

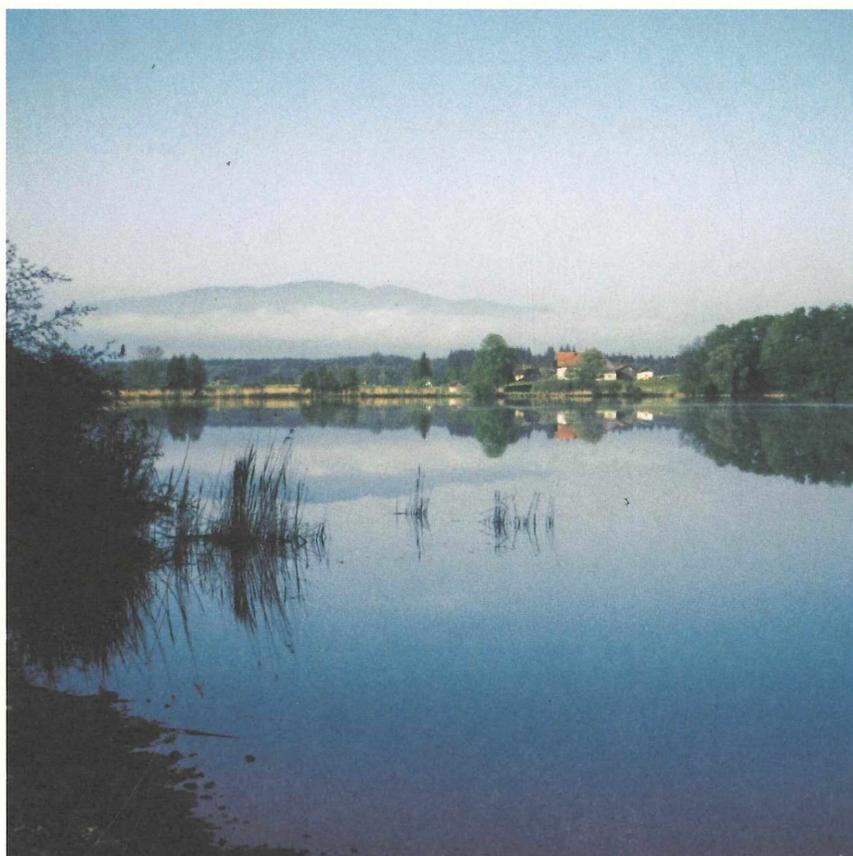


# Laufener Forschungsberichte

---

## Der Abtsee

7



Forschungsergebnisse  
der Jahre 1990-2000  
zum Schutz und  
zur Entwicklung eines  
voralpinen Stillgewässers

Teil 1:  
Forschungsergebnisse  
aus den Jahren 1990-1999  
(Marianne BADURA)

Teil 2:  
Phytoplankton und Trophie –  
Forschungsergebnisse  
aus dem Jahr 2000  
(Georgia BUCHMEIER)



## Der Abtsee

**Forschungsergebnisse der Jahre 1990-2000 zum Schutz und zur  
Entwicklung eines voralpinen Stillgewässers.**

---

Herausgeber:

Bayerische Akademie für Naturschutz und Landschaftspflege (ANL)

D - 83406 Laufen/Salzach, Postfach 1261

Telefon (0049)08682/8963-0,

Telefax(0049)08682/8963-17 (Verwaltung) und (0049)08682/8963-16 (Fachbereiche)

E-Mail: [Poststelle@anl.bayern.de](mailto:Poststelle@anl.bayern.de)

Internet: <http://www.anl.de>

## **Zum Titelbild:**

Blick vom so genannten Saaldorfer Strand über den südlichen Teil des Abtsees zum Teisenberg.

Hinter dem langgestreckten Hügel (= Oser) im Vordergrund mit der Hofsidlung „Fischer“ (= alter Hofname) und dem „Fischerhölzl“ befindet sich das Haarmoos (siehe Laufener Forschungsbericht 2: „Das Haarmoos – Forschungsergebnisse zum Schutz eines Wiesenbrüteregebietes“; 1996). Oser (auch Drumlins genannt) ist der geologische Fachbegriff für die eiszeitlich von Gletschern geformten Höhenrücken, bestehend aus geschichteten Schottern und Sanden; hier in SO-NW-Erstreckung.

## **Laufener Forschungsbericht 7**

Bayerische Akademie für Naturschutz und Landschaftspflege (ANL)

ISSN 0946 - 5006

ISBN 3-931175-63-4

Zitiervorschlag: BADURA, Marianne und BUCHMEIER, Georgia  
Der Abtsee – Forschungsergebnisse der Jahre 1990-2000. –  
Laufener Forschungsbericht 7

---

Die Bayerische Akademie für Naturschutz und Landschaftspflege ist eine dem Geschäftsbereich des Bayerischen Staatsministeriums für Landesentwicklung und Umweltfragen angehörende Einrichtung.

---

Auftraggeber: Bayerische Akademie für Naturschutz und Landschaftspflege (ANL)

Bearbeitung: Marianne Badura und Georgia Buchmeier

Schriftleitung

und Redaktion: Dr. Notker Mallach in Zusammenarbeit mit Peter Sturm

Für die Einzelbeiträge zeichnen die jeweiligen Referenten verantwortlich.

Die Herstellung von Vervielfältigungen – auch auszugsweise – aus den Veröffentlichungen der Bayerischen Akademie für Naturschutz und Landschaftspflege sowie deren Benutzung zur Herstellung anderer Veröffentlichungen bedürfen der schriftlichen Genehmigung.

Satz: Fa. Hans Bleicher, Laufen

Herstellung der Farblithos: Fa. Hans Bleicher, Laufen

Druck und Bindung: Fa. E. Grauer, Laufen (Moosham)

Druck auf Recyclingpapier (100% Altpapier)

# Teil 2: Phytoplankton und Trophie des Abtsees

Georgia BUCHMEIER

## Inhaltsverzeichnis (Teil 2)

<b>1. Einleitung</b>	<b>100</b>	4.1.3 Nitratstickstoff	103
<b>2. Untersuchttes Gewässer</b>	<b>100</b>	4.1.4 Gesamtphosphor	103
<b>3. Material und Methoden</b>	<b>101</b>	4.2 Phytoplankton	104
3.1 Probenahme	101	4.2.1 Sichttiefe, Biomasse und Nanoplankton	104
3.2 Wasseranalytik	101	4.2.2 Artenspektrum und Succession	105
3.3 Phytoplankton	101	4.2.3 Absolute und relative Biomassen der Großgruppen	106
<b>4. Ergebnisse</b>	<b>102</b>	4.3 Trophische Bewertung	108
4.1 Chemisch-physikalische Parameter	102	<b>5. Diskussion</b>	<b>109</b>
4.1.1 Temperatur	102	<b>6. Schlußfolgerungen</b>	<b>110</b>
4.1.2 Sauerstoff	102	<b>7. Literatur</b>	<b>110</b>



Abbildung 1

Luftbild des Abtsees vom 26.10.85. Freigegeben unter Nr. G7-89577 durch die Reg. von Oberbayern

## 1. Einleitung

Ziel der vorliegenden Arbeit war es, den trophischen Zustand des Abtsees zu beschreiben, zu diskutieren und mit früheren trophischen Situationen, insbesondere der als Leitbild definierten Situation vor 1980 (BADURA 2000), zu vergleichen.

Der Abtsee und seine Zuflüsse werden von der ANL seit 1990 einmal monatlich im Hinblick auf chemische und physikalische Wasserparameter untersucht. 1991 ergab die Berechnung des Jahresmittels einen Gesamtphosphorgehalt von 111 µg/l, was anhand der in Bayern gültigen Grenzwerte (Bayer. Staatsministerium für Landesentwicklung und Umweltfragen 1996) zur Einstufung polytroph führt. In den Jahren 1997 bis 1999 lagen die Gesamtphosphorgehalte im Jahresmittel wieder im eutrophen Bereich (52, 31 bzw. 34 µg/l) (cf. BADURA 2000). Auch anhand der Ergebnisse des Wasserwirtschaftsamtes Traunstein war der See bisher aufgrund seiner Nährstoffverhältnisse als eutrophes Gewässer zu bewerten (BADURA 2000). Aus der von der ANL durchgeführten Diatomeenstratigrafie geht hervor, daß der See bis zu Beginn der 80er Jahre als meso-/schwach eutroph, nach 1986 als eu-/hocheutroph einzustufen war (KÖPF 1999).

