

PHYTOPLANKTON UND PRIMÄRPRODUKTION IN HOCHGEBIRGSSEEN DES KANTONS TESSIN (SCHWEIZ)

Urs Schneider

1. Problemstellung

Seit vielen Jahren werden im tessinischen Alpenraum 60 der dortigen 200 Hochgebirgsseen von begeisterten Sportfischern befischt. Wegen der meist fehlenden oder kümmerlichen Reproduktion werden jährlich um 200 000 Sömmerlinge, vorwiegend Regenbogenforellen, ausgesetzt. Um gezielte Besatzmaßnahmen ergreifen zu können, gab anfangs der 70er Jahre der tessinische Fischereiverband eine Studie in Auftrag, welche die Ertragsfähigkeit dieser Seen untersuchen sollte. Herr MARRER, ein Fischereibiologe von Solothurn/Schweiz, bearbeitete das Zooplankton, das Benthon, die Ernährungsweise und das Wachstum der Fische, ich die geographisch-geologischen Fragen, den chemisch/physikalischen Teil der Gewässer und das Plankton mit dessen Produktion (1).

Als ich mit meinen Arbeiten 1973 begann, erschienen gerade die zahlreichen Publikationen über die Finstertaler- und Pyrenäenseen (2, 3, 4, 5). Sofort stellte ich mir die Frage, inwiefern sich die tessinischen Hochgebirgsseen von den österreichischen bzw. pyrenäischen unterscheiden.

In meinem Referat werde ich anhand einiger ausgewählter Gebiete meine Arbeit vorstellen. Da ich mich seit 1980 mit der Limnologie nicht mehr intensiv beschäftige, fehlen neuere und neueste Ergebnisse in der vorliegenden Arbeit.

2. Untersuchte Seen

Die untersuchten Seen liegen im südlichen Alpenraum der Schweiz, im Gebiet des St. Gotthardpasses zwischen 1 800 und 2 300 m ü.M., an oder über der Waldgrenze. Nur die neu errichteten Speicherbecken weisen bei Vollstau größere Oberflächen auf, die meisten natürlichen Seen sind Kleingewässer mit einer Tiefe, die deutlich unter 1 km² liegt. Fünf Seen wurden während zwei Vegetationsperioden, fünf weitere während einer Vegetationsperiode und 15 Seen einmal begangen.

3. Ergebnisse

Die meisten Seen liegen in halbkreisförmigen Mulden mit steil aufragenden Wänden. Je nach Exposition der Muldenöffnung können Klimafaktoren verstärkt oder geschwächt werden. Die beiden folgenden Horizont-überhöhungsdiagramme illustrieren dies (Abb. 1a und 1b, S. 7).

Der Lago Cadagno ist gegen Norden durch einen mächtigen Wall gegen kalte Nordwinde geschützt. Die mögliche Sonnenscheindauer wird nur wenig beschränkt. Ganz anders der Lago Tremorgio. Im Frühling wird hier die mögliche Sonnenscheindauer deutlich reduziert, was einen verspäteten Eisbruch zur Folge hat.

Abb. 1 a: Lago Cadagno, Horizontüberhöhungs - Diagramm.
Tagbogen der Sonne um den 21. jeden Monats.

