

Zeitschrift: Mitteilungen der Naturforschenden Gesellschaft in Bern
Band: 57 (2000)

Artikel: Ökologie des Bielersees

Inhaltsverzeichnis

Autor: Tschumi, Pierre-André

DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-318631>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. [Siehe Rechtliche Hinweise.](#)

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. [Voir Informations légales.](#)

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. [See Legal notice.](#)

Download PDF: 18.10.2024

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>

PIERRE-ANDRÉ TSCHUMI*

Ökologie des Bielersees

Inhaltsverzeichnis

1.	Vorwort	60
1.1	Achtzehn Jahre Gewässerökologie am Bielersee	60
1.2	Wozu solche Forschungen?	60
1.3	Was will diese Schrift und was nicht?	61
1.4	Verdankungen	61
2.	Einleitung	62
2.1	Was ist Ökologie?	62
2.2	Wie funktioniert ein Ökosystem?	62
2.3	Die Besonderheiten eines See-Ökosystems	64
2.3.1	Wasser und Licht	65
2.3.2	Temperaturschichtung im Sommerhalbjahr	65
2.3.3	Durchmischung im Winterhalbjahr	65
2.3.4	Die Organismen	66
2.3.5	Photosynthese oben	66
2.3.6	Abbau von Algen oben und unten	66
2.3.7	Nährstoffkreisläufe	66
2.3.8	Der Sauerstoffhaushalt eines Sees	67
2.4	Seen können krank werden	67
2.4.1	Phosphor beschränkte ursprünglich die Algenvermehrung	67
2.4.2	Gesunde Seen	67
2.4.3	Kranke Seen	68
2.4.4	Der Mensch als Verursacher der Seekrankheit	68
2.4.4.1	Wohnbevölkerung	68
2.4.4.2	Landwirtschaft	69
2.4.4.3	Wasch- und Reinigungsmittel	69
2.5	Natürliche Eutrophierung und Verlandung von Seen	69
2.6	Gewässerschutz, Ziele und Realität	70
3.	Das Untersuchungsgebiet	71
3.1	Der Bielersee und die Gewässer seines Einzugsgebietes	71
3.2	Der grosse Eingriff von 1878	73
4.	Die physikalischen Umweltbedingungen im See	74
4.1	Licht	74
4.1.1	Die Globalstrahlung	74
4.1.2	Das Licht unter Wasser	76
4.2	Die Wassertemperatur	78

* Adresse des Autors: PIERRE-ANDRÉ TSCHUMI, Lindenweid 9, Grächwil, CH-3045 Meikirch