Negative anthropogene Beeinflussung in Form der Eutrophierung von Seen ist in dicht besiedelten Gebieten weit verbreitet und auch für die Veränderungen im Abtsee am Anfang der 80er Jahre anzunehmen. Da in vielen Seen des Alpenvorlandes massive Eutrophierungsschübe ab den 50er Jahren erfolgten, sind auch schon zu dieser Zeit erhöhte Nährstoffeinträge in den Abtsee wahrscheinlich. Weil die Landwirtschaft als Mitverursacher für den eutrophen Zustand des Sees erachtet wurde, können heute Landwirte im Einzugsgebiet gefördert werden, sofern sie ihre Flächen extensiv bewirtschaften. Die Trophie wird aber nicht nur von der Menge der anthropogen oder natürlich zugeführten Nährstoffe, sondern auch von der Gewässermorphometrie, den klimatischen Bedingungen und seeinternen Prozessen beeinflusst. Diese können, wie auch die trophische Ausgangssituation, je nach Gewässer sehr verschieden sein. Wie stark sich eine Verringerung des Nährstoffeintrags im jeweiligen See auswirkt, kann daher nur im Einzelfall abgeschätzt werden. Seit 1990 sind die Gesamtphosphorkonzentrationen in den Zuflüssen tendenziell rückläufig (cf. BADURA 2000). Eine Verringerung des Nährstoffeintrages in den See läßt sich aufgrund der zu geringen Probenzahl und dem Fehlen zugehöriger Abflußmessungen damit aber nicht nachweisen. Eine dauerhafte Verringerung des Gesamtphosphorgehaltes während der Frühjahrszirkulation, welche als Anzeichen für eine beginnende Reoligotrophierung gedeutet werden könnte, wurde bisher noch nicht belegt (cf. BADURA 2000).

Die Abschätzung der Trophie, der Intensität der Primärproduktion im Gewässer, erfolgt meistens über die Gesamtphosphorkonzentration, die Sichttiefe und den Chlorophyll-a-Gehalt im See. Keiner dieser Parameter liefert aber eine absolut sichere Trophie-

bestimmung (VOLLENWEIDER 1979). ROTT (1987) gibt bei der Seenüberwachung der Phytoplanktonzählung – unter Verzicht auf Chlorophyllanalysen – den Vorzug. Aus diesem Grund wurde zusätzlich zu den chemisch-physikalischen Analysen in den Jahren 1999/2000 erstmalig das Algenplankton als Gradmesser für die Primärproduktion berücksichtigt. Phytoplanktonbiomasse, der Anteil des Nanoplanktons und die Planktonzusammensetzung im Jahresverlauf wurden für die Trophiebewertung herangezogen. Die Zusammensetzung und Menge des Phytoplanktons ist jedoch nicht nur von der Trophie des Gewässers abhängig, sondern wird durch Zooplankton und Fische beeinflusst. Abweichungen der nach der Nährstoffsituation erwarteten Phytoplanktonbiomasse sind daher möglich. Trotz dieser Wechselwirkungen zeigen hinsichtlich Morphometrie und Trophiegrad vergleichbare Seen gemäßigter Breiten ähnliche jahreszeitliche Zyklen der Phytoplanktonentwicklung (REYNOLDS 1982, 1988, ROTT 1984, SOMMER et al. 1986). Das Ausmaß der Kopplung zwischen den einzelnen Gliedern der Nahrungskette als Trophieindikator (BÜRGI 1992) läßt sich zumindest teilweise aus dem Jahresverlauf und der Größenzusammensetzung des Phytoplanktons abschätzen. Der Anteil des Nanoplanktons ist mit der Trophie korreliert (WATSON & KALFF 1981).

## 2. Untersuchtes Gewässer

Der Abtsee (Abb. 1), auch Abtsdorfer See genannt, liegt im bayerischen Alpenvorland (Landkreis Berchtesgadener Land, Deutschland). Sein Becken ist glazialen Ursprungs. Zuflüsse kommen aus Süden (Badhäuslgraben, Roßgraben) und Westen (Weidmoosgraben oder Gaberlbach). Der Abfluß (Schinderbach) befindet sich im Norden (Abb. 2). Im Einzugsgebiet überwiegen Moorböden. Es wird zu ca. 65% landwirtschaftlich genutzt. Das Seewasser ist braun gefärbt. Der Abtsee ist ein Hydrogen-Carbonat-Gewässer. MELZER & SIRCH (1987) geben für das sommerliche Epilimnion eine Härte von 10°dH an. Nach HÖLL (1986) ergibt dies die Einstufung mittelhart. Von Anfang Januar bis Anfang Februar ist der See gewöhnlich eisbedeckt. Sommerliche Freizeitnutzung durch Badegäste besteht hauptsächlich im Norden und Osten (Freizeitgelände und Schwimmbad). Weitere allgemeine Kenndaten sind in Tabelle 1 zusammengefaßt.

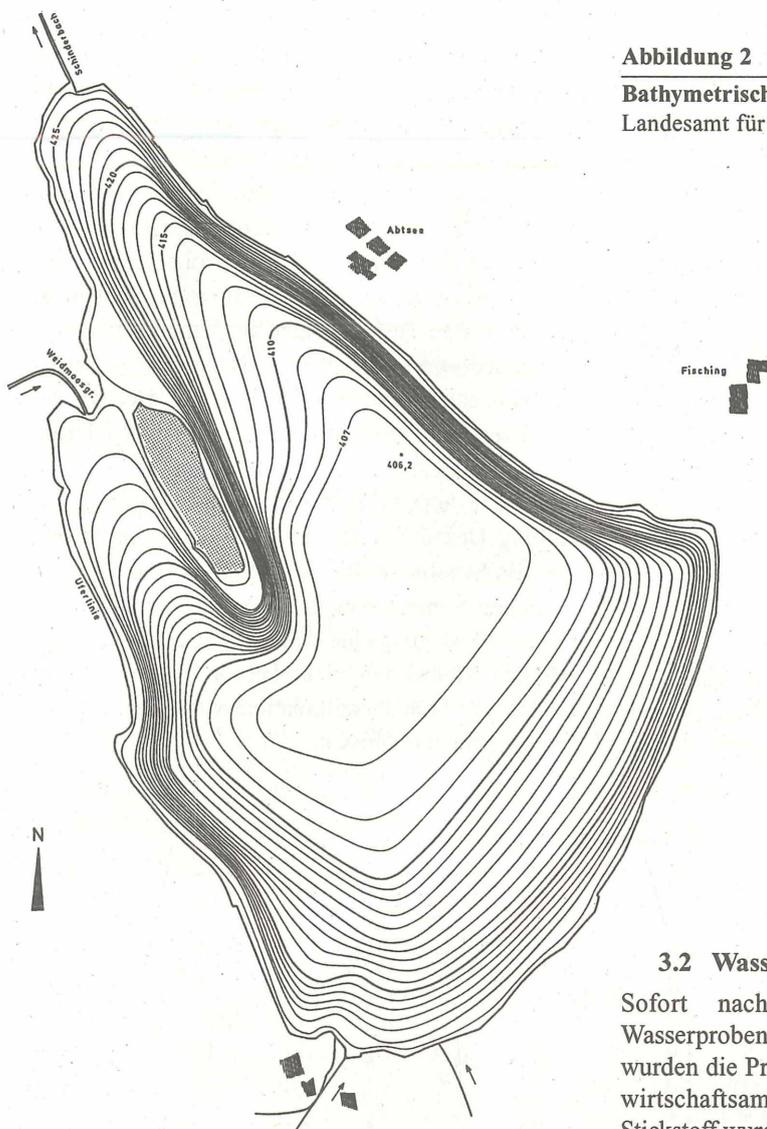
**Tabelle 1**

**Geographische und morphometrische Kenndaten des Abtsees**

Lage 12°54'O, 47°55'N Mittelwasserspiegel 426 m üNN Volumen 9423000 m <sup>3</sup> Maximale Tiefe 19,5 m Mittlere Tiefe 11,3 m Oberfläche 0,8 km <sup>2</sup> Einzugsgebiet 21,1 km <sup>2</sup> Uferlänge 4,2 km
--

**Abbildung 2**

**Bathymetrische Karte des Abtsees** (aus: Bayerisches Landesamt für Wasserwirtschaft 1995)



### 3. Material und Methoden

#### 3.1 Probenahme

Die Probenahmen erfolgten ab November 1999 mindestens einmal im Monat an einer Stelle im tiefsten Bereich des Sees mittels eines Ruttner-Schöpfers mit 1 l Volumen. Im Januar konnten keine Proben gezogen werden, so daß die Phase der Winterstagnation nicht erfaßt wurde. Es wurden die Tiefenstufen 1 m, 3 m, 6 m, 9 m, 12 m, 15 m, 18 m und 19,5 m beprobt. Für die Phytoplanktonanalysen wurden 100 ml aus jeder Tiefe zu einer Mischprobe vereinigt und im Labor mit Lugol fixiert. Ab Dezember wurden je eine epilimnische (0 bis 6 m) und eine hypolimnische (9 bis 18 m) Mischprobe im Labor hergestellt. Ab März 2000 wurden die Tiefenstufen für die Phytoplanktonuntersuchung erweitert und je 100 ml Wasser aus den Tiefen 0 m, 1,5 m, 3 m, 4,5 m, 6 m, 9 m, 12 m, 15 m und 18 m mit Lugol sofort fixiert und zu Mischproben weiterverarbeitet. An einigen Terminen wurden zusätzlich Lebendproben oder formolfixierte Proben zur qualitativen Analyse gezogen. Die Sichttiefe wurde mittels einer Secchischeibe von 20 cm Durchmesser gemessen. Die Bestimmung der Wassertemperatur und des Sauerstoffs erfolgte mittels eines Oximeters OXI 191 (WTW) im Gewässer.

