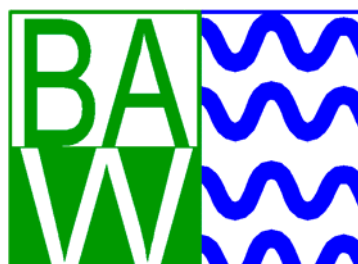


Limnologische und fischökologische Langzeituntersuchung von ausgewähl- ten österreichischen Seen in Hinblick auf den Klimawandel

TEIL:

Millstätter See

Zwischenbericht 2012



Bundesamt für Wasserwirtschaft
Institut für Gewässerökologie, Fischereibiologie und Seenkunde
Scharfling 18
A-5310 Mondsee

Mag. Dr. Martin Luger
Mag. Dr. Hubert Gassner

HR Dr. Albert Jagsch

Sachbearbeiter

Institutsvorstand

Scharfling, 2012-11-22

INHALTSVERZEICHNIS

1.	EINLEITUNG.....	3
2.	MATERIAL UND METHODEN	4
3.	ERGEBNISSE UND DISKUSSION.....	4
3.1	Temperatur.....	5
3.2	Zooplankton.....	9
3.3	Fischbestandserhebung (Echolot)	13
4.	ZUSAMMENFASSUNG	20
5.	LITERATUR	21

KOOPERATIONSPARTNER UND FINANZIERUNG

TEIL: MILLSTÄTTER SEE

FINANZIERUNG DER MESSBOJE, ZOOPLANKTONAUSWERTUNG UND

FAHRTKOSTEN

Österreichische Bundesforste AG, Pummergasse 10-12, 3002 Purkersdorf

DURCHFÜHRUNG UND FINANZIERUNG DER PROBENAHME,

LOGGERAUSLESUNG, ECHOLOTUNG, DATENVERWALTUNG,

AUSWERTUNG UND BERICHTERSTELLUNG

Bundesamt für Wasserwirtschaft, Institut für Gewässerökologie, Fischereibiologie und Seenkunde,
Scharfling 18, A-5310 Mondsee

1. EINLEITUNG

Das Bundesamt für Wasserwirtschaft, Institut für Gewässerökologie, Fischereibiologie und Seenkunde (BAW-IGF) initiierte gemeinsam mit der Österreichischen Bundesforste AG im Jahr 2010 eine Langzeitstudie zum Schwerpunkt Klimawandel an ausgewählten österreichischen Seen. Für den Millstätter See wurde zwischen BAW-IGF und ÖBF AG eine Kooperation vereinbart, um Untersuchungen entsprechend den anderen Seen durchzuführen. Es wurde eine Messboje mit Temperaturdataloggern für eine hochauflösende Temperaturopzeichnung installiert. Diese Datalogger speichern stündlich die vorherrschende Temperatur in unterschiedlichen Tiefenstufen von der Oberfläche bis zum Grund und werden in regelmäßigen Abständen ausgelesen. Mit dieser hochauflösenden Aufzeichnung der Temperaturentwicklung können limnologische Prozesse (z.B. Durchmischungsphasen, Schichtung, Tiefe der Sprungschicht etc.) sehr gut dokumentiert und etwaige Veränderungen dargestellt werden.

Darüber hinaus wird zusätzlich zu den regelmäßig untersuchten Parametern (physikalisch-chemisch und Phytoplankton (Algen) laut Gewässerzustandsüberwachungsverordnung) das Zooplankton und der Fischbestand erhoben. Das Zooplankton stellt eine wichtige Nahrungsgrundlage für die Fische dar. Durch Veränderungen im Temperaturregime (Klimawandel) ist möglicherweise mit zeitlichen und räumlichen Verschiebungen der Zooplanktonentwicklung zu rechnen, welche auch für den Fischbestand von Bedeutung sein können.

Der Fischbestand wird mit Hilfe wissenschaftlicher Echographie jährlich im Herbst untersucht. Die Auswertungen ergeben Größenfrequenzen, mittlere Abundanzen (Anzahl/ha) und Fischbiomasse (kg/ha). Für die fischereiliche Bewirtschaftung von Gewässern stellen derartige Grundlagendaten eine wichtige Basis für die Erstellung von nachhaltigen Bewirtschaftungsplänen dar. Es können daraus auch Ableitungen hinsichtlich des möglichen Ausfanges eines Gewässers durchgeführt werden und letztlich räumlich-zeitliche Verteilungsmuster der Fische im See sichtbar gemacht werden.

Ziel dieser Studie ist es, erstmalig für Österreich einen detaillierten Langzeit-Datensatz zu erheben, der es ermöglicht, langfristige limnologische und fischökologische Veränderungen zu dokumentieren und in der Folge als Basis für weiter in die Zukunft reichende Prognosen zu dienen. Gleichzeitig können die Ergebnisse der laufenden Studie in der Zusammenschau jährlich als eine wichtige Grundlage für fischereiliche Bewirtschaftungsmaßnahmen und die Abschätzung des nachhaltig erzielbaren Ertrages genutzt werden.

Mit den Untersuchungen aus 2012 liegen nun die Ergebnisse des dritten Jahres dieser Langzeitstudie vor und es können erste Vergleiche angestellt werden, auch wenn diese noch keine Ableitungen hinsichtlich eines Trends zu lassen.

2. MATERIAL UND METHODEN

Am 13. Juli 2010 wurde über dem tiefsten Bereich des Sees eine Messboje mit Temperaturloggern in verschiedenen Tiefen installiert (Abbildung 1). Im Oberflächenwasser (bis 15 m) erfolgte die Temperaturaufzeichnung in 1 m-Intervallen, darunter bis zum Seegrund in 20 m-Intervallen. Zusätzlich zur Seetemperatur wurde auch die Lufttemperatur an einer beschatteten Stelle am Ufer registriert. Die Datalogger wurden 4 Mal pro Jahr ausgelesen (März, Juni, August und November). Während des Winters wurde die Boje durch Unterwasserschwimmkörper ersetzt, um Schäden durch Einfrieren oder Eisdrift an der Messeinrichtung zu vermeiden. Für den Vergleich zwischen den Jahren wurde jeweils eine mittlere Temperatur (Mittelwert) des Epilimnions (Oberflächenwasser; 0-12 m) und des Hypolimnions (Tiefenwasser; 13 m-Seegrund) errechnet.

Die Entnahme der Zooplanktonproben fand immer an den Loggerausleseterminen mit einem Schließnetz in unterschiedlichen Tiefenstufen (0-6 m, 6-12 m, 12-30 m, 30-60 m und 60-135 m) im Bereich der Boje statt. Die Auswertung der Zooplanktonproben (Abundanzen und Biomasse auf Artniveau) erfolgte durch Dr. Christian Jersabek.

Die Erhebung der Fischbiomasse wurde mit einem SIMRAD EK 60 Echolot mit einem 7°x7° composite split beam Schwinger durchgeführt. Die Arbeitsfrequenz betrug 120 kHz. Der Schallgeber wurde waagrecht mit einem speziellen Haltesystem, seitlich am Boot in einer Wassertiefe von 0,2 m befestigt. Die Aufnahmen erfolgten an drei Terminen (Oktober, November und Dezember), wobei der gesamte See in einem Zick-Zack-Kurs entlang von Quertransekten beschallt wurde (Abbildung 1). Vor dem Einsatz wurde das Echolot jeweils mittels Eichkugel kalibriert. Die Aufnahmen wurden in der Nacht durchgeführt, wobei die Bootsgeschwindigkeit bei etwa 5 km/h lag und die gewonnen Daten kontinuierlich auf der Festplatte eines Laptops gespeichert wurden. Im Labor erfolgten dann weitere Auswertungen mit einem speziellen Computerprogramm (SONAR 5 –Pro; Balk & Lindem 2004). Ausführlich dargestellt ist die Methode in Gassner & Wanzenböck 2005 sowie Simmonds & MacLennan 2005.

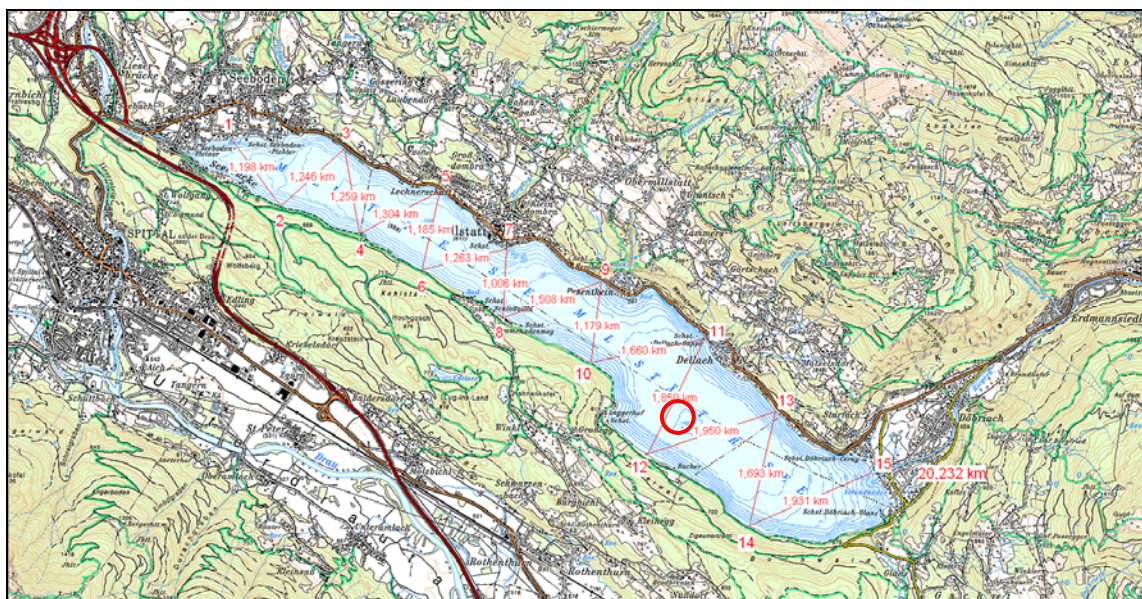


Abbildung 1: Befahrene Echolot-Transekte Position Boje (roter Kreis)

3. ERGEBNISSE UND DISKUSSION

3.1 Temperatur

Der Millstätter See weist mit 9 Jahren eine sehr lange theoretische Wassererneuerungszeit auf. Im Unterschied zu anderen Seen dieser Studie erwärmt sich der See im Sommer oberflächlich sehr stark (bis zu 24°C und mehr) und kühlt im Herbst vergleichsweise langsam ab. Eine Besonderheit des Millstätter Sees aus limnologischer Sicht ist die Meromixis (Teildurchmischung). Durch die große Tiefe (141 m) und die windgeschützte Lage erfolgt in den üblichen Durchmischungsphasen (Frühjahr und Herbst) keine vollständige Durchmischung bis zum Seegrund, sondern nur bis in eine Tiefe von 50 - 70 m. Nur in Jahren mit überdurchschnittlicher Windeinwirkung durchmischt der Wasserkörper bis zum Grund. Das Resultat daraus sind Sauerstoffdefizite und Nährstoffanreicherung im Tiefenwasser.