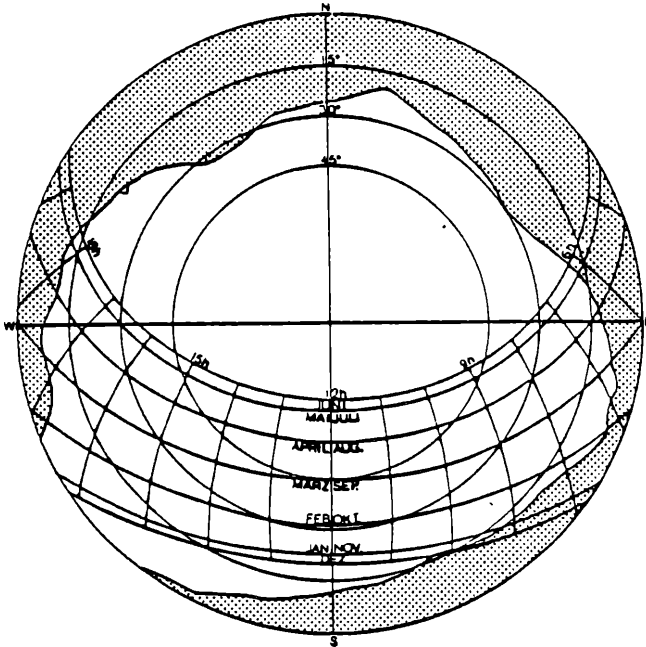
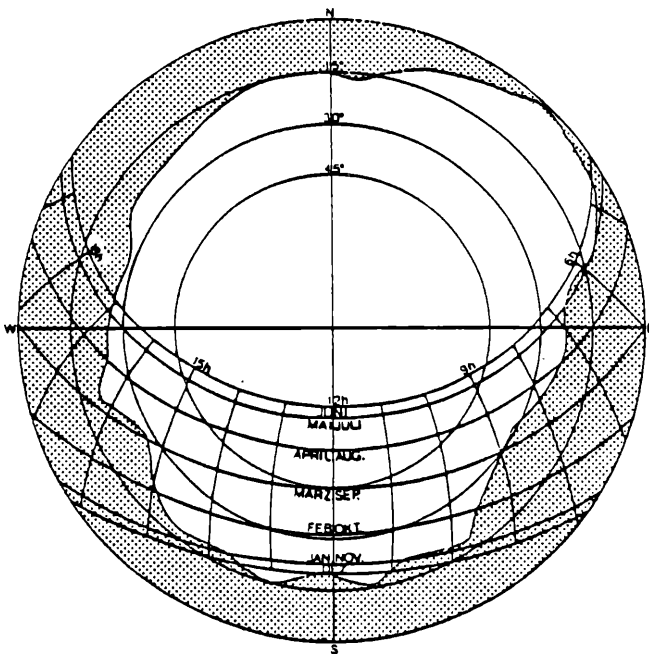


Abb. 1 b: Lago Tremorgio, Horizontüberhöhungs - Diagramm



Strahlung

Gegenüber den Niederungsseen hat im Hochgebirge die Globalstrahlung eine noch zentralere Bedeutung für die Biozönose. SAUBERER und DIRMHIRN (8) stellten fest, daß bei gleichem Bewölkungs- bzw. Be-

deckungsgrad die Strahlungsintensität in 2 000 m Höhe um 50 - 100 % gegenüber der Meereshöhe zunimmt. Kurzfristig kann der Wert der Globalstrahlung sogar über demjenigen der Solarkonstante liegen, nämlich dann, wenn einzelne Wolkenfelder günstig reflektieren. Wenn Ende Mai, anfangs Juni die Winterdecke abgebaut ist, fällt dies mit dem höchsten Sonnenstand zusammen und verlangt von den Algen eine sehr rasche Adaption nach der langen Dunkelperiode.

Doch zuerst zur Thermik. Die beiden Isothermenkarten (Abb. 2a und 2b) stammen von Stauseen; deshalb sind die Pegelstände auf die entsprechenden Koten eingetragen. Dies ergibt ein etwas ungewohntes Bild der Isothermen.