#### 3.2 Wasseranalytik

Sofort nach der Probenahme wurden die Wasserproben gekühlt ins Labor gebracht. Bis März wurden die Proben an der ANL, ab Mai am Wasserwirtschaftsamt Traunstein analysiert. Der Nitratstickstoff wurde mittels Natriumalicylat, der Gesamtphosphor nach Aufschluß mit Peroxodisulfat mittels Ammoniummolybdat photometrisch gemessen.

#### 3.3 Phytoplankton

Die Auszählung des Phytoplanktons erfolgte nach Sedimentation in Röhrenkammern entsprechend der Methode nach UTERMÖHL (1958). Das Biovolumen für jede Zählklasse wurde mittels Vermessung an Algen der ausgezählten Proben vorgenommen. Durch Annäherung der Algenform an geometrische Körper wurde daraus das mittlere Biovolumen pro Individuum oder Kolonie berechnet (ROTT 1981, Arbeitsgemeinschaft Trinkwassertalsperren e.V. Arbeitskreis Biologie 1998). Das spezifische Gewicht der Phytoplankter wurde als 1,0 angenommen (SCHWOERBEL 1994). Das Biovolumen von 1 cm<sup>3</sup> entspricht dann 1 g Frischgewicht.

Aus den Zählwerten und dem Individuen- bzw. Kollonievolumen wurden für jede Zählklasse und Tiefenstufe das Biovolumen in cm<sup>3</sup>/m<sup>3</sup>, das Frischgewicht in g/m<sup>3</sup> und der prozentuelle Anteil an der gesamten Biomasse berechnet. Daraus wurden Biovolumen, Frischgewicht und prozentuelle Anteile für die Großgruppen des Phytoplanktons und für die zwei Größenklassen (Nanoplankton < 30 µm, Netzplankton > 30 µm) jeweils für die gesamte Wasser-

säule, sowie für das Epilimnion abgeschätzt. Nicht sicher zuordenbare kleine Flagellaten (Monaden < 15 µm), sowie diverse koloniebildende Chlorophyceae wurden als Sammelgruppen erfaßt.

#### 4. Ergebnisse

##### 4.1 Chemisch-physikalische Parameter

###### 4.1.1 Temperatur

Von Ende Dezember bis Anfang Februar war der Abtsee eisbedeckt und invers geschichtet. Mitte Februar lag die Temperatur des gesamten Wasserkörpers (3°C) deutlich unter der des Dichtemaximums. Erste Anzeichen einer Schichtung traten im April auf (Tabelle 2). Während der Sommerstagnation (Mai bis September) reichte das Epilimnion bis in eine Tiefe von ca. 4,5 m. Ab Oktober begann sich die Sommerschichtung aufzulösen.

###### 4.1.2 Sauerstoff

Im Sommer war die prozentuelle Sauerstoffsättigung durch Zehrungsvorgänge, vor allem in den tieferen Wasserschichten und der Sprungschicht, während der

Frühjahrszirkulation und in den Zonen hoher pflanzlicher Produktion durch Übersättigung gekennzeichnet. Während im März noch über Grund 132% Sauerstoffsättigung gemessen wurden, waren schon zu Beginn der Sommerstagnation Zehrungsvorgänge unterhalb des Epilimnions zu beobachten (Tabelle 3). Zu keinem Zeitpunkt konnten anaerobe Verhältnisse nachgewiesen werden, obwohl von Juli bis September bereits in 6 m Tiefe weniger als 4 mg/l Sauerstoff vorhanden waren (Tabelle 4). Diese geringen Sauerstoffkonzentrationen verursachten im Herbst, bei Einsetzen der Durchmischung, auch an der Oberfläche Sauerstoffsättigungen, die nur noch knapp über 70% lagen. 1999 war der Wasserkörper bis Anfang Dezember nur unvollständig durchmischt und das hypolimnische Sauerstoffdefizit des vorangegangenen Sommers nicht völlig ausgeglichen. Ob noch vor Eislegung eine Vollzirkulation erfolgte geht aus den Meßwerten nicht hervor. Spätestens mit Beginn der Frühjahrszirkulation wurde der Wasserkörper ganz durchmischt.

Tabelle 2

Zeitliche Entwicklung (1999/2000) der Wassertemperaturen (°C) im Abtsee

Datum	16.11	6.12	15.2	14.3	12.4	3.5	30.5	13.6	10.7	16.8	13.9	10.10	13.11
Tiefe (m)													
1	8,1	4,7	3,1	4,6	10,0	17,3	17,7	24,6	20,8	24,0	19,8	12,8	9,3
3	8,1	4,6	3,1	4,5	7,2	11,6	17,6	18,2	20,6	18,5	17,7	12,8	9,3
6	8,2	4,6	3,0	4,4	6,4	8,1	8,6	8,6	10,1	11,1	12,9	12,7	9,2
9	8,1	4,6	3,0	4,3	4,8	6,6	6,6	6,5	7,2	7,3	7,4	7,8	9,2
12	5,7	4,6	2,9	4,3	4,8	5,4	5,4	5,5	5,8	5,6	5,9	5,9	6,2
15	5,3	4,6	3,0	4,3	4,8	5,2	5,0	5,0	5,2	5,2	5,4	5,2	5,6
18	5,1	4,8	3,0	4,3	4,6	5,0	4,9	4,9	5,1	4,8	5,0	5,0	5,3
über Grund	5,1	4,9	3,0	4,3			4,8	4,9	5,0	4,7	4,9	4,9	5,2
Mittelwert													
0 - 7,5 m	8,1	4,6	3,1	4,5	7,6	11,7	14,0	16,1	16,5	17,0	16,3	12,8	9,3
0 m - ü.G.	6,9	4,6	3,0	4,4	5,9	7,9	8,8	9,5	9,9	10,1	9,9	8,6	7,6

Legende:

< 10	10 - 20	> 20
------	---------	------

Tabelle 3

Zeitliche Entwicklung (1999/2000) der Sauerstoffsättigung (%) im Abtsee

Datum	16.11	6.12	15.2	14.3	12.4	3.5	30.5	13.6	10.7	16.8	13.9	10.10	13.11
Tiefe (m)													
1	97	86	117	137			130	145	117	177	139	73	74
3	98	84	111	137			136	123	114	54	93	73	73
6	115	92	107	135			73	65	36	3	4	72	71
9	131	100	107	135			65	63	57	23	17	8	66
12	3	109	107	137			61	57	40	27	14	10	6
15	2	97	108	132			51	47	30	7	3	3	5
18	2	53	108	132			24	22	8	2	2	3	4
über Grund	2	13	107	132			5	4	3	2	2	3	4
Mittelwert													
0 - 7,5 m	104	88	111	140			109	106	84	66	70	73	72
0 m - ü.G.	61	87	109	136			72	69	53	35	32	32	40

Legende:

0 - 10	11 - 70	71 - 120	> 120
--------	---------	----------	-------

Tabelle 4

## Zeitliche Entwicklung (1999/2000) der Sauerstoffkonzentration (mg/l) im Abtsee

Datum	16.11	6.12	15.2	14.3	12.4	3.5	30.5	13.6	10.7	16.8	13.9	10.10	13.11
Tiefe (m)													
1	10,7	10,4	14,7	18,2			11,9	11,7	9,5	13,8	12,2	7,0	7,8
3	10,8	10,1	13,9	16,6			12,5	11,3	9,4	4,7	8,3	7,0	7,7
6	12,6	11,1	13,5	16,4			8,3	7,4	3,8	0,3	0,4	6,9	7,4
9	14,4	12,0	13,5	16,4			7,7	7,4	5,5	2,6	2,0	0,9	7,0
12	0,3	13,2	13,5	16,6			7,5	7,0	4,6	3,1	1,6	1,1	0,8
15	0,2	11,7	13,6	16,0			6,3	5,8	3,6	0,9	0,3	0,4	0,6
18	0,2	6,4	13,6	16,0			2,9	2,7	1,0	0,2	0,3	0,4	0,5
über Grund	0,2	1,6	13,4	16,0			0,7	0,5	0,4	0,2	0,3	0,3	0,5
Mittelwert													
0 - 7,5 m	11,5	10,6	14,0	16,9			10,7	9,8	7,2	5,4	6,2	7,0	7,6
0 m - ü.G.	6,7	10,5	13,7	16,5			7,7	7,2	5,0	3,1	3,0	3,1	4,3
Legende:	< 4		4 - 10		> 10								

## 4.1.3 Nitratstickstoff

Nitratstickstoff war in jeder Probe nachweisbar und relativ gleichmäßig über die gesamte Wassersäule verteilt. Das Jahresmittel lag bei 2,3 mg/l. Werte unter 1,5 mg/l traten nur in sehr sauerstoffarmen Bereichen des Hypolimnions auf. Im Epilimnion konnte die Produktion des Phytoplanktons die hohen Werte nie unter diese Grenze senken. Anfang Juni

nahm die Konzentration während einer Schönwetterperiode in der gesamten Wassersäule zu (Tabelle 5).