Im Jahr 2012 erreichte die Oberflächentemperatur ein erstes Maximum hinsichtlich Tagesmittelwert Mitte Juli (4.Juli: 24,7°C), gefolgt von einer etwas kühleren Phase und einem zweiten Maximum Ende August (24.August: 24,9°C). Bis Anfang Oktober herrschte dann im Oberflächewasser eine Temperatur von über 18°C, ehe danach eine nachhaltige Abkühlung einsetzte (Abbildung 2). Anfang November war der Wasserkörper bis in eine Tiefe von ca. 12 m gleichmäßig auf etwa 12°C abgekühlt. Die fortlaufende Durchmischung erreichte erst Anfang Dezember 15 m Tiefe und Mitte Dezember 20 m Tiefe.

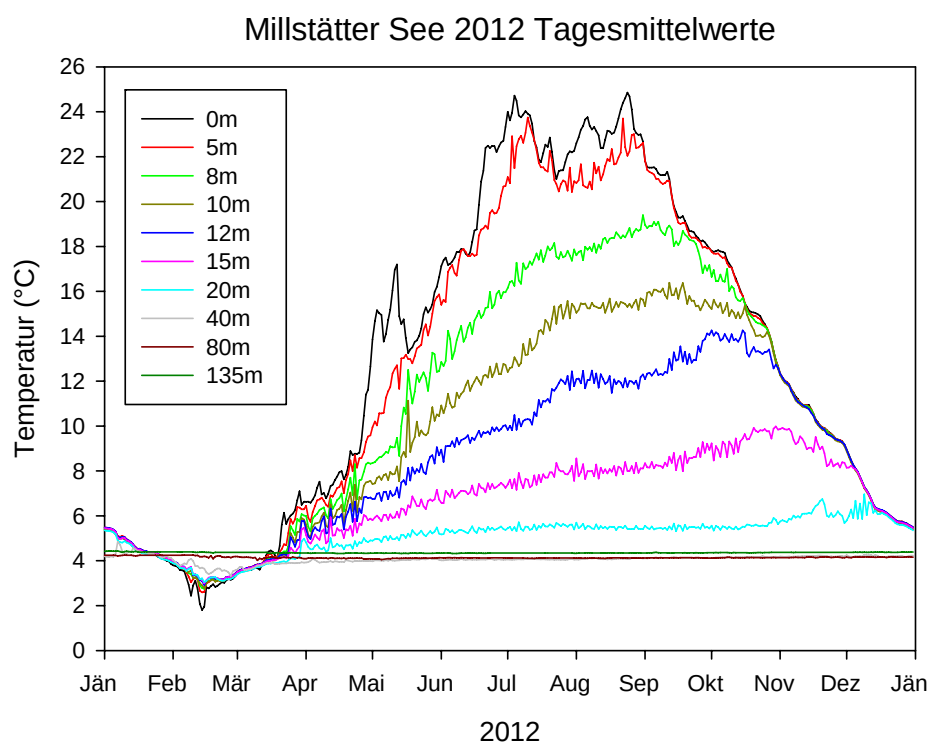


Abbildung 2: Temperaturentwicklung in ausgewählten Tiefen

Wie schon im Jahr 2011 dehnte sich die Erwärmung des Wassers über 20°C im Millstätter See bis in eine Tiefe von 7m aus, war aber auf einen kurzen Zeitraum von etwa einer Woche beschränkt (Ende August). Nur einen Meter höher in 6 m Tiefe dauerte die Überschreitung der 20°C-Marke schon ca. ein Monat (Mitte August bis Mitte September). In 10 Meter Tiefe wurde noch ein Maximum von ca. 16°C und in 15 Metern von beinahe 10°C erreicht. In 20m Tiefe lagen die Temperaturen im Untersuchungszeitraum zwischen 3,0°C und 7,0°C und in 40m Tiefe zwischen 3,3°C und 4,8°C. Unterhalb von 40 m herrschen nahezu während des ganzen Jahres ca. 4°C. Mehr als zwei Drittel des Wasserkörpers (100 m Wassersäule) wiesen damit ganzjährig eine relativ konstante Temperatur von ca. 4°C auf (Abbildung 2 und Abbildung 6).

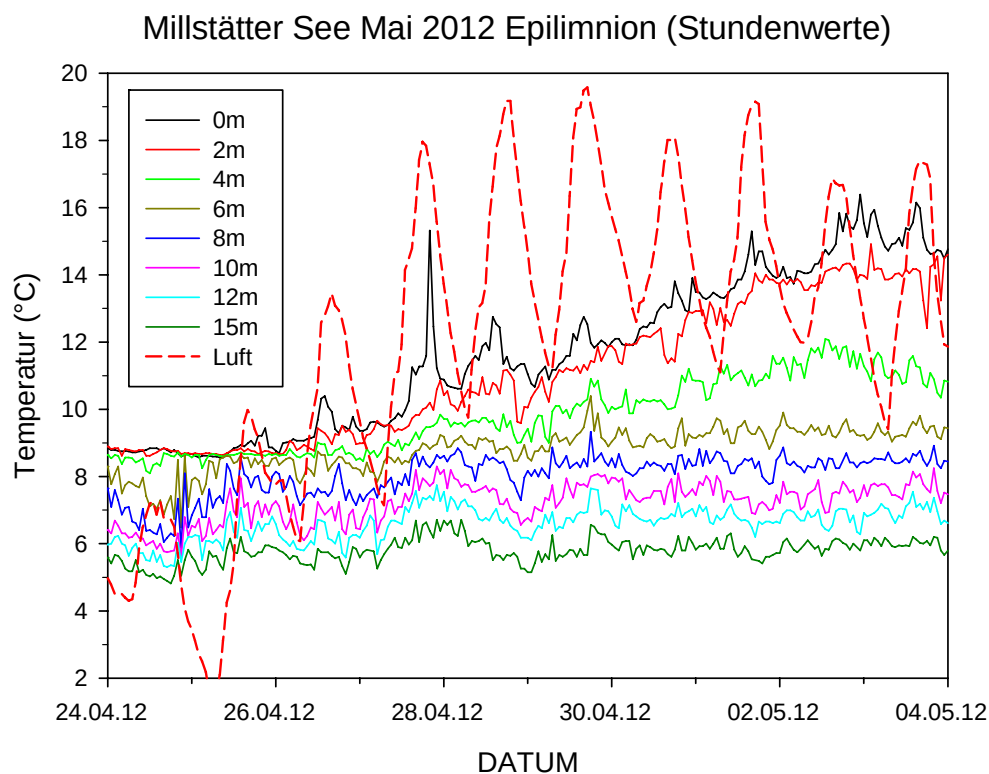


Abbildung 3: Temperaturentwicklung an verschiedenen Messpunkten im Mai

Mit den erhobenen Stundenwerten lassen sich Details im thermischen Wasserhaushalt sehr gut darstellen. Im Frühjahr kann zum Beispiel der Einfluss der Lufttemperatur auf die oberflächliche Erwärmung anschaulich abgebildet werden (Abbildung 3). Ende April zeigte die steigende Lufttemperatur und deren Tagesgang einen deutlichen Effekt auf die obersten Schichten. Am 26. April war die Temperatur von 0-6 m Tiefe nahezu ausgeglichen bei ca. 9°C, während nur eine Woche später bereits eine Spreizung von ca. 7°C vorlag. Unterhalb von 6 m Tiefe ist zu dieser Zeit noch keine merklich Erwärmung feststellbar (Abbildung 3).

Abkühlungsphasen im Oktober lassen sich ebenfalls sehr informativ darstellen. Bei stabilem Herbstwetter zeigt die Tageserwärmung jeweils noch einen Effekt auf die Seeoberfläche, während jede Schlechtwetterphase mit sinkender Lufttemperatur zu einer nachhaltigen Abkühlung des Oberflächenwassers führt und es dann zu einer sukzessiven Temperaturangleichung in immer

tiefere Schichten kommt (Abbildung 4). Während es am 22. Oktober noch einen leichten Gradienten in den oberen 10 m Wassersäule gab, war eine Woche später in diesem Bereich die Temperatur schon homogen ausgeglichen.

