

Jber. Abt. Limnol. Innsbruck 4: 202 (1978)

3. Geplante Vorarbeiten zur Untersuchung der Ökologie von *Baetis alpinus* PICTET (Baetidae, Ephemeroptera) im Piburger Bach  
(P. WEICHSELBAUMER).

Aufgrund von Lehramtsprüfungen im Studienjahr 1976/77 und anschließenden beruflichen Tätigkeiten, konnte die Arbeit an der im Jahresbericht 1977 erwähnten Dissertation erst jetzt wieder aufgenommen werden.

In Zusammenhang mit Untersuchungen von KOWNACKA (1977, p.154), die sich mit quantitativen Aspekten des Zoobenthos des Piburger Baches beschäftigten, zeigte sich, daß *Baetis alpinus* die dominierende Ephemeropteren-Art in den entnommenen Proben darstellte. Nur für diese dominierende Art wird im Piburger Bach bei einer im Hinblick auf die Kleinheit des Gewässers vertretbaren Probengröße eine quantitative Studie möglich sein.

Als Vorarbeit für diese Studie ist eine Untersuchung der Vertikalverteilung von *Baetis alpinus* im Substrat geplant, um die Effektivität von nur an der Substratoberfläche entnommenen Proben abzuschätzen. Ferner soll festgestellt werden, wieviele Proben pro Probenentnahme entnommen werden müssen, um die Ergebnisse statistisch absichern zu können. Dabei wird auch festgestellt werden, ob das Substrat des Baches in mehrere Sammelareale (Strata) unterteilt werden muß.

Mit den Untersuchungen wird im Juli 1978 begonnen.

Zitierte Literatur:

KOWNACKA, M. (1977): Quantitative Studien über das Zoobenthos des Piburger Baches. - Jber. Abt. Limnol. Innsbruck 3: 154-175.

Jber. Abt. Limnol. Innsbruck 4: 203 - 211 (1978)

VI. Angewandte Auftragsforschung

1. Auswirkungen der Tiefenwasserableitung auf den Hechtsee 1973-1977  
(H. PEHOFER)

Der Hechtsee liegt nahe Kufstein, etwa 80 km östlich von Innsbruck und ist einer der wichtigsten Badeseen Tirols. Die geographische Lage und die wichtigsten morphometrischen Parameter sind in Tab. 1.-1 zusammengestellt.

Tab. 1.-1: Hechtsee; geographische Lage und morphometrische Parameter (aus PECHLANER 1975).

Geogr. Länge	47°37' N
Geogr. Breite	12°10' E
Seehöhe (m ü.N.N.)	544
Areal (m <sup>2</sup> )	215.000
Länge/Breite (m)	770/550
Volumen (m <sup>3</sup> )	6,372.000
Maximale Tiefe (m)	56,5
Mittlere Tiefe (m)	29,6
Relative Tiefe (%)	10,8
Tiefenlinien in	MÜLLNER (1905).

1.) Belastungsquellen und Verhältnisse im See vor Einsetzen der Schutzmaßnahmen

Mit der Zunahme des Tourismus unterlag der See während der letzten Jahrzehnte einer immer stärkeren Belastung durch Badegäste; derzeit werden während der Sommersaison mehrere tausend Besucher pro Tag gezählt. Dem See werden außerdem über einen aus einem Moor- und Landwirtschaftsgebiet kommenden Bach (Schüttung etwa 10 l/sec) relativ hohe Phosphormengen (Gesamt-Phosphor: 90-100 µg/l) zugeführt. Eine weitere Belastungsquelle bildeten bis zum Jahr 1969 die Überläufe von Klärgruben zweier Gebäude am Seeufer.