## 4.1.4 Gesamtphosphor

Die Gesamtphosphorgehalte waren während des Sommers durch relativ gleichbleibende Werte von höchstens 30 µg/l im Epilimnion gekennzeichnet (Tabelle 6). Im August wurden im unteren Bereich

Tabelle 5

## Zeitliche Entwicklung (1999/2000) des Nitrat-Stickstoffs (mg/l) im Abtsee

Datum	16.11	6.12	15.2	14.3	12.4	3.5	30.5	13.6	10.7	16.8	13.9	10.10	13.11
Tiefe (m)													
1	2,0	2,1	3,0	3,3			2,2	2,5	2,1	1,6	1,5	2,0	2,0
3	2,1	1,8	2,8	3,0			2,5	2,7	2,2	1,9	1,5	2,0	1,9
6	2,0	2,1	2,8	2,9			2,4	3,0	2,5	2,4	1,8	2,0	1,9
9	2,2	2,0	3,2	3,0			2,6	2,9	2,6	2,6	2,3	2,6	2,1
12	2,1	2,1	3,0	3,1			2,4	2,8	2,4	2,4	2,1	2,5	1,7
15	1,4	2,0	3,0	3,1			2,2	2,3	2,1	2,3	1,7	2,2	1,3
18	0,5	1,8	3,3	3,0			2,0	2,4	2,0	1,7	1,1	1,3	0,7
über Grund	0,2	1,9	3,0	3,1			2,0	2,0	2,0	1,3	0,9	1,0	0,5
Mittelwert													
0 - 7,5 m	2,0	2,0	2,9	3,1			2,4	2,8	2,3	2,0	1,6	2,0	1,9
0 m - ü.G.	1,7	2,0	3,0	3,1			2,3	2,6	2,3	2,1	1,7	2,1	1,6
Legende:	< 1,5		1,5 - 2,5		> 2,5								

Tabelle 6

## Zeitliche Entwicklung (1999/2000) des Gesamtphosphorgehaltes (µg/l) im Abtsee

Datum	16.11	6.12	15.2	14.3	12.4	3.5	30.5	13.6	10.7	16.8	13.9	10.10	13.11
Tiefe (m)													
1	14	24	29	27			25	17	25	23	20	23	18
3	14	17	25	24			27	25	23	30	18	23	18
6	15	15	31	27			17	18	15	18	15	25	20
9	17	15	27	29			17	15	13	33	15	15	17
12	29	17	27	24			18	22	15	47	17	17	30
15	58	22	32	26			18	18	17	13	27	22	47
18	133	39	31	27			33	25	23	20	53	69	113
über Grund	213	55	29	55			42	48	22	13	74	112	146
Mittelwert													
0 - 7,5 m	14	18	28	26			22	20	20	23	17	24	19
0 m - ü.G.	46	22	29	28			22	21	18	26	25	30	41
Legende:	< 20		20 - 30		31 - 50		51 - 100		> 100				

der Sprungschicht erhöhte Phosphorkonzentrationen gefunden. Anreicherung im sauerstoffarmen Tiefenwasser setzte erst ein, als der Wasserkörper abzukühlen begann. Mit beginnender Vollzirkulation im Dezember, als das phosphorreiche Tiefenwasser eingemischt wurde, stiegen die epilimnischen Phosphorgehalte, während sich der Mittelwert über die gesamte Tiefe verringerte. So wurde nur ein Teil des im Hypolimnion angereicherten Phosphors in der Wassersäule verteilt. Während der Frühjahrszirkulation lagen die Werte über denen der Herbstzirkulation bei knapp unter 30 µg/l. Das Jahresmittel lag bei 26 µg/l.

## 4.2 Phytoplankton

### 4.2.1 Sichttiefe, Biomasse und Nanoplankton

Während einer oberflächennahen Biomassespitze im August wurde die geringste Sichttiefe (0,8 m) gemessen (Abb. 3). Im Sommer schwankte sie ansonsten im Bereich von 1 bis 2 m. Während der Klarwasserphase betrug sie 2,5 m. Im November, als der See bis in eine Tiefe von 9 m durchmischte, war sie mit 2,9 m am größten.

Die höchste Biomasse (42,7 g/m<sup>3</sup>) wurde im September, am Ende der Sommerstagnation gemessen. Jedoch auch im Frühjahr, vor und nach der Klarwasserphase wurden ähnlich hohe Werte erreicht (Abb. 3). Das Jahresmittel lag bei 22 g/m<sup>2</sup> (1,1 cm<sup>3</sup>/m<sup>3</sup>). Während der Klarwasserphase und im Juli lag der Anteil der hypolimnischen Biomasse an der Gesamtbiomasse bei über einem Drittel, im Dezember bei über zwei Drittel und zur Zeit der Frühjahrszirkulation bei ca. 50%.

Ein gegengleicher Verlauf von Sichttiefe und Biomasse war weder für die oberflächennahe Wasserschicht, noch für die gesamte Wassersäule gegeben.

Das Nanoplankton (23 Taxa, Tabelle 7) dominierte von Februar bis Juni, das Netzplankton (35 Taxa) von Juli bis November (Abb. 4). Das Frühjahrsmaximum wurde von sehr kleinen Nanoplanktern (<8 µm) aufgebaut. In der Klarwasserphase nahm der Anteil des Netzplanktons erstmals zu. Das zweite Biomassemaximum nach der Klarwasserphase wurde von größeren Nanoplanktern (>10 µm) verursacht. Bis im Sommer nochmals etwa gleich hohe Biomassen erreicht wurden, war das Nanoplankton stark zurückgegangen und das Netzplankton (>30 µm) dominierte.

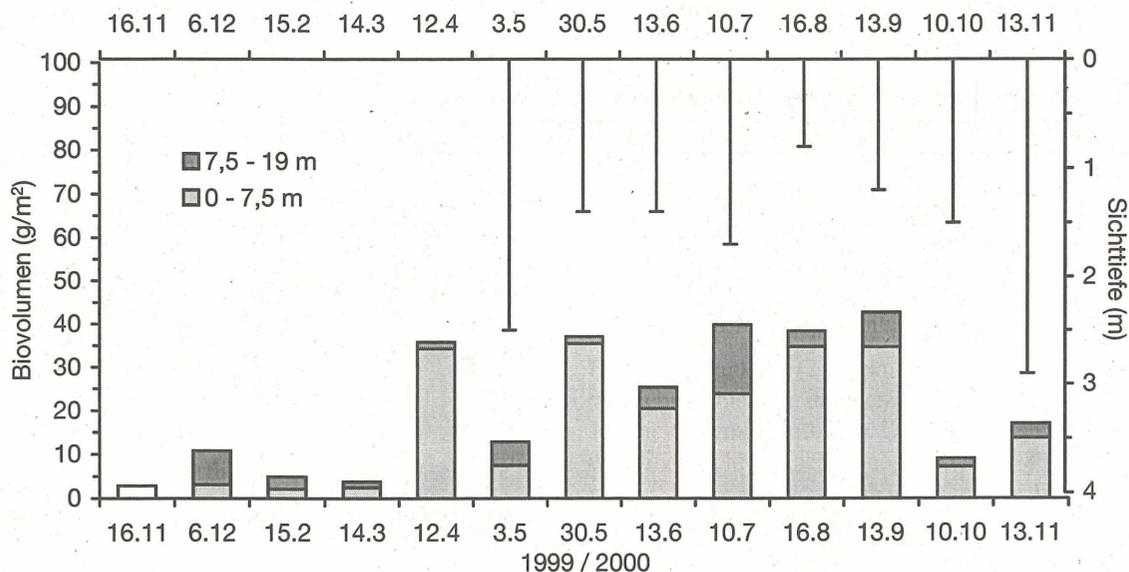


Abbildung 3

Sichttiefe und Biomasse im Abtsee

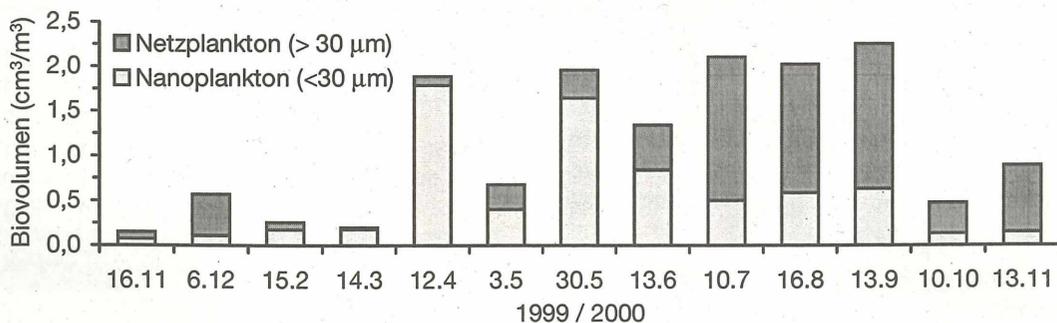


Abbildung 4

Nanoplankton und Netzplankton im Abtsee (Mittelwerte: 0 m bis über Grund)

## 4.2.2 Artenspektrum und Succession

Im Phytoplankton des Abtsees wurden 36 Arten (davon 28 sicher) nachgewiesen. 28 weitere Arten konnten bis zur Gattung bestimmt werden (Tabelle 7).