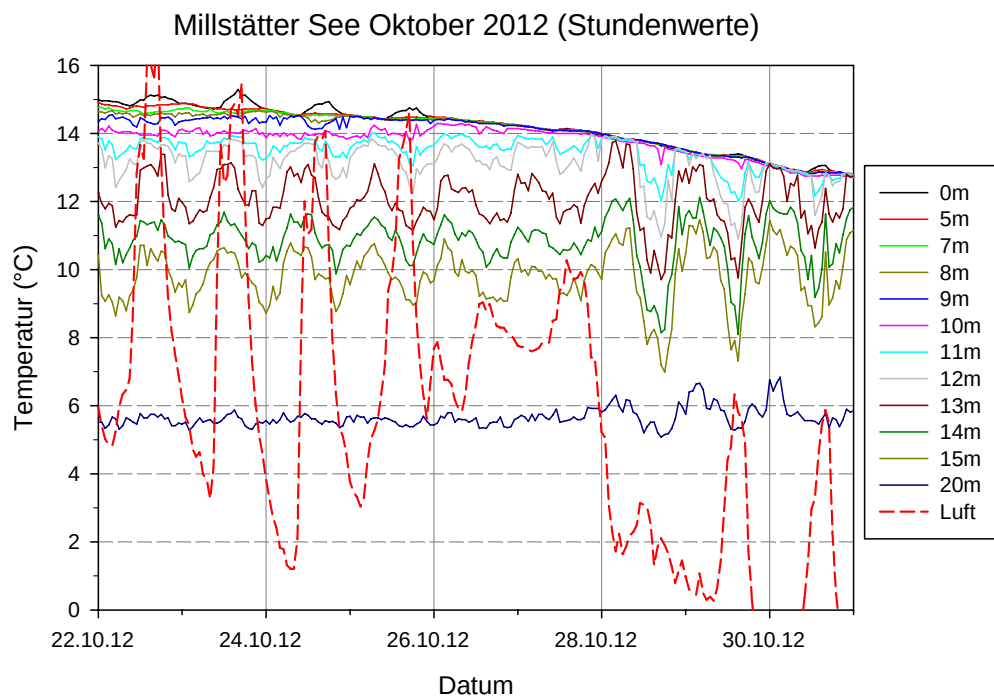


Abbildung 4: Temperaturentwicklung an verschiedenen Messpunkten im Zuge der herbstlichen Abkühlung

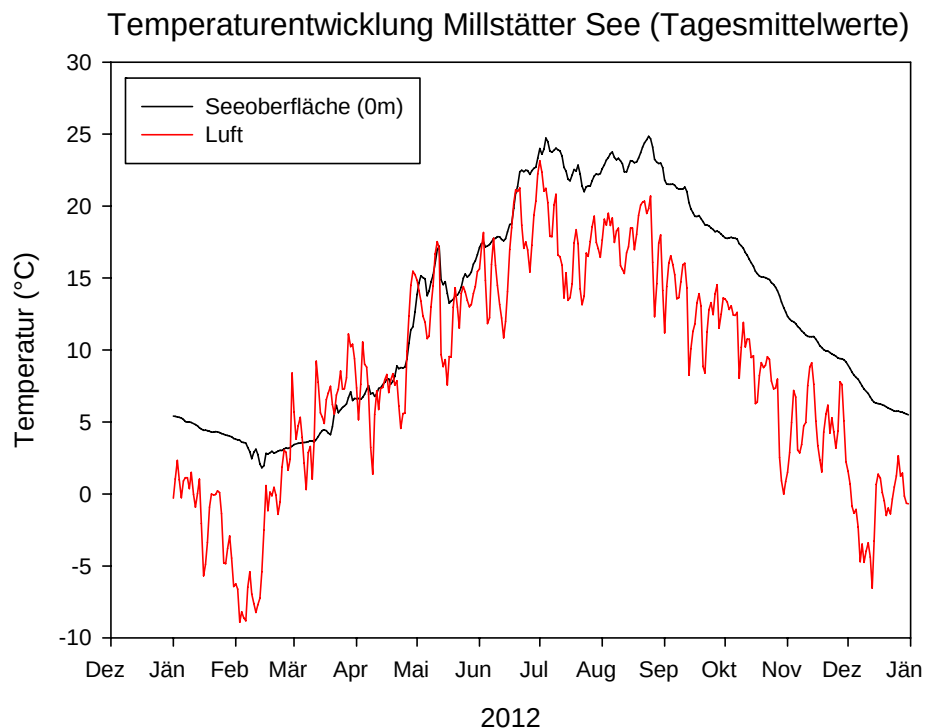


Abbildung 5: Temperaturentwicklung (Tagesmittelwerte) an den verschiedenen Untersuchungsstellen (Seeoberfläche (0m) und Luft)

Der Vergleich der Tagesmittelwerte von Seeoberflächen- und Lufttemperatur zeigte für das ganze Jahr eine deutliche Abhängigkeit der Wasser- von der Lufttemperatur. Markante Erwärmungs- und Abkühlungsphasen waren immer von der Lufttemperatur vorgegeben (Abbildung 5). Die durchwegs geringen Tagesmittelwerte der Luft im Vergleich zur Seeoberfläche ab der Jahresmitte erklären sich vermutlich durch den schattigen Standort der Lufttemperaturaufzeichnung (am Südufer gegenüber Millstatt an der Unterseite einer ÖBF-Aussichtsplattform).

Die Darstellung der Temperaturentwicklung im gesamten Wasserkörper zeigte wie schon 2011, dass während einer langen Zeitspanne (Juni bis Mitte Oktober) ein sehr warmes Epilimnion (20°C bis in 6-7 m) abgegrenzt von einer Sprungschicht mit starkem Gradienten auf einem ausgedehnten Hypolimnion (Tiefenwasser) mit einer konstanten Temperatur von etwa 4-6°C lag (Abbildung 6). Im Unterschied zu 2011 reichte die starke winterliche Abkühlung bis in eine Tiefe von etwa 60 m (2011: 40 m).

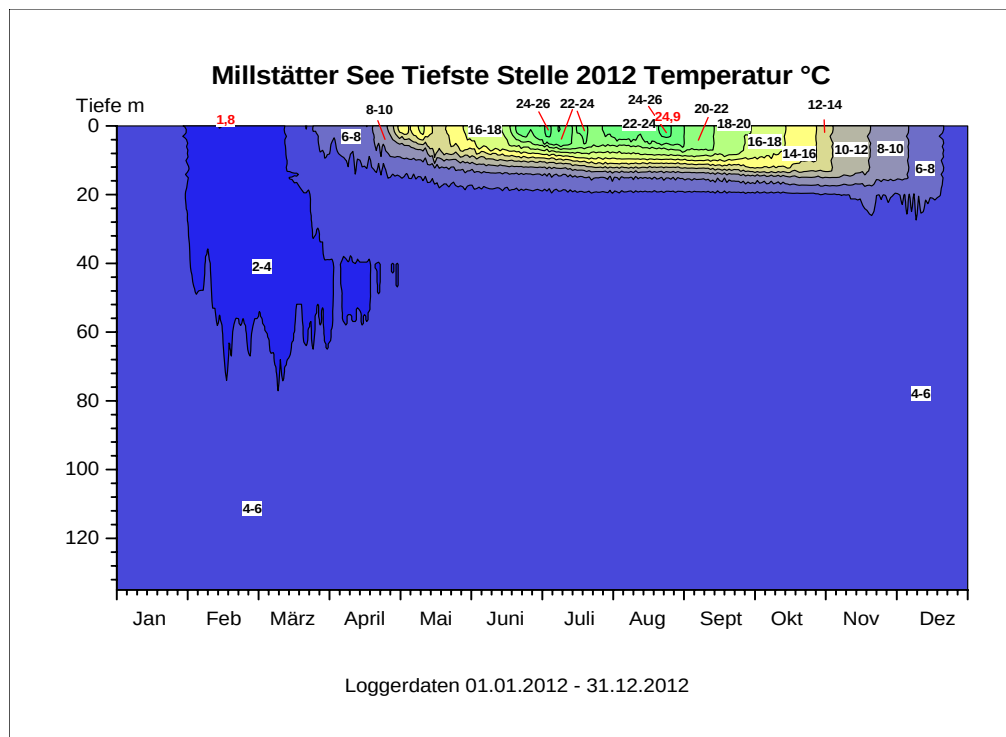


Abbildung 6: Temperaturentwicklung im Millstätter See im Untersuchungszeitraum 2012

Der Vergleich der mittleren Temperaturen des Epilimnions (Oberflächenwasser) von 2010 bis 2012 ergab sowohl Parallelen als auch Unterschiede zwischen den Jahren. Im Vorjahr zeigte sich eine etwas verzögerte Erwärmung als Auswirkung des kalten Februars. Der Sommer war im Epilimnion in allen 3 Jahren geprägt von einer ersten Erwärmung im Juli, einer darauffolgenden Abkühlung und einem neuerlichen Temperaturmaximum im August (Abbildung 7). Prinzipiell scheint es nach den ersten 3 Jahren, dass die mittlere Temperatur des Oberflächenwassers über das Jahr in einem relativ engen Korridor verläuft. Die Analyse des Tiefenwasserbereiches (Hypolimnion) zeigte,

dass dieser große Wasserkörper gut gepuffert ist und es nahezu keine Unterschiede zwischen den Jahren gab (Abbildung 7).

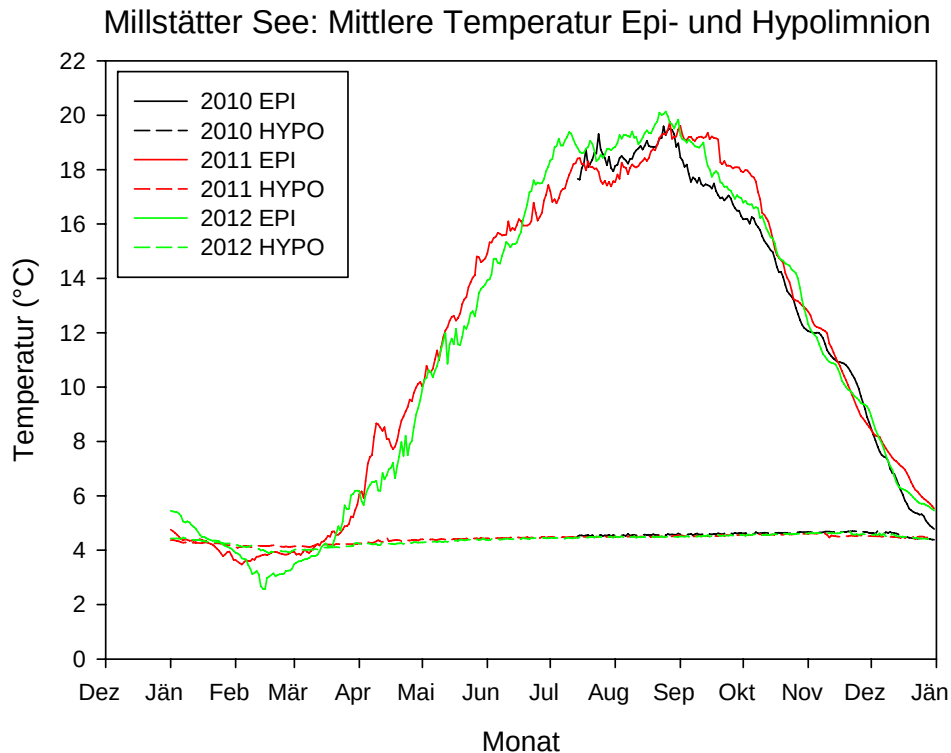


Abbildung 7: Vergleich der mittleren Temperaturen im Oberflächenwasser (Epilimnion) und im Tiefenwasser (Hypolimnion) von 2010 bis 2012

3.2 Zooplankton

Das Zooplankton umfasst vereinfacht formuliert alle kleinen tierischen Organismen, die sich schwebend oder schwimmend in der Freiwasserzone eines Gewässers aufhalten. Obwohl auch Einzeller (Wimpertierchen) zum Zooplankton zählen, behandeln Untersuchungen üblicherweise Rädertiere (Rotifera) und Kleinkrebse (Crustacea). Das Zooplankton nimmt im Ökosystem See die sehr wichtige Position am Übergang von der pflanzlichen zu den tierischen Ebenen der Nahrungskette ein. Es ernährt sich einerseits von Algen und kontrolliert somit deren Dichten, und andererseits dient es selbst als Nahrungsquelle für die Fische. Die Artenzusammensetzung, Anzahl und Biomasse des Zooplanktons gibt daher vielfältige Auskunft über den ökologischen Zustand eines Gewässers.