5.	Die chemischen Umweltbedingungen im See	80
5.1	Sauerstoff	81
5.1.1	Messung der O ₂ -Konzentration mit der Winkler-Methode	81
5.1.2	Die Sauerstoffkonzentrationen im Jahresverlauf	82
5.1.3	Abnahme des Sauerstoffgehaltes als Indikator des Seestoffwechsels	85
5.1.3.1	Der Jahresverlauf der O ₂ -Abnahme unter 1 m ² Seeoberfläche	86
5.1.3.2	Der Sauerstoffverlust pro Tag und m ²	87
5.1.3.3	Die Sauerstoffzehrung von 1971 bis 1988	89
5.2	Die anorganischen Nährstoffe	89
5.2.1	Kohlenstoff: Bedeutung, Vorkommen und Herkunft	89
5.2.1.1	Fliessgleichgewichte zwischen den anorganischen C-Verbindungen	90
5.2.1.2	Wie lässt sich die Konzentration des anorganischen C messen?	91
5.2.1.3	Algen verfrachten Kohlenstoff ins Tiefenwasser	91
5.2.2	Phosphor	92
5.2.2.1	Bedeutung, Vorkommen und Herkunft	92
5.2.2.2	Wie werden Phosphatkonzentrationen gemessen?	93
5.2.2.3	Das Plankton verfrachtet Phosphor in die Tiefe	93
5.2.2.4	Das Seesediment als Phosphatfalle	94
5.2.2.5	Die Belastung des Bielersees durch Phosphor	94
5.2.2.6	Die Belastbarkeit eines Sees durch Phosphor	95
5.2.2.7	Eine summarische Phosphorbilanz für den Bielersee um 1974.	96
5.2.3	Stickstoff	96
5.2.3.1	Bedeutung, Vorkommen und Herkunft	96
5.2.3.2	Wie werden Nitratkonzentrationen gemessen?	97
5.2.3.3	Auch Stickstoff wird vom Plankton ins Tiefenwasser verfrachtet, aber ...	97
5.2.4	Eine Assimilationsgleichung mit Kohlenstoff, Stickstoff und Phosphor	99
6.	Die Algen: Bedeutung und Formenvielfalt	100
6.1	Was sind Algen, und was tun sie?	100
6.2	Die Algen der Freiwasserzone	101
6.3	Beispiele für Bielersee-Algen	101
6.4	Wie Algen zu rasches Absinken verhindern	105
6.5	Aber sie sinken doch ab, und viele werden schon vorher zersetzt	106
6.6	Algenblüten	106
6.7	Algengifte	107
7.	Wie viele und wieviel Algen leben im See?	108
7.1	Die Bestimmung der Algendichte und -Biomasse durch Auszählen	108
7.1.1	So zählt man Algen aus	108
7.1.2	Wie man zur Biomasse kommt	109
7.1.3	Wozu die ganze Auszählarbeit?	109
7.2	Algendichte, Biomasse und Anteil der Klassen im Jahr 1973	109
7.2.1	Die Algendichte am 17. August 1973	110
7.2.2	Die Algenbiomasse am 17. August 1973	110
7.2.3	Die Algenbiomasse des ganzen Sees am 17. August 1973	112
7.2.4	Die Algenbiomasse im Verlauf des Jahres 1973	112
7.2.5	Die Häufigkeit der Algenklassen im Verlaufe des Jahres 1973	115
7.3	Algendichte, Biomasse und Anteil der Klassen im Jahr 1983	115
7.3.1	Ähnlichkeiten mit dem Jahr 1973	117
7.3.2	Unterschiede zum Jahr 1973	117
7.3.3	Algenbiomasse und Phosphatkonzentrationen im Jahr 1983	119
7.4	Die Chlorophyllkonzentration als Indikator der Algenbiomasse	120
7.4.1	Chlorophyll-Messungen statt Auszählen?	120
7.4.2	Wie wird der Chlorophyllgehalt einer Wasserprobe gemessen?	120