**Tabelle 7**

**Liste der 1999/2000 im Abtsee nachgewiesenen Phytoplanktontaxa und zugeordnete funktionelle Kategorie.** System nach ETTL (1983). Nicht quantifizierbare Taxa mit \*

<b>Cyanobacteria</b>		
<i>Anabaena</i> sp.		Netzplankton
<i>Aphanizomenon flos-aquae</i> (L.) RALFS.		Netzplankton
<i>Merismopedia tenuissima</i> LEMMERMANN	Nanoplankton	
<i>Microcystis</i> spp.		Netzplankton
<i>Oscillatoria</i> spp.		Netzplankton
<i>Snowella</i> cf. <i>litoralis</i> (HÄYREN) KOMAREK & HINDAK	Nanoplankton	
<i>Woronichia naegeliana</i> (UNGER) ELENKIN		Netzplankton
<b>Chrysophyceae</b>		
<i>Dinobryon divergens</i> IMHOF		Netzplankton
<i>Dinobryon sociale</i> EHRENBERG		Netzplankton
<i>Mallomonas akrokomos</i> RUTTNER	Nanoplankton	
<i>Mallomonas caudata</i> IWANOFF em. KRIEGER/ <i>fastigata</i> ZACHARIAS		Netzplankton
* <i>Mallomonas</i> sp.	Nanoplankton	
* <i>Synura</i> cf. <i>uvella</i> EHRENBERG em. KORSIKOW		Netzplankton
<i>Uroglena</i> sp.		Netzplankton
<b>Bacillariophyceae</b>		
<i>Asterionella formosa</i> HASSALL		Netzplankton
<i>Cyclotella ocellata</i> PANTOCSEK	Nanoplankton	
<i>Cyclotella radiosa</i> (GRUNOW) LEMMERMANN	Nanoplankton	
<i>Diatoma tenuis</i> AGARDH		Netzplankton
<i>Fragilaria capucina</i> DESMAIÈRES		Netzplankton
<i>Fragilaria crotonensis</i> KITTON		Netzplankton
<i>Fragilaria reicheltii</i> (VOIGT) LANGE-BERTALOT		Netzplankton
<i>Fragilaria ulna</i> (NITZSCH) LANGE-BERTALOT		Netzplankton
* <i>Melosira</i> cf. <i>varians</i> AGARDH		Netzplankton
* <i>Meridion circulare</i> (GREVILLE) AGARDH		Netzplankton
cf. <i>Stephanodiscus minutulus</i> (KÜTZING) CLEVE & MÖLLER	Nanoplankton	
<b>Dinophyceae</b>		
<i>Ceratium hirundinella</i> (O.F.M.) DUJARDIN		Netzplankton
<i>Gymnodinium helveticum</i> PENARD		Netzplankton
<i>Peridinium</i> sp.		Netzplankton
<b>Cryptophyceae</b>		
<i>Cryptomonas</i> spp.	Nanoplankton	Netzplankton
<i>Rhodomonas minuta</i> SKUJA	Nanoplankton	
<b>Euglenophyceae</b>		
<i>Euglena</i> sp.	Nanoplankton	
* <i>Phacus</i> cf. <i>longicauda</i> (E.) DUJARDIN		Netzplankton
<i>Trachelomonas</i> cf. <i>volvocinopsis</i> SWIRENKO	Nanoplankton	
<i>Trachelomonas</i> sp.	Nanoplankton	
<b>Chlorophyta (s. l.)</b>		
<b>Chlamydomphyceae (Chlorophyta)</b>		
<i>Carteria</i> sp.	Nanoplankton	
<i>Chlamydomonas</i> sp.	Nanoplankton	
<i>Pandorina morum</i> (O.F.M.) BORY		Netzplankton
<i>Phacotus lenticularis</i> (EHRENBERG) STEIN	Nanoplankton	
<i>Pseudosphaerocystis lacustris</i> (LEMMERMANN) NOVAKOVA		Netzplankton
<b>Chlorophyceae (Chlorophyta)</b>		
<i>Ankistrodesmus</i> sp.	Nanoplankton	
<i>Coelastrum polychordum</i> (KORS.) HIND. / <i>reticulatum</i> (DANG.) SENN		Netzplankton
* <i>Coelastrum microporum</i> NAEGELI		Netzplankton
<i>Crucigeniella</i> sp.	Nanoplankton	
<i>Elakatothrix</i> sp.		Netzplankton
<i>Oocystis</i> sp.	Nanoplankton	
* <i>Pediastrum boryanum</i> (TURPIN) MENEHGH.		Netzplankton
* <i>Pediastrum duplex</i> MEYEN		Netzplankton
<i>Radiococcus</i> sp.	Nanoplankton	
<i>Scenedesmus</i> spp.	Nanoplankton	
* <i>Tetraedon minimum</i> (A. Br.) HANSCH.	Nanoplankton	
<i>Tetrastrum</i> cf. <i>triangulare</i> KOMAREK	Nanoplankton	
<b>Conjugatophyceae (Chlorophyta)</b>		
<i>Closterium acutum</i> BREB.		Netzplankton
* <i>Closterium</i> sp.		Netzplankton
<i>Cosmarium depressum</i> (NÄG.) LUND.	Nanoplankton	
* <i>Mugotia</i> sp.		Netzplankton
* <i>Spirogyra</i> sp.		Netzplankton
<i>Staurastrum</i> sp.		Netzplankton

*Aphanizomenon flos-aquae*, *Asterionella formosa*, *Ceratium hirundinella*, *Coelastrum polychordum/reticulatum*, *Cryptomonas* spp., *Cyclotella* spp., *Fragillaria crotonensis*, *Mallomonas caudata/fastigata*, *Oscillatoria* spp., *Rhodomonas minuta*, *Stephanodiscus minutulus*, *Uroglena* sp., sowie kleine (<5 µm) und größere (5-15 µm) Nanoflagellaten (incl. *Chlamydomonas* sp. und *Carteria* sp.) hatten mindestens einmal im Jahr einen Anteil von 10% an der gesamten Biomasse (Tabelle 8).

Im Winter dominierten *Mallomonas* und *Oscillatoria* die Phytoplanktonbiomasse. Während der Frühjahrszirkulation stellten dann kleine Nanoflagellaten und *R. minuta* den größten Anteil. Das erste Biomassemaximum im April wurde von *Stephanodiscus*, sowie größeren und kleinen Nanoflagellaten verursacht. In der Klarwasserphase waren kleine Nanoflagellaten begleitet von *Cryptomonas* und pennaten Bacillariophyceen die wichtigsten Taxa. Im Frühsommer, während des zweiten Biomassemaximums dominierte *Cyclotella*, im Hochsommer waren *Uroglena* und *Coelastrum* die wichtigsten Gattungen.