Tabelle 1: Liste der im Millstätter See 2012 nachgewiesenen Zooplanktontaxa und deren Dichten an den 4 Untersuchungsterminen (Ind/l)

Zooplankton Artenliste Millstättersee 2012				
Taxon (Ind/l)	26.04.2012	12.07.2012	22.08.2012	21.11.2012
ROTIFERA (Rädertiere)				
<i>Anuraeopsis miracleae</i>				0,006
<i>Ascomorpha ecaudis</i>	0,126	8,728	0,286	
<i>Ascomorpha ovalis</i>		2,666	1,252	0,021
<i>Asplanchna priodonta</i>	0,578	0,080	0,061	0,022
<i>Cephalodella edax</i>	0,088		0,086	
<i>Collotheca libera</i>		0,042	0,494	0,090
<i>Collotheca tubiformis</i>	0,096	0,417	0,068	0,025
<i>Collotheca sp. (pelagica/mutabilis)</i>			0,559	
<i>Conochilus unicornis</i>		0,054		
<i>Filinia terminalis</i>	5,213	4,205	1,328	0,031
<i>Gastropus stylifer</i>	0,047	4,458	3,062	0,059
<i>Kellicottia longispina</i>	2,005	2,927	1,495	0,753
<i>Keratella cochlearis</i>	14,061	13,513	8,247	5,054
<i>Keratella hiemalis</i>	7,838	0,362	0,344	2,518
<i>Keratella quadrata</i>	1,435	4,415	2,302	0,623
<i>Polyarthra dolichoptera</i>	0,265			
<i>Polyarthra sp. (cf. major)</i>	1,414	4,882	0,371	1,107
<i>Polyarthra remata</i>	0,172	2,596	0,336	0,990
<i>Polyarthra luminosa</i>		3,687	0,909	2,682
<i>Polyarthra kl.sp.</i>	1,956			
<i>Pompholyx sulcata</i>	0,030	0,869	0,826	0,388
<i>Synchaeta pectinata</i>	3,726	0,263	0,028	
<i>Synchaeta cf. tremula</i>	3,567			2,844
<i>Synchaeta verrucosa</i>	0,703	4,471	1,849	0,546
<i>Trichocerca rousseleti</i>	0,018	0,031	1,630	0,197
<i>Trichocerca similis</i>			0,045	
CLADOCERA (Wasserflöhe)				
<i>Bosmina longicornis</i>	0,616	1,631	0,932	0,006
<i>Bythotrephes longimanus</i>			0,001	
<i>Daphnia cucullata</i>		0,264	0,526	0,015
<i>Daphnia galeata</i>	0,066	0,009	0,284	
<i>Daphnia hyalina</i>	0,034	0,280	0,507	0,041
<i>Daphnia spp. neonat</i>	0,210	0,022	0,327	0,000
<i>Diaphanosoma brachyurum</i>		0,999	0,375	
<i>Leptodora kindti</i>		0,008	0,005	
COPEPODA (Ruderfußkrebse)				
Calanoida				
<i>Eudiaptomus gracilis</i>	0,084	0,435	0,210	0,415
<i>Eudiaptomus Nauplien</i>	0,493	0,849	0,583	0,310
<i>Eudiaptomus Copepodide</i>	0,490	0,719	0,510	0,163
Cyclopoida				
<i>Cyclops abyssorum</i>	0,043	0,130	0,104	0,182
<i>Cyclops bohater</i>		0,007		0,002
<i>Mesocyclops leuckarti</i>	0,222	0,634	0,361	0,029
Cyclopidae - Nauplien	0,150	0,725	1,464	0,702
Cyclopidae - Copepodide	0,177	3,129	1,179	1,957

Im Millstätter See konnten 2012 in den quantitativen Proben insgesamt 36 Zooplanktonarten (24 Rotiferen (Rädertiere), 8 Cladocera (Wasserflöhe), 4 Copepoda (Ruderfußkrebse)) nachgewiesen werden (Tabelle 1). Das Arteninventar des Millstätter Sees entspricht im Untersuchungszeitraum einer typisch oligo-mesotrophen Vergesellschaftung.

Abundanz (Individuendichten)

Die höchsten Individuendichten des Zooplanktons wurden 2012 am 12. Juli gefunden (Abbildung 8). Vor allem die Rädertiere zeigten an diesem Termin hohe Dichten (58 Ind/l) und innerhalb dieser Tiergruppe wiederum wiesen die Arten *Keratella cochlearis* mit 13,5 Ind/l und *Ascomorpha ecaudis* mit 8,7 Ind/l die höchsten Abundanzen auf. Die Krebstiere zeigten ebenfalls im Juli die größten Dichten (Abbildung 9). Hier waren es vor allem die Ruderfußkrebse, welche zahlreich (ca. 6,6 Ind/l) zu finden waren. Die Cladocera waren 2012 im Juli und im August mit einer Dichte von etwa 3 Ind/l nachzuweisen. Im Vergleich zu 2011 zeigten sich 2012 an den korrespondierenden Untersuchungsterminen deutlich geringere Dichten. Es muss beim Zooplankton immer darauf hingewiesen werden, dass bei nur 4 Untersuchungsterminen die tatsächlichen Maxima und Minima möglicherweise nicht erfasst werden.

Biomasse

Die Gesamtbiomasse des Zooplanktons wies in der Probe vom 12. Juli mit 52,3 g/m² den höchsten und am 26. April mit 20,5 g/m² den niedrigsten Wert auf. Die unterschiedlichen Gruppen (Rädertiere, Wasserflöhe und Ruderfußkrebse) zeigten naturgemäß unterschiedliche Anteile an der Gesamtbiomasse zu den jeweiligen Terminen (Abbildung 10). Die Rädertiere spielen aufgrund ihrer geringen Körpergröße im Vergleich zu den Krebstieren immer nur eine untergeordnete Rolle in der Biomasse. Im Vergleich zu den korrespondierenden Terminen des Vorjahres lagen die Sommertermine durchaus in vergleichbaren Größenordnungen. Die Gesamtbiomasse des Herbsttermins lag 2012 deutlich unter jenem des Vorjahres. Für die Frühjahrsprobe gibt es noch keinen Vergleichswert aus 2011. Auch wenn anzunehmen ist, dass die tatsächlichen jährlichen Abundanzmaxima und –minima aufgrund der geringen Probennahmefrequenz möglicherweise nicht erfasst werden können, wird sich über die Jahre dennoch ein Bild bezüglich Schwankungsbreite und ein relativer Vergleich der Biomassen ergeben.