Die besonders schwierige Situation dieses Sees liegt in seiner großen Tiefe (im Verhältnis zum Areal) und in der geringen Wassererneuerungsrate: der Hechtsee ist ein meromiktischer (und dimiktischer) See; aufgrund der morphologischen Gegebenheiten sollte nach der Formel von BERGER (1971) das Monimolimnion unterhalb von 22 m Tiefe beginnen (siehe PECHLANER 1975). Tatsächlich war jedoch die Grenze des ganzjährig nicht durchmischten Wasserkörpers in den Jahren 1972

und 1973 bis auf 15 m Tiefe angestiegen. Der darunter liegende Wasserkörper wies zwar durch die hohe Konzentration gelösten Kalces (Alkalinität 5,6 - 6,6 mval/l; elektrolytische Leitfähigkeit durchschnittlich etwa  $620 \mu\text{S}_{20}$ ) einen hohen Dichteüberschuß gegenüber dem Mixolimnion (el. Leitfähigkeit 400 -  $420 \mu\text{S}_{20}$ ) auf, dennoch war bei Zusammentreffen ungünstiger Witterungsbedingungen (starker Wind kombiniert mit dem Einfluß unterseeischer Quellen) eine Volldurchmischung zu befürchten. Der See hatte bereits einmal (im Herbst 1948) voll zirkuliert, wie aus Daten von STÜBER (1949) hervorgeht (siehe auch PECHLANER 1975). Bei den durch die zunehmende Belastung bis zum Jahr 1973 immer geringer gewordenen Sauerstoffgehalten hätte eine Volldurchmischung im Herbst 1972 oder 1973 mit Sicherheit eine Katastrophe für den See bedeutet: Mischungsversuche von Oberflächenwasser mit dem stark mit reduzierenden Substanzen angereicherten Wasser aus verschiedenen Tiefenbereichen des Monimolimnions zeigten, daß die Sauerstoffschuld des Monimolimnions bei einer herbstlichen Volldurchmischung die Sauerstoffkonzentration im gesamten See rasch unter 2 mg/l gedrückt hätte. Der Biochemische Sauerstoff-Bedarf (BSB) des durchmischten Wassers hätte dann innerhalb von wenig mehr als 3 Tagen einen totalen Sauerstoffschwund im gesamten Wasserkörper zur Folge gehabt (PECHLANER 1975).

Die Gesamt-Phosphorkonzentration betrug im Jahr 1973 im durchmischten Wasserkörper durchschnittlich  $50 \mu\text{g/l}$ , im Monimolimnion zwischen 30 und 55 m Tiefe durchschnittlich rund  $200 \mu\text{g/l}$  (siehe Tab. 1.-5).

## 2.) Sanierungs- und Restaurierungsmaßnahmen

- Die Klärgruben-Überläufe der Badeanstalt und des nahe dem See gelegenen Gasthofes werden seit dem Jahr 1969 vom See ferngehalten.
- Im Dezember 1973 wurde ein Olszewski-Rohr im See installiert. Der Durchmesser des Rohres beträgt 18 cm, die seeseitige Mündung lag 1974 zwischen 10 und 16 m Tiefe und ist seit Frühjahr 1975 in etwa 22,5 m Tiefe verankert. Im Auslaufbauwerk ist ein Verschlussschieber sowie ein Durchflußzähler montiert. Bis jetzt wurde wegen des starken Schwefelwasserstoff-Geruches im Auslaufbereich das Olszewski-Rohr jeweils während der Badesaison gedrosselt bzw. zeitweise ganz abgeschaltet. Insgesamt haben bis Ende 1977 rund  $3,370.000 \text{ m}^3$  mit Nährstoffen und reduzierten Substanzen angereichertes Wasser den See verlassen.

### 3.) Auswirkungen der Rehabilitierungsmaßnahmen

Die Änderungen, die der See bis zum Jahr 1977 erfahren hat, dokumentieren sich am deutlichsten in der elektrolytischen Leitfähigkeit, im Sauerstoffregime und im Phosphorgehalt des Seewassers.

#### Elektrolytische Leitfähigkeit

Tabelle 1.-2 zeigt eine Zusammenstellung der Leitfähigkeitswerte (Jahresmittelwerte) getrennt nach Tiefenstufen, wobei drei Tiefenzonen unterschieden wurden: 0 - 15 m: der vor Installierung des Olszewski-Rohres (1973) bereits durchmischende Wasserkörper, 17,5 - 25 m: der unmittelbare Einflußbereich des Olszewski-Rohres und 30 - 55 m: der Tiefenwasserkörper.