7.4.3	Die Korrelation zwischen Algenbiomasse und Chlorophyllkonzentration	121
7.4.3.1	Ein Vergleich von Jahresabläufen	121
7.4.3.2	Etwas Statistik zum besseren Verständnis von <i>Abbildung 23</i>	122
7.4.3.3	Die Güte der Übereinstimmung zwischen Chlorophyll und Biomasse	122
7.4.3.4	Sind Chlorophyllwerte wirklich gute Indikatoren der Biomasse?	123
8.	Die Primärproduktion: Allgemeines	123
8.1	Definitionen in diesem Kapitel verwendeter Begriffe	123
8.2	Biomasse und Produktivität verschiedener Landökosysteme und der Biosphäre	124
8.2.1	Das Internationale Biologische Programm	124
8.2.1.1	Phytomasse und Jahresproduktion einer Wiese	125
8.2.1.2	Biomasse und Jahresproduktion eines Waldes	125
8.2.1.3	Produktivität und Biomasse der gesamten Biosphäre	125
8.2.2	Der Mensch kann nicht beliebig viel Bioproduktion nutzen	125
8.3	Woher stammt der Luftsauerstoff?	126
8.4	Der Wirkungsgrad der Primärproduktion	127
9.	Die Messung der Algenproduktion von Seen	127
9.1	Die C-14-Methode	128
9.1.1	Prinzip der Methode	128
9.2	Die Sauerstoffmethode	128
9.2.1	Prinzip der Methode	128
9.2.2	Ausführung der Messung	129
9.2.3	Die Präzision der Sauerstoffmethode	130
10.	Die Produktion von Algen im Bielersee	131
10.1	Erklärung des Klarwasserstadiums	131
10.1.1	Ziel und Hauptergebnis des Versuchs vom 25. Juli 1978	131
10.1.2	Durchführung des Versuchs	132
10.1.3	Tabellarische und grafische Darstellung der Ergebnisse	132
10.1.4	NP, R und BP unter dem m ² bis in die Kompensationstiefe	134
10.2	Ein Vergleich der O ₂ - und ¹⁴ C-Methoden	135
10.2.1	Ziel und Hauptergebnis des Versuchs vom 4. Juni 1985	135
10.2.2	Durchführung und Präzision des Versuchs	135
10.2.3	Grafische Darstellung der Ergebnisse	136
10.2.4	Die Algenproduktion im Verlauf des ganzen Jahres 1985	137
10.3	Wie gut zeigt der Chlorophyllgehalt des Wassers die Algenproduktion an?	138
10.4	Die letzte Hürde	138
10.4.1	Produktionsmessungen müssen extrapoliert werden. Aber wie?	138
10.4.2	Algen nutzen das Licht morgens und abends besser als am Mittag	139
10.4.3	Der empirische Ansatz von Peter Friedli	139
10.4.4	Der mathematische Ansatz von Bruno Bangerter	140
10.4.4.1	Die Extrapolation der Bruttoproduktion auf den Tag	140
10.4.4.2	Die Extrapolation der Bruttoproduktion auf das Jahr	142
10.4.4.3	Die Extrapolation der Nettoproduktion auf das Jahr	142
10.5	Die Algenproduktion zwischen 1973 und 1988	143
10.5.1	Geringere Abnahme der Algenproduktion als erwartet	143
10.5.2	Ein Minimalprogramm zur Beurteilung der Bioproduktivität des Sees	144
10.6	Die Bedeutung der Algenproduktion für den Bielersee	145
10.6.1	Die Beurteilung des Seestoffwechsels	145
10.6.2	Eine Ganzjahresbilanz	146
10.6.3	Eine Bilanz der Stagnationsperiode	146
10.6.4	Hauptergebnisse der Messung der Algenproduktion	147

11.	Das tierische Plankton: Bedeutung und Formen	147
11.1	Was ist Zooplankton, und was bedeutet es für den See?	147
11.2	Eine Übersicht über die Zooplankter des Bielersees	148
11.2.1	Stamm: Urtierchen, Protozoen	148
11.2.2	Stamm: Rundwürmer, Nematelminthes	148
11.2.2.1	Klasse: Rädertierchen, Rotatoria	148
11.2.3	Stamm: Gliederfüssler, Arthropoda	150
11.2.3.1	Gruppe: Höhere Krebse, Malacostraca	152
11.2.3.2	Gruppe: Wasserflöhe, Cladoceren	152
11.2.3.3	Gruppe: Ruderfusskrebse, Copepoda	153
12.	Wie viele und wieviel Zooplanktier leben im See?	154
12.1	Wie wird die Individuendichte des tierischen Planktons ermittelt?	154
12.2	Wie wird die Biomasse des tierischen Planktons ermittelt?	155
12.3	Das Krebsplankton der Jahre 1974 und 1975	155
12.3.1	Geringe Winterbestände und 3 Massenvermehrungen im Sommer	155
12.3.2	Erklärungen für die 3 Massenvermehrungen	157
12.3.2.1	Die Massenvermehrung von <i>Cyclops vicinus</i>	157
12.3.2.2	Die Vermehrung der Wasserflöhe und die Überweidung der Algen	158
12.3.2.3	Die Massenvermehrung von <i>Acanthocyclops</i>	159
12.3.2.4	Und die andern Krebsplankter der Jahre 1974/75?	160
12.4	Die Crustaceen des Jahres 1978	160
12.5	Die Crustaceen der Jahre 1987 und 1988	161
13.	Die Produktion von Zooplankton	161
13.1	Die Bestimmung der Produktion aus Vermehrung und Wachstum	162
13.2	Die Bestimmung der Produktion von Krebsplankton aus seiner Frassleistung	162
13.3	Zooplankton, Nahrungsketten und ökologische Wechselwirkungen	163
14.	Ein unbeliebter Algenkonsument: Die Wandermuschel	163
14.1	Die Invasion der Seen Europas	163
14.2	Vom Ei zur Jungmuschel	164
14.3	Warum die Dreikantmuscheln unbeliebt sind	165
14.4	Hauptergebnisse unserer Untersuchungen	165
15.	Der Ablauf einer Nahrungskette im See	166
15.1	Algen → Zooplankton → Fische	166
15.2	Was fressen denn Fische überhaupt?	167
15.2.1	Die Nahrung von Jungfischen	167
15.2.2	Die Nahrung adulter Felchen	168
15.2.3	Die Nahrung adulter Rotaugen	169
15.2.4	Die Nahrung der Egli	170
15.2.5	Die Nahrung der Trüschchen	171
15.3	Können trophische Ebenen übernutzt werden?	172
15.3.1	Was bedeutet Übernutzung?	172
15.3.2	Die Übernutzung der Felchen im Thunersee	172
15.3.3	Die Übernutzung anderer Arten durch den Menschen	173
16.	Messungen und Hochrechnungen unter der Lupe	174
16.1	Temperatur	174
16.2	Sauerstoff	175
16.2.1	Konzentrationen in verschiedenen Tiefen	175
16.2.2	Der Sauerstoffgehalt unter dem m ² Seeoberfläche	176
16.3	Phosphat und Nitrat	176