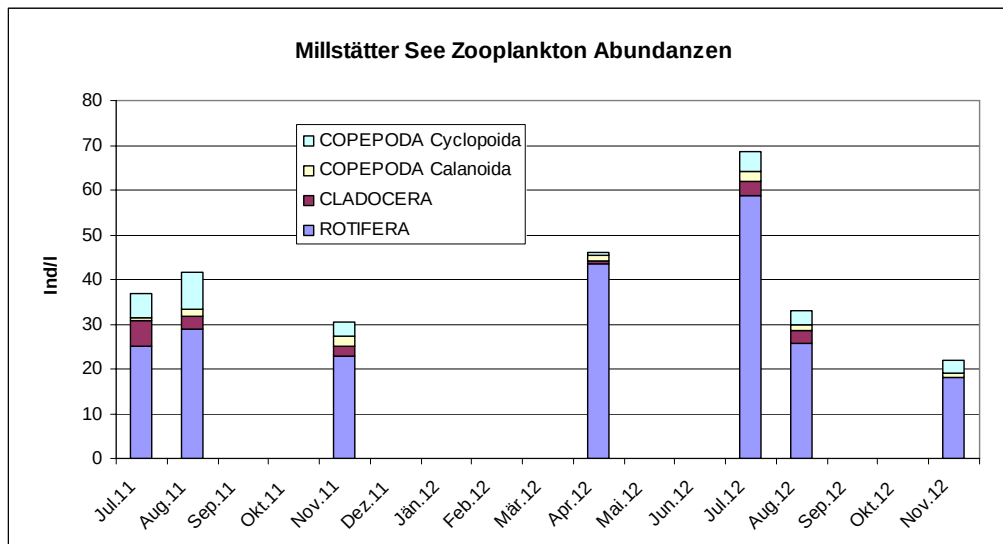


Abbildung 8: Individuendichten (Abundanzen) der Zooplanktongroßgruppen

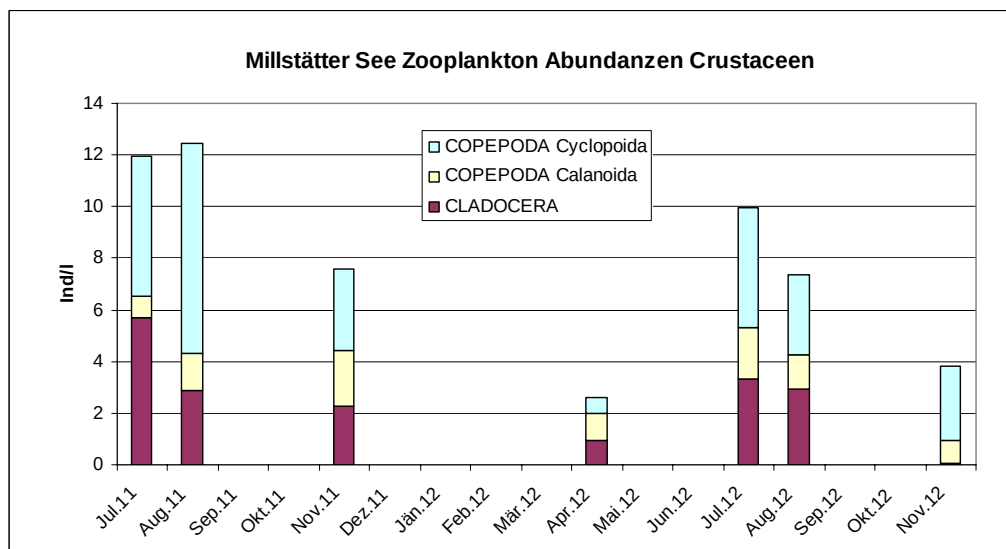


Abbildung 9: Individuendichten (Abundanzen) des Krebsierplanktons

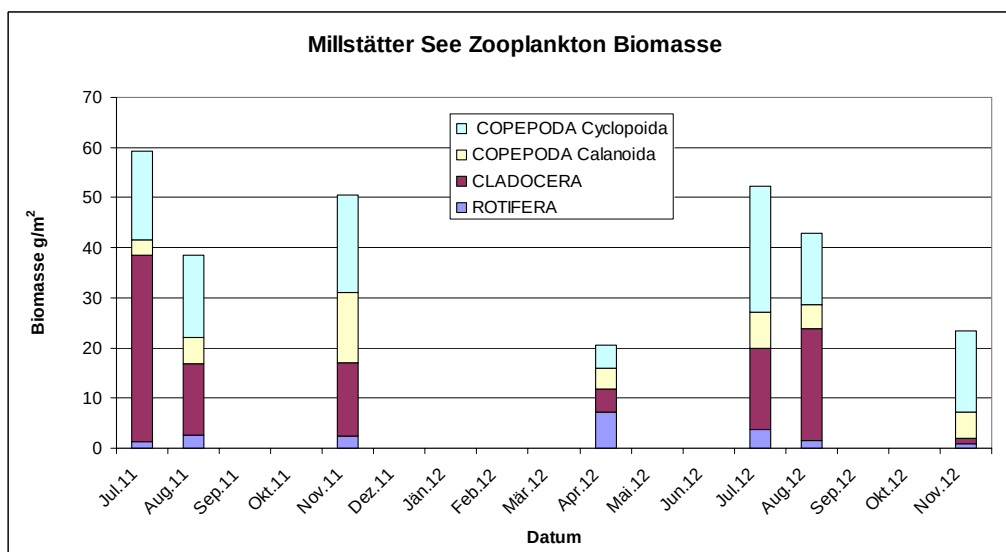


Abbildung 10: Biomasse (Gesamtgewicht) der Zooplanktongroßgruppen

Hinsichtlich der Tiefenverteilung der Biomasse waren die einzelnen Termine je nach dominieren- der Großgruppe sehr unterschiedlich (Abbildung 11). Die größten Anteile wurden immer im Epilimnion (0-12 m) gefunden. In der Schicht von 12-30m waren meist auch noch maßgebliche Biomassen vorhanden, während diese darunter immer geringer wurden. Viele Zooplankton-Organismen führen tägliche Vertikalwanderungen in der Wassersäule durch, sodass es auch auf Tageszeit und Wetterverhältnisse ankommt, in welcher Tiefe sie bei der Probenahme nachgewiesen werden. Generell ist das Zooplankton aufgrund der kürzeren Generationszeiten natürlich weitaus dynamischer als etwa die Fischgemeinschaft, aber im Zuge der Langzeitstudie werden sich vielleicht auch in dieser Ebene der Nahrungskette Muster erkennen lassen beziehungsweise wird man sehen, ob es beim Zooplankton einen für den See typischen Schwankungsbereich gibt.

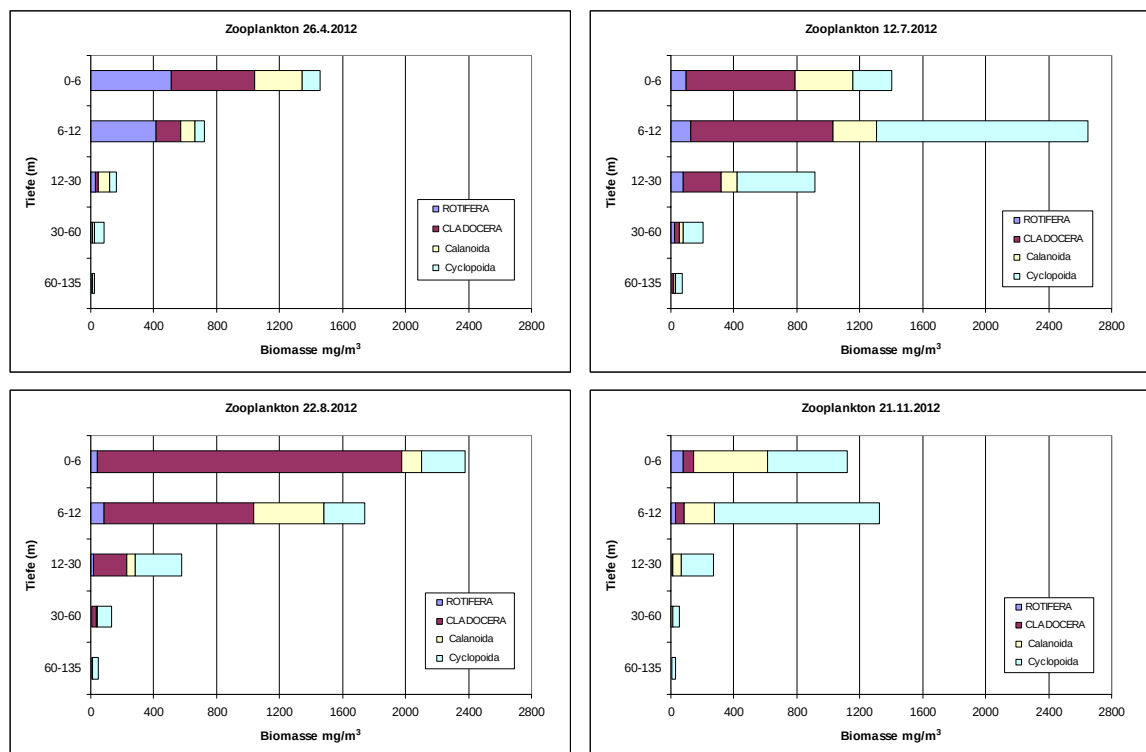


Abbildung 11: Verteilung der Zooplanktonbiomasse nach Großgruppen und Tiefenstufen

3.3 Fischbestandserhebung (Echolot)

Die Auswertungen der 3 hydroakustischen Aufnahmen ergaben für den Millstätter See im Jahr 2012 eine mittlere Fischbiomasse von 229,3 kg/ha ($\pm 36,65$ Standardabweichung; $n = 3$). Damit verzeichnet der Millstätter See seit 2007 eine massive Zunahme der Fischbiomasse von 85 kg/ha im Jahr 2007 auf über 200 kg/ha im Jahr 2012 (Abbildung 12). Von allen bisher an österreichischen Seen vom BAW-IGF durchgeführten Fischbiomasseerhebungen ($n = 51$) gab es nur vereinzelt Fischbiomassen über 200 kg/ha.

Die einzelnen Aufnahmen des Jahres 2012 erbrachten Fischbiomassen von 197 kg/ha im Oktober, 269 kg/ha im November und 222 kg/ha im Dezember. Die Schwankungsbreite zwischen den drei Terminen war mit 72 kg/ha, in Anbetracht der hohen Fischbiomassen, relativ gering. Zwischen den einzelnen Transekten zeigte sich jedoch eine sehr hohe Variabilität in der Fischbiomasse einzelner Abschnitte (Abbildung 14). Das Minimum der erhobenen Fischbiomasse lag bei 12 kg/ha im Dezember am Transekt 1 und das Maximum bei 654 kg/ha ebenfalls im Dezember am Transekt 11. Eine Fischbiomasse von über 600 kg/ha (Abbildung 13) an einem einzelnen Transekt ist an österreichischen Seen bisher nur äußerst selten beobachtet worden. Die Schwankungsbreite zwischen den Transekten am Millstätter See lag im Oktober bei 460 kg/ha im November bei 527 kg/ha und im Dezember bei 642 kg/ha.

Die Verteilung der Biomassen an den einzelnen Seebereichen und an den einzelnen Aufnahme-terminen zeigte bei allen bisherigen Aufnahmen (2007, 2010, 2011 und 2012) und dabei auch an den jeweiligen Terminen ein sehr ähnliches Bild. Jeweils geringe Fischbiomassen fanden sich im Bereich Seeboden bis Pesenthein (Transekte 1 bis 8) während hohe Fischbiomassen immer im Bereich Dellach bis Döbriach (Transekte 9 bis 14) nachgewiesen wurden. Im Jahr 2012 lag der durchschnittliche Biomasseunterschied zwischen diesen beiden Bereichen bei 291 kg/ha (Abbildung 14).

Die mittlere Abundanz (Fische >2cm Totallänge) lag mit 525 Fischen/ha (± 12 Standardabweichung; $n = 3$) im Bereich jener der Vorjahre (2011: 567; 2010: 488). Dies bedeutet, dass die Anzahl der Fische seit 2010 im See zwar relativ konstant blieb, aber durch den Zuwachs (Gewicht/Fisch) sich die Biomasse stark erhöhte. So wie die Biomassen zeigten auch die Abundanzen erhebliche Schwankungen (min. 58 Fische/ha und max. 1450 Fische/ha) an den verschiedenen Transekten.