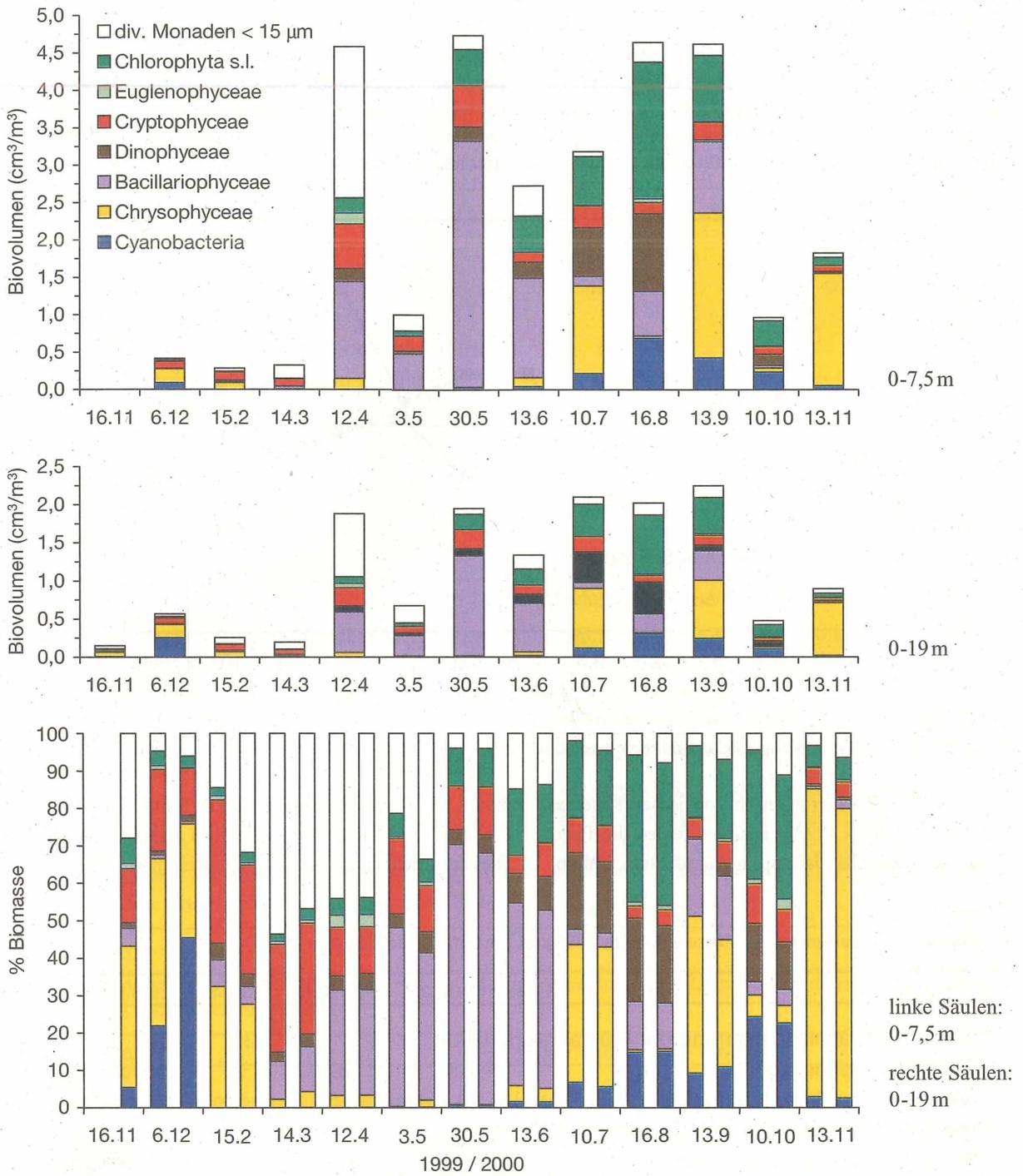
#### 4.2.3 Absolute und relative Biomassen der Großgruppen

Während der Frühjahrszirkulation im Februar und März dominieren diverse Monaden <15 µm und Cryptophyceae die relativ geringe Phytoplanktonbiomasse (Abb. 5). Bis zum Frühjahrsmaximum, das von diversen Monaden <15 µm und Bacillariophyceae verursacht wurden, stieg die Biomasse aller Algengruppen stark an. Der Anteil und die Biomasse der Bacillariophyceae nahm auch nach der Klarwasserphase noch bis Ende Mai zu. Von Juni bis August bauten Cyanobacteria, Dinophyceae und Chlorophyceae immer höhere Biomassen auf. Im Juni stellten die Bacillariophyceae noch den größten Biomasseanteil, im Juli und September hingegen die Chrysophyceae und im August und Oktober die Chlorophyceae. Im Oktober nehmen die Biomassen aller Algengruppen stark ab. Bis zum November stieg nur die Biomasse der dann dominierenden Chrysophyceae an. Diese Zunahme setzte sich noch bis in den Dezember fort, der jedoch von Cyanobacteria geprägt wurde. Die Abfolge der Großgruppen im Jahresverlauf spiegelte im wesentlichen die Abfolge der dominanten Arten wieder.

**Tabelle 8**

**Phytoplanktonsuccession im Abtsee 1999/2000.** Es bedeuten: < 5 = Nanoflagellaten < 5 µm, 5 – 15 = Nanoflagellaten 5 – 15 µm, Anab = *Anabaena flos-aquae*, Aphan = *Aphanizomenon flos-aquae*, Asteri = *Asterionella formosa*, Cerat = *Ceratium hirundinella*, Clost = *Closterium acutum*, Coel = *Coelastrum polychordum/reticulatum*, Crypt = *Cryptomonas* spp., Cyclo = *Cyclotella* spp., F cap = *Fragillaria capucina*, F crot = *F. crotonensis*, F uln = *F. ulna*, Gymno = *Gymnodinium helveticum*, M akr = *Mallomonas akrokomos*, M cau = *M. caudata / fastigata*, Oscil = *Oscillatoria* spp., Pseud = *Pseudosphaerocystis lacustris*, Rhodo = *Rhodomonas minuta*, Steph = *Stephanodiscus minutulus*, Urogl = *Uroglena* sp., Woro = *Woronichia naegeliana*

Datum	16.11	6.12	15.2	14.3	12.4	3.5	30.5	13.6	10.7	16.8	13.9	10.10	13.11
Biomasseanteil (%)													
> 20	M cau	Oscil M cau	< 5 M cau	< 5 Rhodo	Steph 5 - 15 < 5	< 5	Cyclo	Cyclo	Urogl	Coel	Urogl	Coel	M cau
10 - 20	< 5 Crypt	Crypt		Rhodo 5 - 15		Crypt Asteri	Crypt F crot	< 5 F crot	Cerat Coel	Cerat Cyclo		Coel	Aphan
3 - 10	5 - 15 Oscil Clost Steph	< 5	Crypt 5 - 15 Steph	Crypt Steph M akr	Crypt Rhodo M akr	F crot Steph Gymno	F crot < 5 Gymno F uln F cap	Crypt Coel Cer < 5 Gymno	Crypt M cau < 5 Cyclo	Anab 5 - 15 Crypt		Cyclo < 5 Crypt Woro Steph	< 5 Gymnc Crypt Woro Cer M cau



**Abbildung 5**

**Absolute und relative Biomasse der Großgruppen im Abtsee.**

Oben und unten linke Säulen: Mittelwerte aus 0-7,5 m.

Mitte und unten rechte Säulen: Mittelwerte aus 0 m bis über Grund (19 m).

### 4.3 Trophische Bewertung

Nach dem von CARLSON (1977) aus dem Zusammenhang zwischen Algenbiomasse, Lichtextinktion und Sichttiefe entwickelten Index ergaben sich Indizes zwischen 42 und 63. Ein Index von 40 entspricht einem mesotrophen, einer von 60 einem eutrophen

Gewässerzustand. Das Jahresmittel lag bei 49 (aus Gesamtphosphor an der Wasseroberfläche). Der Abtsee war hiernach als meso-eutroph einzustufen. Die aus der Sichttiefe und dem Gesamtphosphorgehalt errechneten Indexwerte sind in Abb. 6 dargestellt.

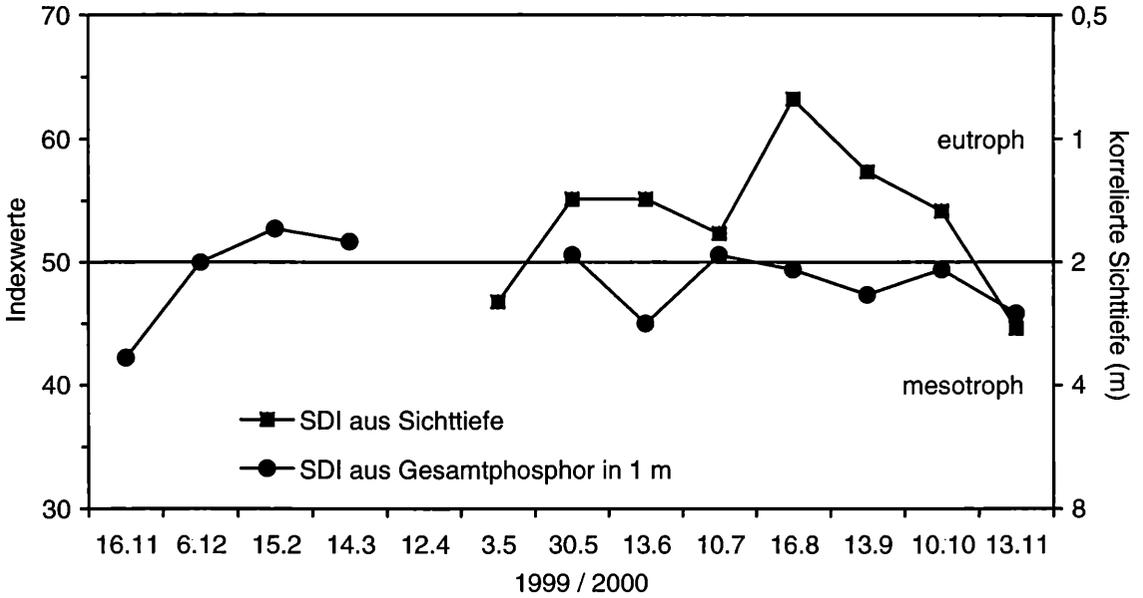


Abbildung 6

Trophieindizes (SDI) und zugehörige Sichttiefe nach CARLSON (1977) im Abtsee

Für eine Gesamtbewertung nach trophischen Kriterien wie sie KLAPPER (1992) ausführt fehlen die Parameter Orthophosphat, Jahresprimärproduktion, Chloro-

phyll a und Zooplanktonbiomasse. Die Einstufung nach den erhobenen Parametern (Tabelle 9) ergab Klasse 3. Dies entspricht einem eutrophen, geschichteten See.