16.4	Die Inhomogenität des Bielersees bezüglich Herkunft seines Wassers	177
16.5	Die Chlorophyllkonzentrationen an 15 Probestellen	178
16.6	Algenbiomassen und Primärproduktion	179
16.6.1	Die Algenbiomassen bei Tüscherz und Neuenstadt	179
16.6.2	Gilt die Algenproduktion von Tüscherz für den ganzen See?	180
16.6.3	Gilt die bei Tüscherz ermittelte Zooplanktonproduktion für den ganzen See?	181
16.7	Und hätten wir einen Tag früher oder später gemessen?	181
17.	Die Wandlungen des Bielersees nach 1878	183
17.1	Sporadische Befunde aus der ersten Hälfte des Jahrhunderts	183
17.2	Wandlungen des Krebsplanktons	184
17.3	Die Entwicklung des Sees in der zweiten Jahrhunderthälfte	184
17.3.1	Die Veränderungen des Sees im Überblick	184
17.3.2	Der Rückgang der Phosphatkonzentrationen im Detail	185
17.3.3	Die Algenbiomasse von 1973 bis 1988 und von Monat zu Monat	186
17.3.4	Der Sauerstoffgehalt des Hypolimnions von 25 bis 70 m	187
17.3.5	Die Sauerstoffkonzentrationen in 30 bis 70 m Tiefe am Ende der Stagnation	189
17.3.6	Bielerseeuntersuchungen nach 1988	189
17.3.6.1	Weitere Abnahme der Phosphorgehalte	190
17.3.6.2	Die Nitratzirkulationswerte erreichten 1991 ihren Höhepunkt mit 1,8 mg/l N	190
17.3.6.3	Die Sauerstoffkonzentrationen des Tiefenwassers: immer noch kritisch	190
17.3.6.4	Die Algenbiomassen entsprachen den Erwartungen noch weniger als der Sauerstoff	191
17.3.6.5	Die Makrophyten (Laichkräuter und andere grössere Wasserpflanzen) sind gute Indikatoren	191
17.3.6.6	Ein Blick auf andere Schweizer Seen	191
18.	Literaturverzeichnis*	192

* Im Literaturverzeichnis sind die Einträge nach Autoren alphabetisch geordnet und fortlaufend in eckigen Klammern numeriert. Im Text verweisen Zahlen in eckigen Klammern auf die entsprechenden Literaturangaben.