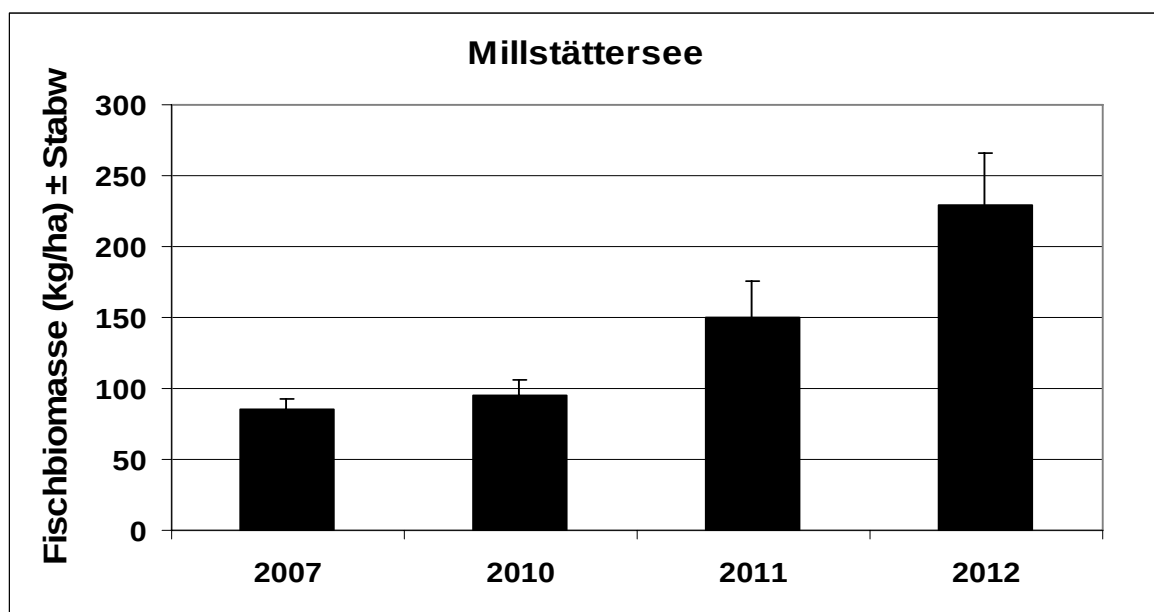


Abbildung 12: Mittlere Fischbiomassen verschiedener Jahre

Die Längenfrequenzverteilung (Abbildung 15 und Abbildung 16) zeigte bis zu einer Länge von 80 cm durchgehend in allen Längeklassen Fische an. Die höchsten Abundanzen erreichten die kleinen Fische (2 bis 6 cm), dann gingen die Abundanzen kontinuierlich mit der Fischgröße zurück. Auffällig bei den Längenfrequenzverteilungen 2010 bis 2012 (Abbildung 16) war der Anstieg der Abundanzen im Längenbereich von 30 cm bis 40 cm Totallänge. Für die gesamte Fischbiomasse im See hatten die mittleren Größen zwischen 30 cm und 55 cm Totallänge die größte Bedeutung. Diese Fischgrößen haben in der Regel schon ein relativ hohes Stückgewicht und noch verhältnismäßig hohe Abundanzen, wodurch sich hohe Fischbiomassen ergeben. Bei den kleineren Fischen ist zwar meistens die Abundanz hoch, aber das Stückgewicht sehr gering und bei den sehr großen Fischen sind die Stückgewichte hoch, aber die Abundanzen sehr gering. Fische >60 cm Totallänge wurden aktuell nur vereinzelt detektiert. Bedingt durch das Gewicht der großen Einzelfische waren bei der Längen-Gewichtsverteilung (Abbildung 17) vereinzelt Fische mit Längen >100 cm zu finden, wobei so wie im letzten Jahr auch 2012 die maximalen Fischlängen, die detektiert werden konnten, bei etwa 116 cm lagen. Die neuerliche Zunahme der Gesamtfischbiomasse im Millstätter See von 2011 auf 2012 basiert augenscheinlich auf den mittleren Fischgrößen. Im Größenbereich von 30 cm bis 55 cm wurden aktuell deutlich mehr Fische nachgewiesen. Hier handelt es sich offensichtlich um einen starken Jahrgang, der mit hohen Dichten jetzt in einen Größenbereich hineinwächst, wo die Fische schon ein hohes Stückgewicht aufweisen. Dies schlägt sich in der außergewöhnlich hohen Fischbiomasse des Jahres 2012 nieder. Im Vergleich zu anderen bisher untersuchten österreichischen Seen, welche im Durchschnitt auf etwa 70 kg/ha kamen, hat der Millstätter See aktuell mit 229 kg/ha eine außergewöhnlich hohe Fischbiomasse.

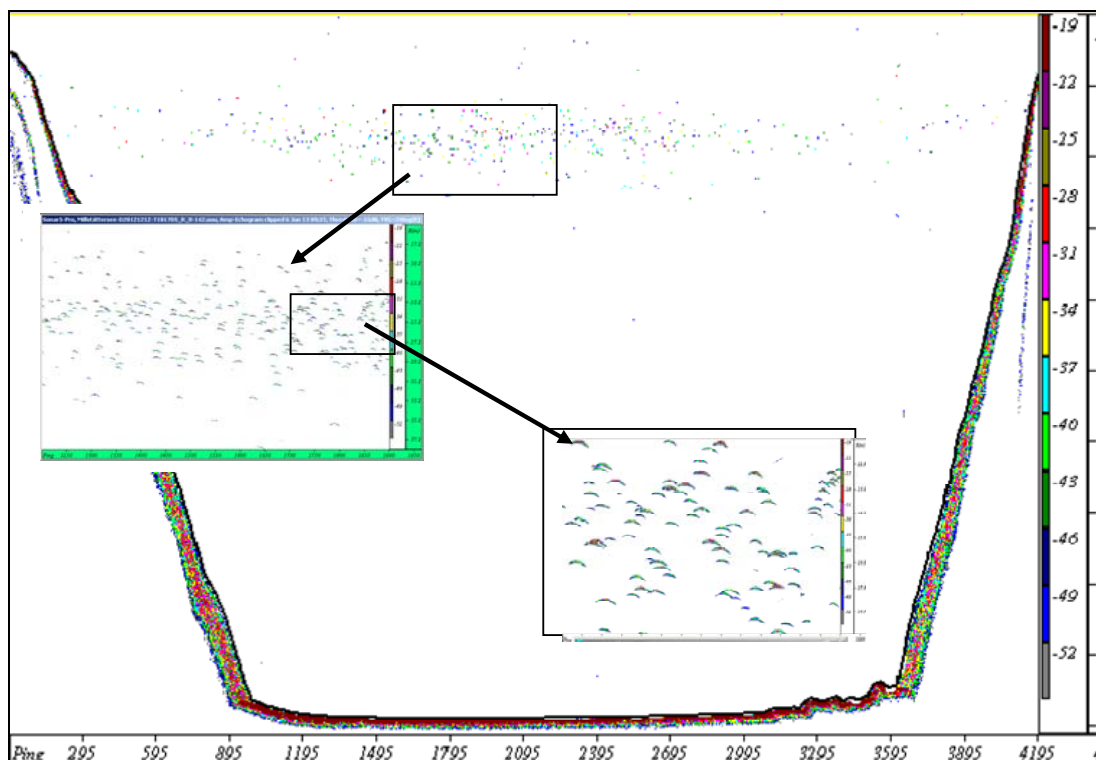


Abbildung 13: Echogramm vom Dezember 2012 am Transekt 11 (von Dellach in die Lagerbucht, Länge 1,85 km). Fast über die gesamte Strecke findet sich durchgängig eine dichte Fischschicht zwischen 17 m und 35 m Wassertiefe.