Abb. 2 a: Lago Ritom

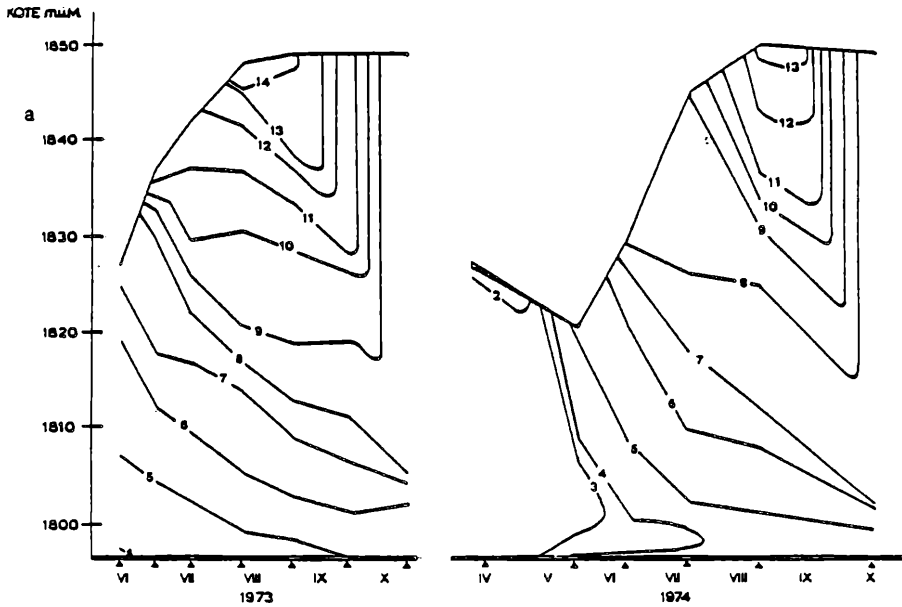
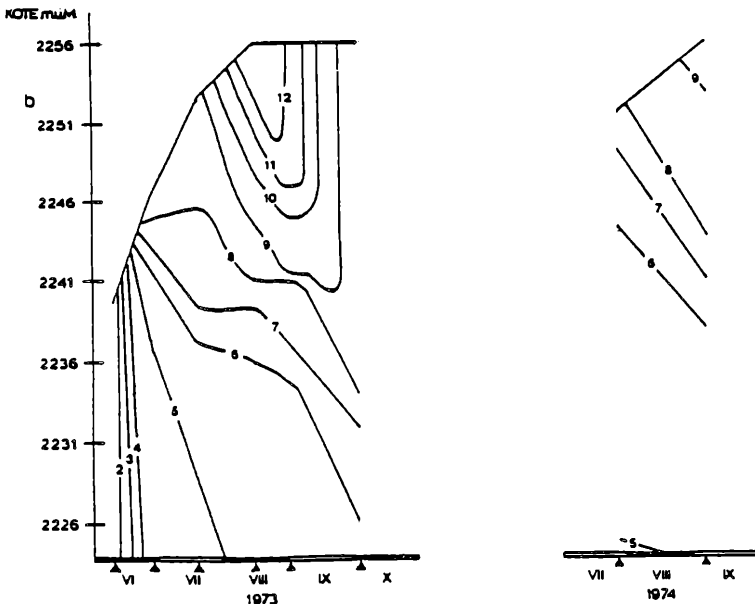


Abb. 2 b: Lago della Sella. Isothermen



Dank der intensiven Strahlung erwärmt sich das Wasser sehr rasch, vor allem auch deshalb, weil die Monate Juni/Juli im Tessin bezüglich der Großwetterlage sehr günstig liegen. Die Frühjahrsvollzirkulation ist auf eine kurze Zeit beschränkt, die sommerlichen Maximalwerte übersteigen an der Oberfläche nur gelegentlich 14°C , häufig liegen sie etwas darunter. Weil die maximale Temperaturdifferenz innerhalb eines Sees meist deutlich weniger als 10°C beträgt, fehlen eigentliche Sprungschichten.

Die herbstliche Zirkulation dauert zwei Monate bei natürlichen, bis vier Monate bei Speicherbecken. So zirkulierte im Winter 1973/74 der Lago Ritom noch bei der Temperatur von $2,8^{\circ}\text{C}$, ehe eine Eiskecke eine weitere Zirkulation verhinderte. Die Erwärmung im Mai war dann so rasch, daß an der Oberfläche $5,6^{\circ}$ herrschten, während in fast 20 m Tiefe noch $2,8^{\circ}$ gemessen wurden.