Tabelle 9

Trophierelevante Parameter des Abtsees im Jahr 2000 und Einstufung nach Klapper (1992)

Parameter	Klassengrenzen	Meßwert	Klasse	Einstufung
Nährstoffverhältnisse während der Frühjahrszirkulation			3,5	
Gesamtphosphor (µg/l)	15 - 45	29	2	mesotroph
Anorganischer Stickstoff (mg/l)	> 1,5	3,0	5	hypertroph
Produktionsverhältnisse im sommerlichen Epilimnion			2,5	
Phytoplanktonbiomasse (ml/m <sup>3</sup> )	1,5 - 5	3,5	2	mesotroph
Sichttiefe (m)	1 - 4	1,5	3	eutroph
Sauerstoffverhältnisse während der Sommerstagnation			3	
Epilimnion: max. O <sub>2</sub> % Sättigung	150 - 200	177	3	eutroph
Hypolimnion: min. O <sub>2</sub> (mg/l)	0 - 1	0,2	3	eutroph

Auch im Trophieindex der LÄNDERARBEITSGEMEINSCHAFT WASSER (1996) wird Chlorophyll a zur

Gesamtrophieberechnung benötigt. Die Einstufung nach den erhobenen Parametern ist in Tabelle 10 dargestellt.

Tabelle 10

Trophierelevante Parameter des Abtsees im Jahr 2000 und Einstufung nach Länderarbeitsgemeinschaft Wasser (1996)

Parameter	Meßwert	Index	Einstufung
Gesamtphosphor (Frühjahrszirkulation) (µg/l)	29	2,1	mesotroph (1,5 - 2,5)
Gesamtphosphor (Epilimnisches Sommermittel) (µg/l)	23	2,1	mesotroph (1,5 - 2,5)
Sichttiefe (Sommermittel ohne Klarwasser) (m)	1,3	3,2	eutroph (2,5 - 3,5)

Aus den im Entwurf Önorm M 6231 (2000) genannten Parametern (Tabelle 11) ergibt sich ein eutropher Gewässerzustand, der im Jahresmittel, Frühjahr und

Herbst bei der Bewertung nach dem Gesamtphosphor günstiger ausfällt (schwach eutroph) als während der Sommerstagnation (stark eutroph).

**Tabelle 11**

**Trophierelevante Parameter des Abtsees im Jahr 2000 und Einstufung nach Entwurf Önorm M 6231 (2000)**

Parameter	Klassengrenzen	Meßwert	Einstufung
<b>Frühjahrszirkulation</b>			
Gesamtphosphor ( $\mu\text{g/l}$ )	20 - 30	29	schwach eutroph
<b>Sommerstagnation</b>			
Epilimnische Phytoplanktonbiomasse ( $\text{g/m}^3$ )	> 2	3,5	stark eutroph
Sauerstoffübersättigung im Epilimnion (%)	> 60	77	hypertroph
Sauerstoffsättigung im Hypolimnion (%)	0 - 10	6	stark eutroph
Sauerstoffsättigung über Grund (%)	> 0	2	schwach eutroph
<b>Nach der Herbstzirkulation</b>			
Gesamtphosphor ( $\mu\text{g/l}$ )	20 - 30	22	schwach eutroph
<b>Im Jahresmittel</b>			
Gesamtphosphor ( $\mu\text{g/l}$ )	20 - 40	26	schwach eutroph

In allen vier Ansätzen zur Trophiebeurteilung ergab die Bewertung nach dem Gesamtphosphorgehalt die geringste Belastung (mesotroph bis schwach eutroph). Demgegenüber entsprach der Nitratgehalt einem hypertrophen Gewässer. Sichttiefe und Sauerstoffgehalte im Hypolimnion zeigten einen eutrophen Gewässerzustand an. Die epilimnische Sauerstoffübersättigung und die Phytoplanktonbiomasse wurden anhand des Entwurf Önorm M 6231 (2000) nach strengeren Maßstäben beurteilt als bei KLAPPER (1992). Die Önorm ordnet die epilimnische Sauer-

stoffübersättigung einem hypertrophen und die ermittelte Phytoplanktonbiomasse einem stark eutrophen Gewässer zu, wohingegen KLAPPER (1992) dieselben Werte für einen eutrophen beziehungsweise mesotrophen See angibt.

Die vier Ansätze zur Trophiebeurteilung ergaben Gesamtbewertungen von meso-eutroph bis eutroph. Nach den in Bayern zur Bestimmung der Gewässergüte verwendeten Kriterien ist der Abtsee als eutroph einzustufen (Tabelle 12).

**Tabelle 12**

**Trophierelevante Parameter des Abtsees im Jahr 2000 und Einstufung nach Bayer. Staatsministerium für Landesentwicklung und Umweltfragen (1996)**

Parameter	Klassengrenzen	Meßwert	Einstufung
Gesamtphosphor ( $\mu\text{g/l}$ ) Jahresmittel	20 - 100	26	eutroph
Sichttiefe Jahresmittel	1,5 - 4	1,7 (Mai bis November)	eutroph

## 5. Diskussion

Prozentuelle Sauerstoffsättigung, Gesamtphosphorgehalt, Sichttiefe und Phytoplanktonbiomasse im Abtsee sind typisch für eutrophe Gewässer und ähnlich wie in eutrophen bayerischen (cf. BUCHMEIER 1999, SCHAUMBURG 1996, HOLZMANN 1994) und österreichischen Vorlandseen (cf. AMT der KÄRNTNER LANDESREGIERUNG 1992, JÄGER 1968). Der Nitratstickstoffgehalt im Abtsee war wesentlich höher als in allen oben genannten Vergleichseen. Einträge aus Moorböden, welche besonders während Trockenperioden viel anorganischen Stickstoff freisetzen können, sowie zusätzliche Einträge aus der Landwirtschaft kommen für diese hohen Werte

in Betracht. Limitierung des Algenwachstums durch Nitrat scheidet aufgrund der, im Vergleich zum Phosphor, hohen Werte aus. Seine Bedeutung in der Trophieindikation ist daher gering. Die SCI-Werte aus der Sichttiefe überstiegen die SCI-Werte aus dem Phosphor möglicherweise aufgrund der Braunfärbung des Abtsees. CARLSON (1977) erwartet in Seen mit hohem Schwebstoffanteil zu hohe Trophiewerte aus der Sichttiefe.

Der Abtsee ist nach dem wichtigsten Nährstoff, dem Phosphor, anhand regionaler Modelle als mäßig eutroph zu bewerten, ungeachtet daß überregionale Verfahren, die im Alpenvorland nicht anzutreffende Seentypen miteinbeziehen, zu günstigeren Bewer-

tungen kommen. Auch wenn die Jahresmittelwerte des Gesamtphosphors gegenüber den Vorjahren nochmals gesunken sind und keine Phosphorspitzen im Sommer gemessen wurden, so ist die Nachlieferung aus den Zuflüssen offensichtlich noch hoch genug, um eine sedimentationsbedingte Abnahme im Epilimnion auszugleichen. Wie HORN & HORN (1998) belegen ist nicht nur die Menge, sondern die Verfügbarkeit des Phosphors für Pflanzen ein wesentlicher Aspekt in der Trophiebewertung. Sie schließen, daß Phosphoreinträge aus Landwirtschaft und Hausabwässern in den von ihnen untersuchten Trinkwasserspeichern zu wesentlich höherer Algenproduktion führten, als natürliche Phosphoreinträge, die stärker an organische oder anorganische Partikel gebunden waren.