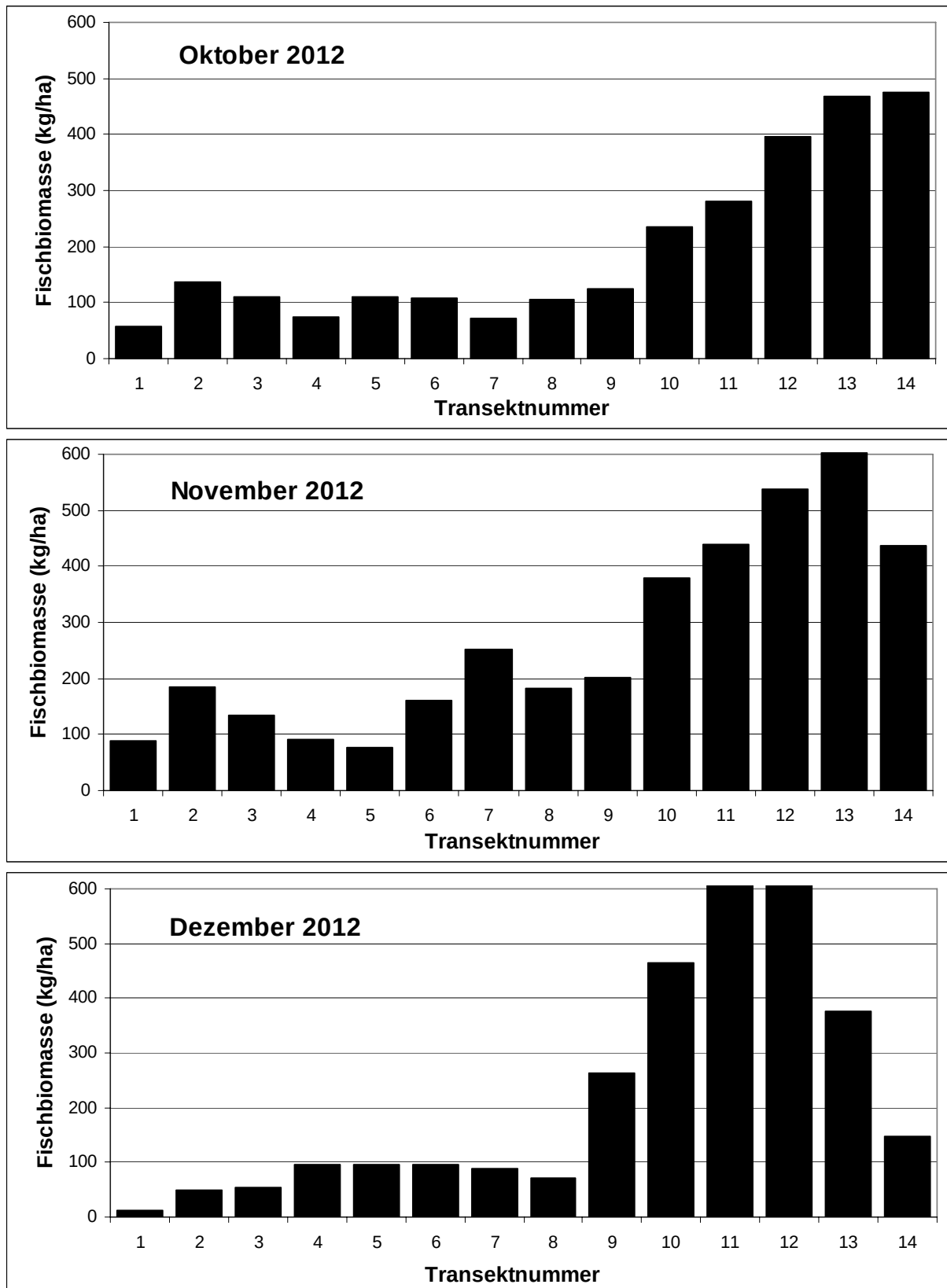


Abbildung 14: Biomasseverteilung an den jeweiligen Transekten und zu den verschiedenen Terminen