Die elektrolytische Leitfähigkeit zeigt in allen Wasserschichten eine Abnahme, am stärksten betroffen ist jedoch der Bereich oberhalb von 20 m Tiefe.

Die Möglichkeit einer jährlich tiefergreifenden Durchmischung von der Dichte des Wassers her läßt sich aus den Leitfähigkeitswerten ablesen: Im Jahr 1976 zeigte die Tiefenstufe 17,5 m mit  $336 \mu\text{S}_{20}$  nur mehr eine geringfügig höhere Dichte als der darüberliegende Wasserkörper (Durchschnittswert 0 - 15 m:  $313 \mu\text{S}_{20}$ ), wie dies im darauffolgenden Jahr 1977 für die Tiefenstufe 20 m zutrifft (20 m:  $326 \mu\text{S}$ ; Durchschnittswert 0 - 17,5 m:  $298 \mu\text{S}_{20}$ ).

In 25 m Tiefe liegt im Jahr 1977 die Leitfähigkeit mit durchschnittlich  $423 \mu\text{S}_{20}$  bereits um  $100 \mu\text{S}_{20}$  höher als in 20 m und nähert sich damit dem Durchschnittswert für den Bereich zwischen 30 und 55 m ( $488 \mu\text{S}_{20}$ ).

#### Sauerstoff

Das Sauerstoffregime hat sich seit Inbetriebnahme des Olszewski-Rohres entscheidend verbessert (siehe Tab.1.-3 und Tab. 1.-4). Während im Jahr 1973 in 15 m Tiefe nur noch Spuren von Sauerstoff zu finden waren, hat sich bis zum Jahr 1977 der sauerstoffführende Wasserkörper bis in den Bereich von 20 m Tiefe ausgedehnt. Im Herbst 1977 konnten erstmals seit Beginn der Untersuchung in 22,5 m Tiefe Spuren von Sauerstoff festgestellt werden.

In Tabelle 1.-4 sind die Sauerstoffinhalte des Sees vor Eislegung nach Tiefenstufen gewichtet bzw. für den gesamten See in den Jahren 1973 bis 1977 zusammengestellt. Wie ersichtlich, enthielt der See am 73-11-23 (vor Installierung des Olszewski-Rohres) 17 Tonnen Sauer-

stoff, und der sauerstoffführende Bereich endete bei ca. 12,5 m Tiefe. Eine erste wesentliche Besserung zeigte sich am 75-12-11 mit etwas über 21 Tonnen und Sauerstoff bis in 17,5 m Tiefe. Am 77-12-08 war bis in 20 m Tiefe Sauerstoff festzustellen und der Gesamteinhalt des Sees an Sauerstoff betrug rund 26 Tonnen, d.h. über 50% mehr als im Herbst 1973.

## Phosphor

In Tabelle 1.-5 sind die Gesamt-Phosphorkonzentrationen für die Jahre 1973 bis 1977 zusammengefaßt: im Jahr 1973 enthielt der damals durchmischte Wasserkörper zwischen 0 und 15 m Tiefe durchschnittlich 50  $\mu\text{g}/\text{l}$  Gesamt-Phosphor, in den Jahren 1974 und 1975 lagen die Werte etwas über 30  $\mu\text{g}/\text{l}$  und in den Jahren 1976 und 1977 hielten sich die Werte mit durchschnittlich 11 bzw. 10  $\mu\text{g}/\text{l}$  in einem Bereich, der häufig als Grenzwert zwischen oligotrophem und mesotrophem Trophiegrad genannt wird. Dies gilt jedoch nur für den derzeit durchmischten Wasserkörper.

Im Tiefenbereich um 20 m, wo in den letzten Jahren die seeseitige Mündung des Olszewski-Rohres lag, sind die Gesamt-Phosphorwerte von 111  $\mu\text{g}/\text{l}$  im Jahr 1973 auf 32  $\mu\text{g}/\text{l}$  im Jahr 1977 gesunken, während in den Entnahmestufen unterhalb von 25 m Tiefe seit Beginn der Untersuchung eine stetige leichte Zunahme des - bereits ursprünglich extrem hohen - Gesamt-Phosphorgehaltes (1973: 206  $\mu\text{g}/\text{l}$  - 1977: 230  $\mu\text{g}/\text{l}$  im Mittel) zu verzeichnen war.