Die zwei durch Nanoplankton dominierten Biomassespitzen vor und nach der Klarwasserphase, sowie der Biomasserückgang vor dem durch Netzplankton dominierten Sommermaximum sind nach BÜRGI (1994) typisch für eutrophe Seen. Im eutrophen Greifensee stellten BÜRGI et al. (1985) ein ähnliches Muster der Phytoplanktonentwicklung wie im Abtsee fest. Der hohe Biomasseanteil von *Stephanodiscus minutulus* während des ersten Biomassemaximums zeigt eutrophe Verhältnisse an. Diese hoch eutraphente Art macht seit Mitte der 80er Jahre über 50% der Diatomeenschalen im Sediment aus (KÖPF 1999). Ein durch eine coccale Grünalgenart (*Coelastrum polychordum*) dominiertes Sommermaximum, welches *Cyclotella* sp. ablöst unterscheidet einen eutrophen von einem mesotrophen See (ROTT 1984). Auch die im Abtsee gefundenen Blaualgenarten fügen sich gut in sein, an Tiroler Seen, entwickeltes Schema für eutrophe Seen ein und werden in seinem Modell des mesotrophen Sees nicht aufgeführt. Die zeitweise Dominanz der eher geringe Trophie bevorzugenden *Uroglena* (REYNOLDS 1998) im Sommer deuten möglicherweise eine beginnende Reoligotrophierung an. Es ist jedoch abzuwarten, ob sich weitere Anzeichen dafür in den Folgejahren finden werden.

## 6. Schlußfolgerungen

Die Situation des Abtsees bezüglich der Trophie hat sich in den letzten Jahren gegenüber dem Jahr 1991 verbessert. Der angestrebte Zustand eines mesoeutrophen Gewässers, welcher noch in der 70er Jahren bestand (KÖPF 1999), wurde, wie die Zusammensetzung und Biomasse der planktischen Algen zeigt, im Jahr 2000 noch nicht erreicht. Weitere Maßnahmen zur Verringerung der Nährstoffeinträge sind daher nötig.

## 7. Literatur

- AMT der KÄRNTNER LANDESREGIERUNG, Abteilung 15 Umweltschutz (Hrsg.) (1992): Kärntner Seenbericht 1992. – Veröffentlichungen des Kärntner Institutes für Seenforschung 7, Klagenfurt.
- ARBEITSGEMEINSCHAFT TRINKWASSERTALSPERREN e.V., Arbeitskreis Biologie (1998): Erfassung und Bewertung von Planktonorganismen. – ATT Technische Information Nr. 7, 2. Aufl., Oldenbourg, München.
- BADURA, Marianne (2000): Forschungsergebnisse zum Abtsee. – Siehe Teil 1 des vorliegenden Heftes.
- BAYER. LANDESAMT für WASSERWIRTSCHAFT (Hrsg.) (1995): Verzeichnis des Seen in Bayern, Teil 2 Karten. – München.
- BAYER. STAATSMINISTERIUM für LANDESENTWICKLUNG und UMWELTFRAGEN (Hrsg.) (1996): Flüsse und Seen in Bayern: Gewässergüte und Wasserbeschaffenheit 1995. – Wasserwirtschaft in Bayern, Heft 29, München.
- BUCHMEIER, Georgia (1999): Trophische Bewertung des Höglwörther Sees, eines Kleinsees im bayerischen Alpenvorland: Limnochemie, Makrophyten und Zooplankton. – Diplomarbeit Universität Salzburg.
- BÜRGI, Hans Rudolf (1992): Seenplankton und Seensanierung in der Schweiz. – Limnol. Ber. Donau 1994/2: 71-102.
- (1994): Das Plankton und seine trophische Struktur in Seen unterschiedlicher Trophie. – EAWAG-Mitteilungen 34 D: 14-18.
- BÜRGI, Hans Rudolf, Pia WEBER & H. BACHMANN (1985): Seasonal variations in the trophic structure of phytoplankton and zooplankton communities in lakes in different trophic states. – Schweiz. Z. Hydrol. 47: 197-224.
- CARLSON, Robert E. (1977): A trophic state index for lakes. Limnol. Oceanogr. 22: 361-369.
- Entwurf Önorm M 6231 (2000): Richtlinie für die ökologische Untersuchung und Bewertung von stehenden Gewässern. – Vorschlag Dezember 2000.
- ETTL, Hanus (1983): Chlorophyta I: Phytomonadina. In: ETTL, Hanus, J. GERLOFF, H. HEYNIG & D. MOLLENHAUER (Hrsg.): Süßwasserflora von Mitteleuropa Bnd. 9. – Fischer, Stuttgart.
- HÖLL, Karl (1986): Wasser: Untersuchung, Beurteilung, Aufbereitung, Chemie, Bakteriologie, Virologie, Biologie. – 7. Aufl., de Gruyter, Berlin.
- HOLZMANN, Roswitha (1994): Struktur und Dynamik von Phytoplankton-Gesellschaften: Eine vergleichende Analyse von 11 Seen der Naturschutzgebiete Eggstätt-Hemhofer Seenplatte und Seoner See. – Dissertation, Universität München, Shaker, Aachen.

HORN, Heidemarie & Wolfgang HORN (1998):  
Sedimentation of Dry Matter, Phosphorous and Phytoplankton Biovolume in Two Reservoirs of Different Trophic State. – *Internat. Rev. Hydrobiol.* 83: 219-224.

JÄGER, Paul (1986):  
Die Limnologie der Vorlandseen. In: Amt der Salzburger Landesregierung (Hrsg.): *Stud. Forsch. Salzburg* 1986/2: 343-384.

KLAPPER, Helmut (1992):  
Eutrophierung und Gewässerschutz. – Fischer, Jena.

KÖPF, Bärbel (1999):  
Diatomeenstratigraphie Abtsdorfer See. – Unveröffentlichte Studie an der ANL.

LÄNDERARBEITSGEMEINSCHAFT WASSER (1996):  
Gewässerbewertung – stehende Gewässer, Richtlinien für die Bewertung nach trophischen Kriterien. – Entwurf Stand: 4.6.96.

MELZER, Arnulf & Reinhold SIRCH (1987):  
Die Makrophytenvegetation des Abtsdorfer Sees – Angaben zur Verbreitung und Ökologie. – *Ber. ANL* 11: 171-176.

REYNOLDS, C.S. (1982):  
Phytoplankton periodicity: its motivation, mechanisms and manipulation. – *FBA, Ann. Rep.* 50: 60-75.

———— (1988):  
The concept of ecological succession applied to seasonal periodicity of freshwater phytoplankton. – *Verh. Internat. Verein. Limnol.* 23: 683-691.

———— (1998):  
What factors influence the species composition of phytoplankton in lakes of different trophic status? – *Hydrobiologia* 369/370: 1-26.

ROTT, Eugen (1978):  
Chlorophyll-a-Konzentration und Zellvolumen als Parameter der Phytoplanktonbiomasse. – *Ber. nat.-med. Ver. Innsbruck* 65: 11-21.

———— (1981):  
Some results from phytoplankton counting intercalibrations. – *Schweiz. Z. Hydrol.* 43: 34 – 62.

———— (1984):  
Phytoplankton as biological parameter for the trophic characterization of lakes. – *Verh. Internat. Verein. Limnol.* 22: 1078-1085.

SCHAUMBURG, Jochen (1996):  
Seen in Bayern: Limnologische Entwicklung von 1980 bis 1994. – *Informationsberichte des Bayerischen Landesamtes für Wasserwirtschaft*, Heft 1/96, München.

SCHWOERBEL, Jürgen (1994):  
Methoden in der Hydrobiologie/Süßwasserbiologie. – 4. Aufl., Fischer, Stuttgart.

SOMMER, Ulrich, Z. Maciej GLIWICZ, Winfried LAMPERT & Annie DUNCAN (1986):  
The PEG-model of seasonal succession of planctonic events in fresh waters. – *Arch. Hydrobiol.* 106: 433-471.

UTERMÖHL, Hans (1958):  
Zur Vervollkommnung der quantitativen Phytoplanktonmethodik. – *Mitt. Int. Ver. Limnol.* 9: 1-38.

VOLLENWEIDER, Richard A. (1979):  
Das Nährstoffbelastungskonzept als Grundlage für den externen Eingriff in den Eutrophierungsprozess stehender Gewässer und Talsperren. – *Z.f. Wasser- und Abwasser-Forschung* 12: 46-56.

WATSON, Susan & Jaap KALFF (1981):  
Relationships between Nanoplankton and Trophic Status. – *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 38: 960-967.

# ZOBODAT - [www.zobodat.at](http://www.zobodat.at)

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Laufener Forschungsberichte \(LFB\)](#)

Jahr/Year: 2001

Band/Volume: [7](#)

Autor(en)/Author(s): Badura Marianne, Buchmeier Georgia

Artikel/Article: [Der Abtsee Forschungsergebnisse der Jahre 1990-2000 zum Schutz und zur Entwicklung eines voralpinen Stillgewässers 99-111](#)