Speicherbecken können erstaunlich hohe Wärmeinhaltswerte aufweisen. Sie geben kaltes Tiefenwasser ab und akkumulieren warmes Oberflächenwasser (Tab. 1).

Tabelle 1:

See	Höhe m ü. M.	sommerlicher Wärmeinhalt θ_{bs}	
		J cm^{-2}	% vom Jahresbudget
Cadagno	1923	26 770	49,2
Dentro	2298	26 603	52,3
Ritom	1850	91 995	68,7
Sella	2256	47 282	59,7
Tom	2021	26 465	52,4
LPB*	2285	37 020	46,1
VFS**	2237	24 870	40,0
HFS***	2240	7 243	14,5
Amethyst L.+	2995	23 655	

* CAPBLANCQ (5)

** PECHLANER (2)

*** Hinterer Finstertaler See (2)

+ RAWSON (7)

Nährstoffe

Tabelle 2 (Seite 10) zeigt die wichtigsten Metallionen-Konzentrationen der Seen. Bei allen Seen wurde eine Dreiergruppierung vorgenommen.

ph-Werte

Die pH-Werte schwankten erwartungsgemäß von See zu See und im Laufe einer Vegetationsperiode recht deutlich. Nur vereinzelte Messungen in Seen, welche im Kristallinen liegen, wiesen vor 10 Jahren schwach saure Werte auf. Die kalkhaltigen Gewässer dagegen bewegten sich stets im alkalischen Bereich. Leider haben sich heute die Verhältnisse in den ungepufferten Gewässern drastisch verändert. Neueste Messungen ergeben Werte um pH 4.

Tabelle 2: Gruppierung der Seen nach den im Wasser vorhandenen Metallkonzentrationen Ca, Mg und K

Metall	Gruppe	Konzentration in mg/l	Seen	in %
Ca	1	< 3	16	72
	2	4 - 8	3	14
	3	> 8	3	14
Mg	1	< 1	18	82
	2	2 - 3	3	14
	3	> 3	1	4
K	1	< 0,8	15	68
	2	0,8 - 1,1	5	23
	3	> 1,6	2	9

Phytoplankton

Die oft beobachtete zweigipflige Kurve der Phytoplanktonbiomasse konnte ich auch in diesen Seen erkennen. Berücksichtigen muß man aber die relativ großen Abstände von drei bis vier Wochen zwischen den einzelnen Probenahmen, denn auch in Hochgebirgsseen ändern sich die Phytoplanktonpopulationen recht rasch. Begehungen während des Eisbruches waren mit einem Gummiboot nicht möglich. Interessant wären aber gerade hier die Verhältnisse gewesen, denn in anderen Seen konnten zu diesem Zeitpunkt sehr hohe Biomassen beobachtet werden. Ich vermute im Lago di Tom (Abb. 3, S. 12) diesen Verlauf, denn kurz nach der Frühlingszirkulation herrscht über dem Grund ein bedenkliches Sauerstoffdefizit.

Das Frischgewicht der Phytoplanktonbiomasse pro m² Seeoberfläche scheint selten über 15 g zu liegen. Tabelle 3 (S. 11) gibt die Ergebnisse von 56 ausgezählten Serien wieder. Nur zweimal lagen sie über 15 g, 1/3 der Serien wiesen Werte zwischen 15 und 5 g, 2/3 der Serien Werte unter 5 g auf.

Die Daten aus der Literatur bestätigen diese Tendenz. Einzig der Vorderer Finstertalersee (3) macht von dieser Regel eine Ausnahme. Dies ist aber leicht zu erklären, denn während in allen anderen Seen die Nanoplankter absolut dominieren, beherrschte im Vorderen Finstertalersee die Spezies *Gymnodinium uberrimum* die Biomasse. Diese Alge ist um zwei Zehnerpotenzen größer als die Nanoplankter.