Die Gesamt-Phosphorkonzentration des über das Olszewski-Rohr abgeleiteten Wassers war 1977 mit durchschnittlich 43  $\mu\text{g}/\text{l}$  am geringsten seit Inbetriebnahme der Tiefenwasser-Ableitung (siehe Tab. 1.-5).

## 4.) Die derzeitige Situation des Hechtsees und Folgerungen für die Zukunft

Das über das Olszewski-Rohr abgeführte Wasser entspricht hinsichtlich seiner Leitfähigkeit und seinem Gehalt an Gesamt-Phosphor wie bereits in den Vorjahren dem Seewasser im Tiefenbereich von 20 bis 25 m.

Der Wasserkörper unterhalb von 25 m scheint nach wie vor durch die Tiefenwasserableitung kaum berührt, hinsichtlich des Phosphor-Gehaltes ist seit 1973 sogar eine stetige leichte Zunahme zu verzeichnen (siehe Tab. 1.-6): 1973: 351 kg Phosphor im Wasserkörper zwischen 25 und 55 m gegenüber 421 kg im Jahr 1977.

Diese Anreicherung des Phosphors in der Tiefe des Sees dürfte einer-

Tab. 1.-3: Mittelwerte der Sauerstoff-Konzentration (mg/l), jährlich

seits auf Sedimentation toten organischen Materials zurückzuführen sein, andererseits muß aber auch der Einfluß von Zuflüssen hier in Betracht gezogen werden: die Phosphorfracht des untersuchten Zulaufes (siehe Kap. 1) ergibt bei Annahme von durchschnittlich 100 µg/l Phosphor und einer Schüttung von 10 l/sec immerhin eine Zufuhr von rund 30 kg Phosphor pro Jahr, wobei aufgrund der hohen Dichte (Leitfähigkeit rund 440 µS<sub>20</sub>) eine Einschichtung des zulaufenden Wassers unterhalb des Einflußbereiches des Olszewski-Rohres möglich erscheint. Es wurde versucht, über die Schüttungswerte des Olszewski-Rohres und die Phosphorkonzentrationen des abgeführten Wassers einen Vergleich der Gesamtabnahme von Phosphor im See mit der über das Olszewski-Rohr bis Ende 1977 abgeführten Phosphormenge durchzuführen (siehe Tab. 1.-6): der Phosphor-Inhalt des Sees hat sich nach dieser Berechnung seit 1973 insgesamt um 93 kg verringert, der Gesamt-Export über das Olszewski-Rohr beläuft sich jedoch auf etwa 203 kg. Die Differenz von 110 kg Phosphor müßte demnach dem See im Laufe der letzten Jahre aus seinem Einzugsgebiet (oder aus dem Sediment) zugeführt worden sein. Die oben für den Zulauf errechnete Zufuhr von rund 30 kg Phosphor pro Jahr (= 120 kg für die 4 Jahre seit Installierung des Olszewski-Rohres) stimmt mit dem errechneten Differenzbetrag auffallend überein. Eine Fernhaltung der hohen Nährstoffbelastung, die dieser Zulauf dem See bringt, sollte für die Zukunft in Betracht gezogen werden.

Der See enthielt seit April 1977 zu allen Entnahmezeitpunkten bis in eine Tiefe von 20 m Sauerstoff (im Herbst 77 sogar bis in 22,5 m Tiefe), womit sich die Gefahr eines totalen Sauerstoffschwundes im gesamten Wasserkörper bei Volldurchmischung stark vermindert hat und womit weiters die Wahrscheinlichkeit besteht, daß die derzeit aus 22,5 m ansaugende Tiefenwasserableitung 1978 auch im Sommer längere Zeit in Betrieb gehalten werden kann, ohne daß Belästigung durch Schwefelwasserstoff-Geruch auftritt.