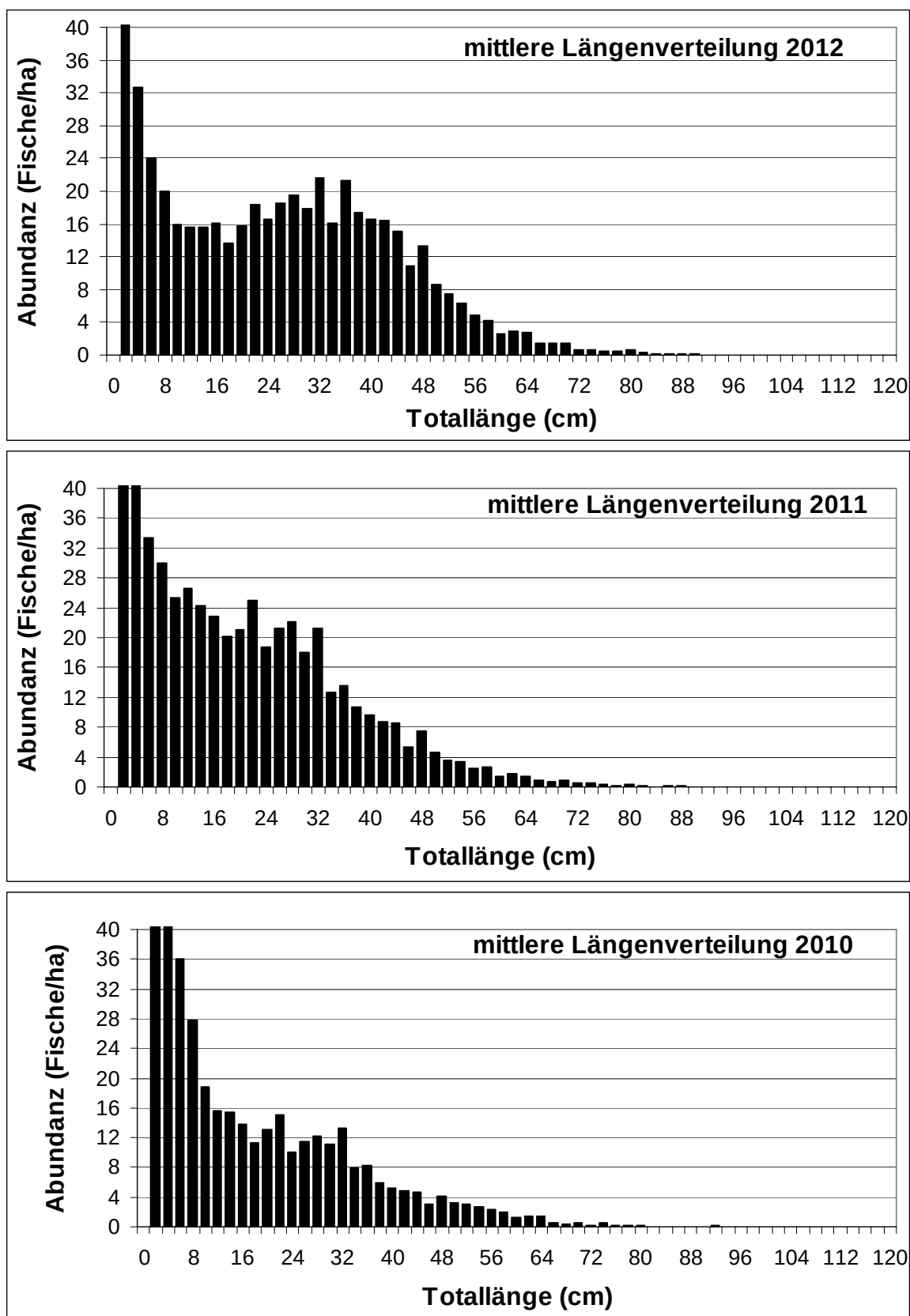


Abbildung 15: Mittlere Längen-Abundanzverteilung 0-120 cm

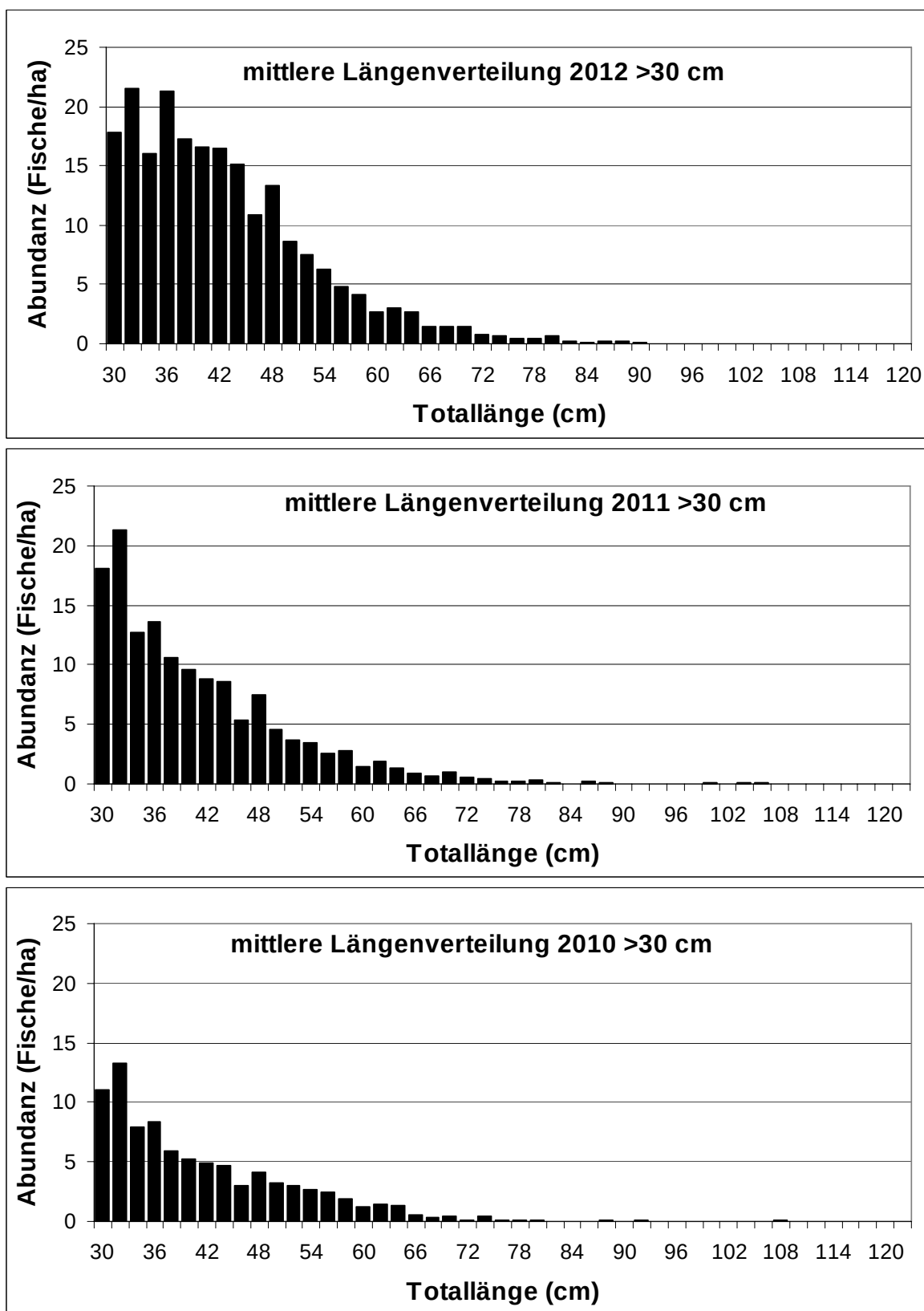


Abbildung 16: Mittlere Längen-Abundanzverteilung > 30 cm Totallänge

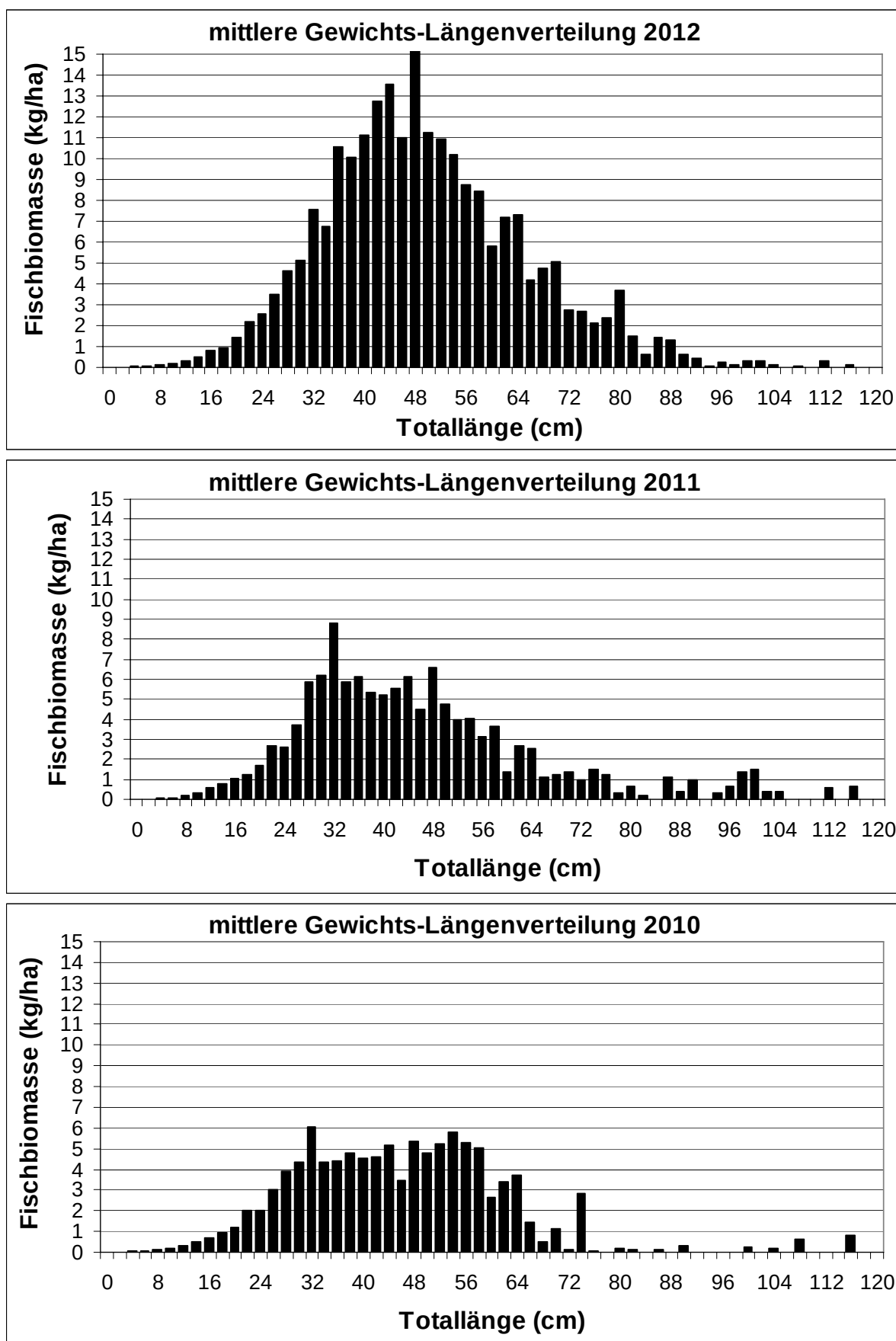


Abbildung 17: Mittlere Längen-Biomasseverteilung 2012 am Hallstätter See

4. ZUSAMMENFASSUNG

Mit den Untersuchungen aus 2012 liegen nun die Ergebnisse des dritten Jahres dieser Langzeitstudie vor und es können interessante Vergleiche angestellt werden, auch wenn diese noch keine Ableitungen hinsichtlich eines Trends zu lassen. Die Temperaturentwicklung im gesamten Wasserkörper zeigte wie schon 2011, dass während einer langen Zeitspanne (Juni bis Mitte Oktober) ein sehr warmes Oberflächenwasser (20°C bis in 6-7 m) abgegrenzt von einer Sprungschicht mit starkem Gradienten auf einem ausgedehnten Tiefenwasser mit einer konstanten Temperatur von etwa 4-6°C liegt. Der Vergleich der mittleren Temperaturen des Epilimnions (Oberflächenwasser) von 2010 bis 2012 ergab sowohl Parallelen als auch Unterschiede zwischen den Jahren. Im Jahr 2012 zeigte sich eine etwas verzögerte Erwärmung im Frühjahr als Auswirkung des kalten Februars. Prinzipiell scheint es nach den ersten 3 Jahren, dass die mittlere Temperatur des Oberflächenwassers über das Jahr in einem relativ engen Korridor verläuft. Die Analyse des Tiefenwasserbereiches (Hypolimnion) zeigte, dass dieser große Wasserkörper gut gepuffert ist und es nahezu keine Unterschiede zwischen den Jahren gab.

Die Untersuchungen des Zooplanktons ergaben eine in ihrer Zusammensetzung für oligomesotrophe Seen typische Vergesellschaftung. Im Jahr 2012 war das Zooplanktonfrischgewicht an den korrespondierenden Terminen jeweils geringer als 2011. Bei nur 4 Untersuchungsterminen pro Jahr muss allerdings davon ausgegangen werden, dass die tatsächlichen Maxima und Minima einer Saison möglicherweise nicht erfasst werden. Generell lag der Schwankungsbereich der Zooplanktongesamtbiomasse im erwarteten Bereich für diesen Seentyp.

Mit Hilfe der wissenschaftlichen Echographie können Fischbestände in Seen fundiert hinsichtlich Abundanz (Anzahl/ha) und Biomasse (kg/ha) abgeschätzt werden. Die Untersuchungen 2012 ergaben für den Millstätter See mit durchschnittlich 229 kg/ha eine neuerliche Zunahme der Fischbiomasse. Die Verteilung der Biomassen in den einzelnen Seebereichen zeigte bei allen bisherigen Aufnahmen ein sehr ähnliches Bild. Jeweils geringe Fischbiomassen fanden sich im Bereich Seeboden bis Pesenthein (Transekte 1 bis 8) während hohe Fischbiomassen immer im Bereich Dellach bis Döbriach (Transekte 9 bis 14) nachgewiesen wurden. Die neuerliche Zunahme der Gesamtfischbiomasse im Millstätter See von 2011 auf 2012 basiert augenscheinlich auf den mittleren Fischgrößen. Im Größenbereich von 30 cm bis 55 cm wurden aktuell deutlich mehr Fische nachgewiesen. Hier handelt es sich offensichtlich um einen starken Jahrgang, der mit hohen Dichten jetzt in einen Größenbereich hineinwächst, wo die Fische schon ein hohes Stückgewicht aufweisen. Im Vergleich zu anderen bisher untersuchten österreichischen Seen, welche im Durchschnitt auf etwa 70 kg/ha kamen, hat der Millstätter See aktuell mit 229 kg/ha eine außergewöhnlich hohe Fischbiomasse. Die jährlichen Echolotuntersuchungen zeigen hier also bereits nach 3 Jahren sehr interessante Ergebnisse zur Entwicklung des Fischbestandes auf. Die Erkenntnisse aus den fortlaufenden Bestandserhebungen könnten für fischereiliche Bewirtschaftungsmaßnahmen und die Ableitung nachhaltig erzielbarer Erträge genutzt werden.

5. LITERATUR

- Balk H. & Lindem T. (2004) Sonar4 and Sonar5-pro Post Processing System. Operator Manual, Vol. 5.9.3. Lindem Data Acquisition, Norway. 326 pp.
- Dokulil, M. (2009): Abschätzung der klimabedingten Temperaturänderungen bis zum Jahr 2050 während der Badesaison. Studie im Auftrag der ÖBF, 53 S.
- Ficker, H., Gassner, H., Achleitner, D. und R. Schabetsberger (2010): Ectogenic Meromixis of Lake Hallstättersee, Austria Induced by Waste Water Intrusions from Salt Mining. *Water Air Soil Pollution* 218, 109-120.
- Flößner, D. (2000): Die Haplopoda und Cladocera (ohne Bosminidae) Mitteleuropas, Backhuys Publ., Leiden, 428 pp.
- Gassner, H., Zick, D., Bruscek, G., Frey, I., Mayrhofer, K. und A. Jagsch (2006): Die Wassergüte ausgewählter Seen des oberösterreichischen und steirischen Salzkammergutes 2001-2005. Schriftenreihe des BAW Band 24, Wien, 139S.
- Gassner H. & J. Wanzenböck (2005): Wissenschaftliche Echographie – Eine Standardmethode für die Untersuchung von Fischbeständen in Seen. *Österreichs Fischerei* 58, 84-91.
- Kiefer, F. (1978): Freilebende Copepoda. *Die Binnengewässer* 26, 2. Teil - Das Zooplankton der Binnengewässer. Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung, Stuttgart, 343 pp.
- Koste, W. (1978): Rotatoria. *Die Rädertiere Mitteleuropas. Überordnung Monogononta.* I. 673 pp., II. 476 pp. Gebrüder Borntraeger Berlin, Stuttgart.
- Lieder, U. (1996): Cladocera, Bosminidae. G. Fischer Verlag. Stuttgart, 80pp.
- Lampert, W. & U. Sommer (1993): *Limnoökologie*, Thieme, Stuttgart, 440 pp.
- ÖNORM M6231 (2001): Richtlinie für die ökologische Untersuchung und Bewertung von stehenden Gewässern. 61 pp.
- Schmidt, R. (Projektleiter) (2000): Auswirkungen der Solvay-Emissionen auf die ökologische Funktionsfähigkeit des Traunsees. Projektstudie im Auftrag des Landes Oberösterreich. Mondsee.
- Schwoerbel, J. (1999): *Einführung in die Limnologie*. 8. Aufl., Fischer, Stuttgart, 465 pp.
- Simrad, (2004): SIMRAD ER 60 Scientific Echo Sounder Application (Version 5.3). Operator Manual, SIMRAD AS, Horten Norway. p. 172.
- Simmonds, E. J. & D. N. Mac Lennan (2005): *Fisheries Acoustics – Theory and Practice*. Blackwell Science Oxford, 2nd Edition, Fish and Aquatic Resources Series 10, 337 p.