Primärproduktion

Die Tagesproduktion des Phytoplanktons habe ich mit Hilfe der C-14-Methode aus der 4-Stunden-Expositionszeit berechnet, indem ich die Produktionsgröße direkt proportional zur eingestrahelten Lichtgröße (Globalstrahlung) setzte. Wie ich im vorigen Abschnitt erwähnt habe, beginnt die Primärproduktion schon unter der schmelzenden Winterdecke, welche lichtdurchlässig wird. Offenbar passen sich die Algen innerhalb kurzer Zeit den neuen Lichtverhältnissen an. Dank der Frühjahrszirkulation wer-

den die Nährstoffe gleichmäßig verteilt. Wie bei der Herbstzirkulation erfolgt die höchste Produktion bei Lichtintensitäten zwischen 5 und 25 J cm⁻²h⁻¹. Solche Lichtintensitäten liegen im Juni bei klarem Himmel deutlich in tieferen Wasserschichten als im Herbst. Die gleichen Werte konnten ebenfalls im Lac Port-Biehl (6) bestimmt werden.

Tabelle 3: Frischgewicht der Phytoplanktonbiomasse pro m² verschiedener Hochgebirgsseen während der Vegetationsperiode

See	Tiefe* m	Anzahl Serien	Frischgewicht g/m ²		
			< 5	5-15	> 15
Cadagno	10	5	3	2	0
Dentro	26	7	4	2	1
Ritom	27,5	13	8	5	0
Sella	27,5	7	5	2	0
Tom	12	11	4	6	1
übrige Seen	27,5	13	11	2	0
Total Serien		56	35	19	2
in %		100	62,5	33,9	5,6
Daten aus der Literatur					
VFS ¹	28,5	20	1	7	12
HFS ²	13,3	15	15	0	0
Snowflake Lake ³	13	3	2	1	0
LPB ⁴	18	33	33	0	0

* Tiefe, die zur Bestimmung der Phytoplanktonbiomasse berücksichtigt wurde

- 1 Vorderer Finstertalersee, ganzes Jahr (3)
- 2 Hinterer Finstertalersee, ganzes Jahr (3)
- 3 ANDERSON R.S., Oecologia 14, 1-17. 1974
- 4 Lac Port-Biehl (6)

Tabelle 4: Optimale Strahlungsenergie während der herbstlichen Zirkulation für die Photosynthese

See	Datum	Tiefe in m		PhAR	
				in J	cm ⁻² h ⁻¹
Cadagno	27.10.73	5		20	
Dentro	23.10.73	5		6	
Ritom	25.10.73	5	10	17	6
	16.10.74	5	15	30	5
Sella	2.10.73	10	20	27	6
	1.10.73	0,3	5	35	6