Dennoch sind im Hinblick auf die kontinuierliche Anreicherung von Nährstoffen und sauerstoffzehrenden Substanzen in der Tiefe des Sees die Vorteile der Installation eines zweiten Olszewski-Rohres (für das im Auslaufbauwerk bereits vorgesorgt ist) bis in die maximale Tiefe des Sees zu diskutieren:

- Baldige sichere Betriebsmöglichkeit des ersten Rohres während des ganzen Jahres, wobei das zweite Rohr (in 55m Tiefe) nur den Winter über arbeiten würde .

- Verringerung des Risikos einer gefährlichen Sauerstoffabnahme im See durch Aufwirbelung sauerstoffzehrenden Tiefenwassers bei extremen Witterungsbedingungen (Sturm) vor der Eislegung.
- Raschere Senkung des Trophiegrades (bzw. Verminderung der Gefahr von Algenblüten bei tiefergreifender Durchmischung) durch effizient und rasche Abfuhr der in der Tiefe des Sees am stärksten akkumulierten Pflanzennährstoffe.

Was die weitere Überwachung des Hechtsees betrifft, so sind für das Jahr 1978 (wie in den Vorjahren) vier Untersuchungen (1. vor Eisbruch, 2. kurz nach Eisbruch, 3. zu Ende der Sommerstagnation, 4. vor Eislegung) geplant, wobei die Kosten dieser Untersuchungen von der Stadtgemeinde Kufstein getragen werden.

Tab.1.-2: Elektrolytische Leitfähigkeit im Hechtsee (in Mikrosiemens, bezogen auf 20 °C) in den Jahren 1973 bis 1977 (Mittelwerte, jährlich aus vier zeitlich vergleichbaren Entnahmen berechnet).

Tiefe (m)	1973	1974	1975	1976	1977
0	318	267	293	296	259
5	361	338	305	311	294
10	386	344	321	302	305
12,5	397	354	326	327	303
15	465	420	332	330	306
17,5	-	-	399	336	309
20	481	501	434	377	326
25	536	507	501	457	432
30	558	524	512	514	464
40	573	522	516	524	488
50	586	533	531	543	495
55	600	584	548	550	505
Olsz.-Rohr	-	423	499	473	402

Tab.1.-3: Mittelwerte der Sauerstoff-Konzentration (mg/l), jährlich aus vier zeitlich vergleichbaren Entnahmen berechnet, für die Jahre 1972 bis 1977 (+ = Spuren von Sauerstoff).

Tiefe (m)	1972	1973	1974	1975	1976	1977
0	7,7	9,3	10,2	10,2	9,5	9,7
5	7,2	7,3	9,4	8,7	9,2	8,7
10	2,4	4,8	5,7	5,7	5,8	6,6
12,5	2,3	0,8	0,7	4,7	4,4	5,5
15	+	+	+	2,1	3,3	5,0
17,5	0	0	0	+	0,7	3,6
20	0	0	0	0	+	0,2
22,5	0	0	0	0	0	+
25	0	0	0	0	0	0

Tab.1.-4: Sauerstoffinhalte im Hechtsee vor Eislegung in den Jahren 1973 bis 1977 (nach Tiefenstufen gewichtet bzw. für den gesamten See) in Tonnen.

Tiefenstufe (m)	1973 (23.Nov)	1974 (17.Dez)	1975 (11.Dez)	1976 (9.Dez)	1977 (8.Dez)	
0	6,2	5,4	4,6	4,6	5,0	Tonnen
5	8,3	7,2	6,2	6,2	6,8	"
10	2,3	3,2	4,7	4,6	5,1	"
12,5	0,2	1,5	2,9	2,9	3,2	"
15	0	0	2,7	2,7	3,0	"
17,5	0	0	0,1	0,1	2,7	"
20	0	0	0	0	0,1	"
22,5	0	0	0	0	0	"
25	0	0	0	0	0	"
Gesamter See:	17,0	17,3	21,2	21,1	25,9	Tonnen

Tab.1.-5: Gesamt- Phosphor im Hechtsee (in µg/l); Mittelwerte (jährlich aus vier zeitlich vergleichbaren Entnahmen berechnet) für die Jahre 1973 bis 1977.

