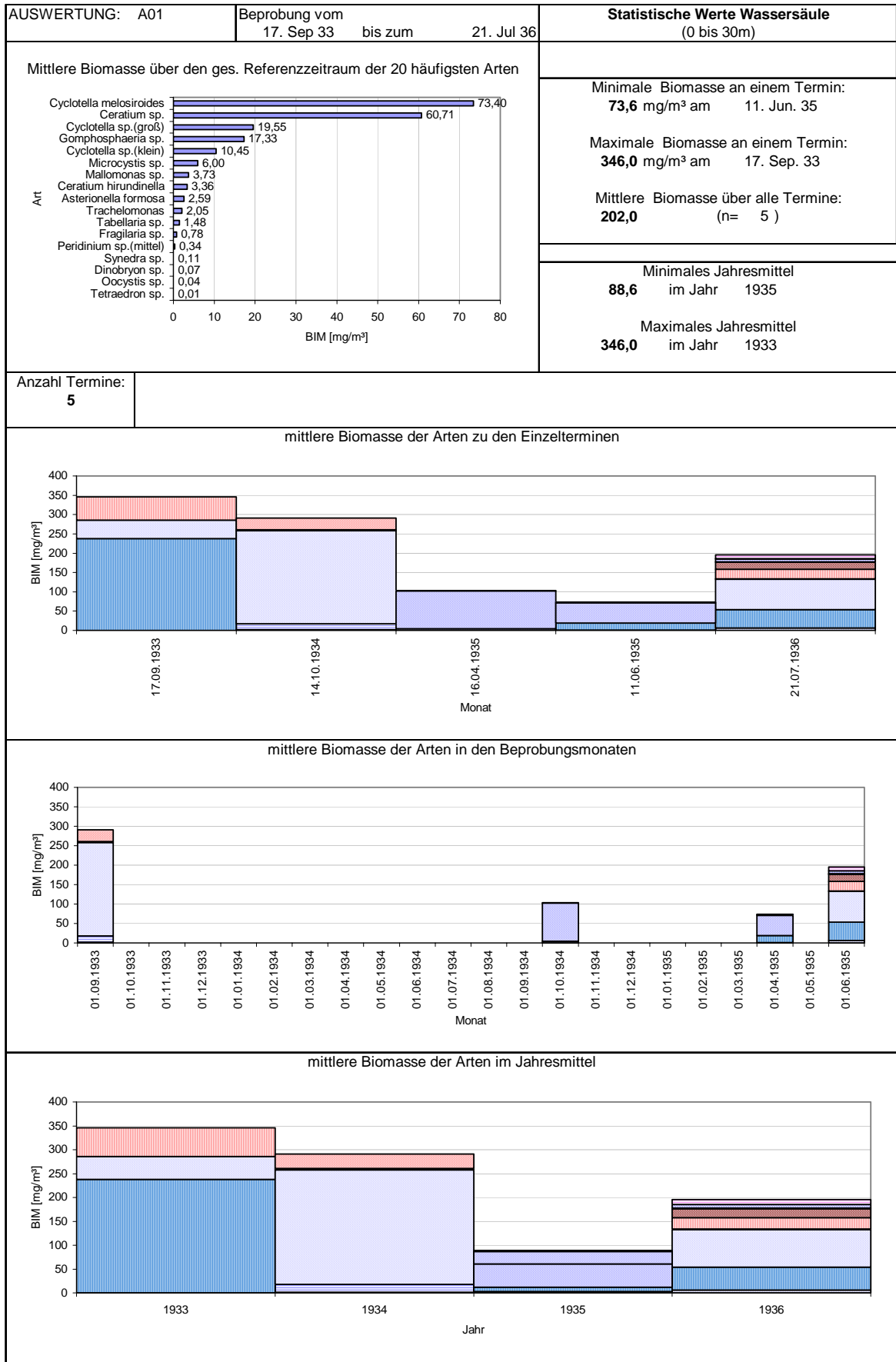






















Abb. 26: Auswertebrett Afritzer See Wassersäule

Tab. 2: Legende zu den Abbildungen 2 bis 27. Farbmustercodierung der Arten, welche im Referenzzeitraum vorkommen

 Anabaena sp_	 Ankistrodesmus lacustris
 Ankistrodesmus sp_	 Asterionella formosa
 Ceratium cornutum	 Ceratium hirundinella
 Ceratium sp_	 Chroococcus limneticus
 Chroococcus minutus	 Chroococcus sp_
 Coenococcus spl_ (=Gloeoc_)	 Cryptomonas erosa
 Cryptomonas sp_(groß)	 Cryptomonas sp_(klein)
 Cryptomonas sp_(mittel)	 Cyclotella bodanica
 Cyclotella comensis	 Cyclotella comta
 Cyclotella glomerata	 Cyclotella infusor
 Cyclotella melosiroides	 Cyclotella quadrijuncta
 Cyclotella sp_(groß)	 Cyclotella sp_(klein)
 Cyclotella sp_(mittel)	 Dactylococcopsis sp_
 Diatoma sp_	 Dinobryon cylindricum
 Dinobryon divergens	 Dinobryon soc_var_stipitatum
 Dinobryon sociale	 Dinobryon sp_
 Fragilaria capucina	 Fragilaria crotonensis
 Fragilaria sp_	 Gomphosphaeria sp_
 Gymnodinium helveticum	 Gymnodinium sp_(mittel)
 Kephyrion sp_	 Lagerheimia sp_
 Lyngbya limnetica	 Lyngbya sp_
 Mallomonas acaroides	 Mallomonas akrokomos
 Mallomonas sp_	 Melosira sp_
 Merismopedia sp_	 Microcystis aeruginosa
 Microcystis sp_	 Oocystis sp_
 Oscillatoria sp_	 Perid_cinctum
 Peridinium sp_(groß)	 Peridinium sp_(mittel)
 Planktothrix rubescens	 Raphidium sp_
 Rhodomonas lacustris	 Rhodomonas sp_
 Scenedesmus quadricauda	 Staurastrum sp_
 Surirella sp_	 Synedra acus (klein)
 Synedra acus (mittel)	 Synedra acus var_ang_(groß)
 Synedra sp_	 Synedra ulna
 Tabellaria fenestrata	 Tabellaria sp_
 Tetraedron minimum	 Tetraedron sp_
 Tetrapedia sp_	 Trachelomonas hispida
 Trachelomonas sp_(groß)	 Trachelomonas sp_(klein)
 Trachelomonas volvocina	 Unbek_ Blualgen
 unbekannte Chrysophyceen	 unbekannte Gruenalgen
 Uroglena sp_	 Volvox aureus
 Volvox sp	