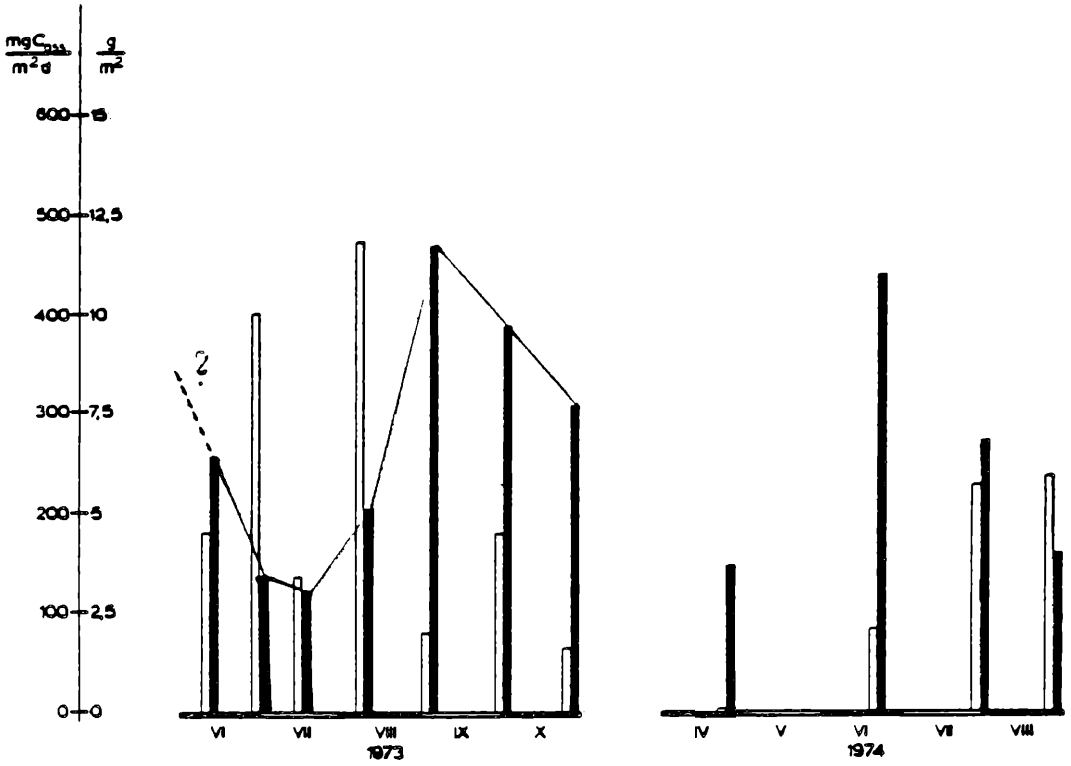
Abb. 3: Primärproduktion und Phytoplanktonbiomasse.

A = Lago di Tom, B = Lago della Sella

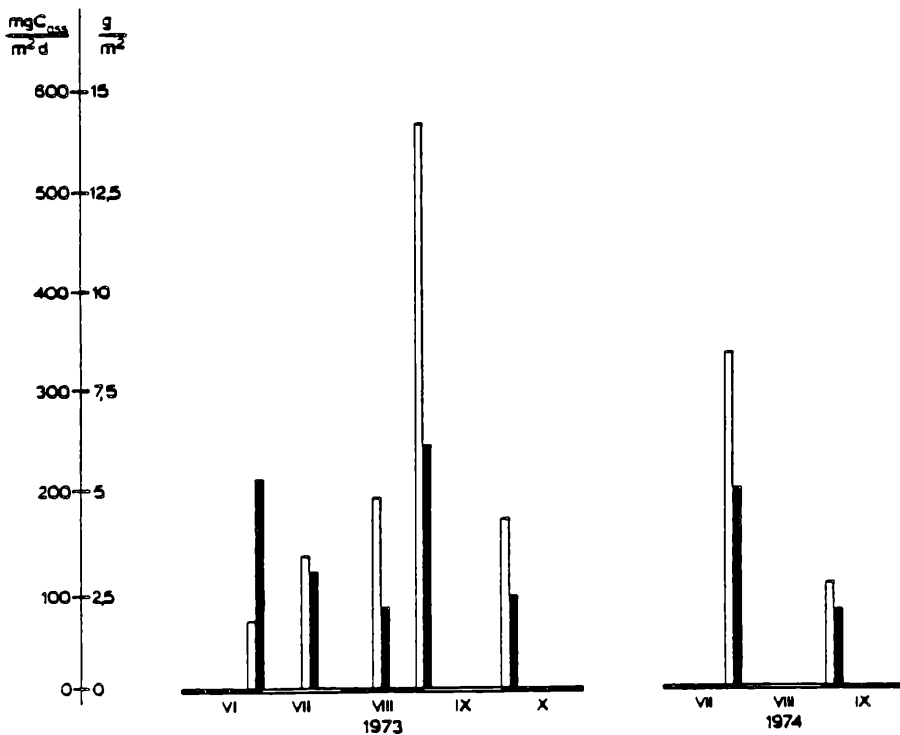
□ Primärproduktion in $\text{mg C}_{\text{ass.}} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{d}^{-1}$