Tiefe (m)	1973	1974	1975	1976	1977
0	60	14	16	9	9
5	47	30	18	14	12
10	44	25	14	12	10
12,5	41	46	50	9	10
15	58	48	56	11	10
17,5	-	-	58	20	9
20	109	84	41	21	25
25	118	86	98	70	64
30	108	118	141	145	161
40	179	167	168	181	196
50	220	263	255	257	253
55	315	292	318	298	313
Olsz.-Rohr	-	55	107	64	43

Tab.1.-6: Mittlere Phosphor-Inhalte im Hechtsee (in kg) in den Tiefenstufen 0-15m, 15-25m, 25-55m in den Jahren 1973 bis 1977.

Tiefenstufe(m)	1973	1974	1975	1976	1977	Phosphor Ab- und Zunahmen
0-15	142	86	74	33	30	- 112 kg
15-25	112	124	109	68	61	- 51 kg
25-55	351	365	382	396	421	+ 70 kg
0-55 m	605	575	565	497	512	- 93 kg
Phosphor-Elimination über Olszewski-Rohr:	45	83	38	36	203 kg	
Differenz = Phosphoreintrag aus Einzugsgebiet (oder Sediment)					110 kg	

Zitierte Literatur:

BERGER, F.(1971): Zur Morphometrie der Seebecken. - Carinthia II, Sonderh. 31:29-39

MÜLLNER, J.(1905): Die Seen des Unteren Inntales in der Umgebung von Rattenberg und Kufstein. - Z. Ferdinandeum (Innsbruck) 49:138-264.

PECHLANER, R.(1975): Eutrophication and restoration of lakes receiving nutrients from diffuse sources only. - Verh. Internat. Verein. Limnol. 19:1272-1278.

STÜBER, E.(1949): Limnologische Studien über einige stehende Tiroler Gewässer. - Diss. Univ. Innsbruck: 1-265.

Über die Phosphorwerte der Gewässer im Hechtsee im April 1971

Die Phosphorwerte im Hechtsee wurden im April 1971 an vier verschiedenen Stellen (Tiefen 0, 5, 10 und 15 m) entnommen. Die Ergebnisse sind in Tabelle 1.5 dargestellt. Die Phosphorkonzentrationen sind im Vergleich mit den Werten aus den Jahren 1973 bis 1977 (Tabelle 1.5) deutlich niedriger. Dies ist auf die Maßnahmen zur Phosphorelimination über das Olszewski-Rohr zurückzuführen.

Die Phosphorelimination über das Olszewski-Rohr betrug im April 1971 45 kg. Im Vergleich mit den Jahren 1973 bis 1977 (Tabelle 1.6) ist dies ein erheblicher Anstieg. Dies ist auf die verbesserte Wartung des Rohrs zurückzuführen.

Die Phosphoreinträge aus dem Einzugsgebiet (oder Sediment) betragen im April 1971 110 kg. Im Vergleich mit den Jahren 1973 bis 1977 (Tabelle 1.6) ist dies ein erheblicher Anstieg. Dies ist auf die erhöhte Nährstoffbelastung des Einzugsgebietes zurückzuführen.

Die Phosphorkonzentrationen im Hechtsee sind im April 1971 im Vergleich mit den Jahren 1973 bis 1977 (Tabelle 1.5) deutlich niedriger. Dies ist auf die Maßnahmen zur Phosphorelimination über das Olszewski-Rohr zurückzuführen.

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

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Jahresbericht der Abteilung für Limnologie am Institut für Zoologie der Universität Innsbruck](#)

Jahr/Year: 1977

Band/Volume: [1977](#)

Autor(en)/Author(s): Weichselbaumer Peter

Artikel/Article: [Geplante Vorarbeiten zur Untersuchung der Ökologie von Baetis alpinus PICTET \(Baetidae, Ephemeroptera\) im Piburger Bach 203-211](#)