■ Biomasse in $\text{mg Frischgewicht pro m}^2$

A



B



Während der Stagnationsperiode ändern sich die Verhältnisse. Zum Minimumfaktor werden jetzt die Nährsalze. Im Lago di Dentro fand ich im August 1973 praktisch kein Phytoplankton außer in 9,5 m Tiefe, wo eine scharf begrenzte Algenplatte von *Sphaerocystis Schroeteri* lebte (Abb. 4). Das Unterwasserphotometer zeigte dort eine drastische Transmissionsreduktion an. Der See besitzt keine oberirdisch sichtbaren Zuflüsse. Deshalb wäre es möglich, daß Sickerwasser sich im phosphatreichen Gestein der näheren Umgebung anreichert und sich in dieser Tiefe einschichtet. Der hohe Gesamtphosphor dieser Tiefe, er liegt um einen Faktor 10 über den übrigen Werten, könnte ein Hinweis dafür sein.

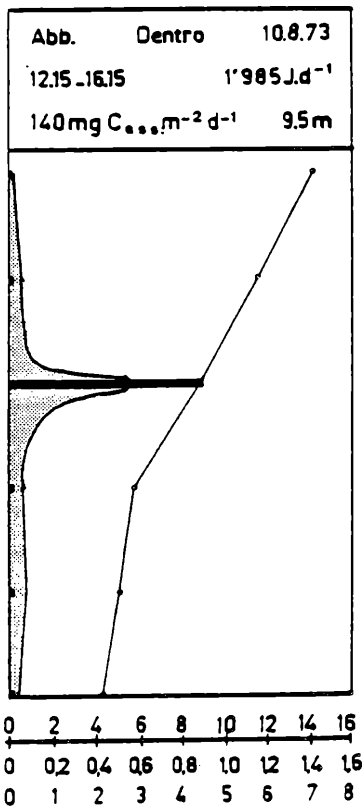


Abb. 4:

See, Datum, Expositionszeit, Globalstrahlung pro Tag und cm², Primärproduktion pro m² und Tag. ■ Phytoplanktonbiomasse in g pro m³, punktierte Fläche Primärproduktion, —●— Temp. in °C. Zahlenreihen: Oberste: Temperatur, mittlere: Primärproduktion in mg C_{ass.} pro m³ und Stunde, unterste: Frischgewicht g pro m².

Mit einfachem Interpolieren und Planimetrieren versuchte ich die Primärproduktion der Seen während der Vegetationsperiode abzuschätzen. Auf der Tabelle 5 (S. 14) erkennt man, daß eine Assimilationsleistung von 30 g C pro m² und Vegetationsperiode trotz verschiedenen Nährstoffkonzentrationen der Gewässer einen Durchschnittswert für einen Hochgebirgssee darstellt. Von den von mir untersuchten Seen weist ein einziger eine wesentlich höhere Produktion auf.

4. Zusammenfassung

Einleitend stellte ich die Frage, inwiefern sich die tessinischen Hochgebirgsseen von den bisher untersuchten unterscheiden. Wie ich in meinen kurzen Ausführungen zeigen konnte, besteht trotz der klimatischen Unterschiede eine erstaunliche Übereinstimmung bezüglich Phytoplanktonbiomasse und Primärproduktion.

Deshalb möchte ich folgendes als typisch für Hochgebirgsseen postulieren:

Der Eisbruch zur Zeit des höchsten Sonnenstandes verlangt von den Algen, die fast ausschließlich Nanoplankter sind, eine sehr rasche Anpassung an die extreme Strahlungssituation des Gebirges. Die kurze Frühjahrszirkulation ermöglicht eine günstige Nährstoffverteilung. Die hohe Primärproduktion führt sofort zu einer entsprechend hohen Biomasse.

Bei beginnender Sommerstagnation fällt die Algenpopulation rasch zusammen, wobei ein entscheidender Faktor beim Zusammenbruch wohl ein Nährstoffdefizit sein dürfte. Im Spätsommer steigen nochmals Produktionswerte und Biomasse kräftig an und können sich während der herbstlichen Zirkulationsperiode auf einem niederen Niveau halten.

Die gesamte Primärproduktion während der Vegetationsperiode dürfte im Schnitt um 30 g assimiliertem C pro m² liegen, während die Biomasse des Phytoplanktons selten 15 g Frischgewicht pro m² überschreitet. 2/3 aller Werte lagen unter 5 g, das restliche Drittel lag zwischen 5 und 15 g.

Tabelle 5: Primärproduktion während der Vegetationsperiode und mittlere tägliche Primärproduktion

See	Jahr	Vegetationsperiode		mittlere Tagesproduktion mg C _{ass.} ·m ⁻² ·d ⁻¹
		Dauer in Tagen	Primärproduktion g C _{ass.} ·m ⁻²	
Cadagno	1974	214	59,25	277
Dentro	1973	197	28,46	144
Ritom	1973	240	21,40	89
	1974	273	22,98	84
Sella	1973	208	34,83	167
Tom	1973	202	33,14	164
	1974	183	31,70	173
LPB*	1967/70	ca. 180	ca. 30	166
VFS*	1970	ca. 175	ca. 33	188
Bielensee**	1975/76	366	324,93	888

* Eigene Berechnungen nach den Arbeiten von CAPBLANCO (6) und TILZER (4)

** FRIEDLI (9) Mittellandsee

Literatur

- (1) SCHNEIDER, U. (1981):
Phytoplankton und Primärproduktion in einigen Hochgebirgsseen des Kantons Tessin. Dissertation, Zool. Inst. Univ. Bern, 1-152
- (2) PECHLANER, R. (1966):
Die Finstertalerseen (Kühtai, Österreich) I. Morphometrie, Hydrographie, Limnophysik und Limnochemie. Arch. Hydrobiol. 62, 165-230

- (3) PECHLANER, R. (1967):
Die Finstertalerseen II. Das Phytoplankton. Arch. Hydrobiol. 63, 145-193
- (4) TILZER, M. (1972):
Dynamik und Produktivität von Phytoplankton und pelagischen Bakterien in einem Hochgebirgssee (Vorderer Finstertalersee). Arch. Hydrobiol. Suppl. 40, 201-273
- (5) CAPBLANCO J. u. LAVILLE, H. (1968):
Etude morphométrique et physicochimique de neuf lacs du massif de Néouvielle (Hautes-Pyrénées). Annls. Limnol. 4, 275-324
- (6) CAPBLANCO, J. (1972):
Phytoplankton et productivité primaire de quelques lacs d'altitude dans les Pyrénées. Annls. Limnol. 8, 231-321
- (7) RAWSON, D.S. (1953):
The limnology of Amethyst Lake, a high alpine type near Jasper, Alberta. Can. J. Zool. 31, 193-210
- (8) SAUBERER u. DIRMHORN, I. (1958):
Das Strahlungsklima. Klimatographie von Österreich. Österreichische Akademie der Wissenschaften Bd. 3, 1. Lieferung, Wien
- (9) FRIEDLI, P. (1978):
Die Tages- und Jahresprimärproduktion des Bielersees unter Berücksichtigung der Extrapolation von Kurzzeitmessungen, der Biomasse, des Chlorophylls und der Einstrahlung. Dissertation, Zool. Inst. Univ. Bern, 1-384

Anschrift des Verfassers:

Dr. Urs Schneider
Eptingerstraße 26
CH - 4052 Basel/Schweiz

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Laufener Spezialbeiträge und Laufener Seminarbeiträge \(LSB\)](#)

Jahr/Year: 1984

Band/Volume: [2_1984](#)

Autor(en)/Author(s): Schneider Urs

Artikel/Article: [PHYTOPLANKTON UND PRIMÄRPRODUKTION IN HOCHGEBIRGSSEEN DES KANTONS TESSIN \(SCHWEIZ\) 6-15](#)