

DIE AUSWIRKUNGEN DER NÄHRSTOFF - FRACHT AUF DIE GEWÄSSERGÜTE
DER SEEN IM AGER - EINZUGSGEBIET

Nutrient load and trophic state of Fuschlsee, Mondsee, and
Attersee

Otto MOOG

- 1) Summary
- 2) Berechnungsmethoden der Nährstoff-Frachten
- 3) Typologie und Charakteristik der Einzugsgebiete
- 4) Abhängigkeit der Nährstoff-Fracht von Geologie und
Nutzung des Einzugsgebietes
- 5) Nährstoff-Bilanz der Seenkette Fuschlsee-Mondsee-Attersee
- 6) Trophische Entwicklung von Fuschlsee-Mondsee-Attersee
in Abhängigkeit von Klima und Nährstoff-Fracht
- 7) Literatur

) Summary

The estimation of a phosphorus-budget of the Ager-lake-system is based on discharge measurements described in MOOG 198 . Nutrient concentrations of inflows have been determined monthly. Ager tributaries have been sampled biweekly. During flood events separate determinations of P-total concentrations have been carried out.

With one exception (Kienbach) no correlation between discharge and P-total concentrations could be detected. Three ways to calculate the annual phosphorus load have been used:
- annual water load x annual mean of P-total conc.
- sum of (monthly water load x monthly mean of P-total conc.)
- (annual water load minus sum of flood days x annual mean of P-total conc.) + (water load of sum of first days with flood x average P-total conc. of first days with flood) + (sum of following flood days x average P-total conc. of following flood days).

Monthly mean, annual mean, and annual under consideration of flood events gave similar results with exception of Fuschler Ache (table 1). Other attempts of loading calculations will be

2) Berechnungsmethoden der Nährstoff-Frachten

Die Bestimmung der Nährstoff-Fracht am Einrinn eines See-zubringers basiert auf der Kenntnis von zwei Meßgrößen: der Schüttung (Q) und der Nährstoffkonzentration (c). Da auf die Schüttungs- beziehungsweise Wasserfrachtbestimmungen im Ager-Seengebiet in MOOG (1981) näher eingegangen wird, soll an dieser Stelle die Berechnung der Nährstoff-Frachten diskutiert werden.

Primär ist festzuhalten, daß die Nährstoffkonzentration eines Flußlaufes auf Grund verschiedener Einflüsse eine zwischen gewissen Grenzen befindliche Größenordnung einnehmen kann.

In von Menschen unbeeinflussten Ökosystemen wirken sich vor allem der geologische Untergrund, die Bodenbedeckung sowie Klimafaktoren in ihrem jahreszeitlichen Verlauf auf den Abtransport von Nährstoffen aus. Auch zufälligen Ereignissen wie Hangrutschungen, Windwurf, extremen Unwettern etc. kommt größte Bedeutung zu. Im Bereich der menschlichen Kulturlandschaft, also den meisten der untersuchten Gebiete, bestimmen Besiedlungart und -dichte, Gewerbe und Industrie sowie die Art und Intensität der Bodennutzung den Nährstoffexport.

Auf Grund dieser zahlreichen Variablen ergibt sich bei der Erstellung einer Phosphorbilanz - als Entscheidungshilfe für ein Kosten-Nutzen orientiertes Seen-Management - als erster Problempunkt die Frage nach einem geeigneten Sammelprogramm. Durch dieses Sammelprogramm soll einerseits die Aussagekraft des Schätzwertes möglichst abgesichert (geringer Schwankungsbereich der Unsicherheitsgrenzen) sein, andererseits sollen die Kosten dafür in einem vernünftigen Ausmaß stehen.

Unter Berücksichtigung der Arbeiten von UNGER (1970), RECKHOW (1978, 1979) und LOFTIS & WARD (1980 a & b), welche ausführlich Sammelstrategien von Nährstoffbilanzen diskutieren, wurde im Bereich der Ager-Seenkette an den Hauptzuflüssen 14-tägige, an den restlichen Zuflüssen monatlich Proben entnommen.

Da zu Hochwasserereignissen - nach stärkeren Regenfällen oder zur Schneeschmelze - ein besonders hoher Abtransport von Nährstoffen zu erwarten ist (vgl. GÄCHTER & FURRER 1972, RECKHOW 1978, RIGLER 1979, WENDT & COREY 1980, LEONARD et al. 1980) wurden ab dem Jahr 1979 zu diesen Situationen gesonderte Sammeltouren unternommen.

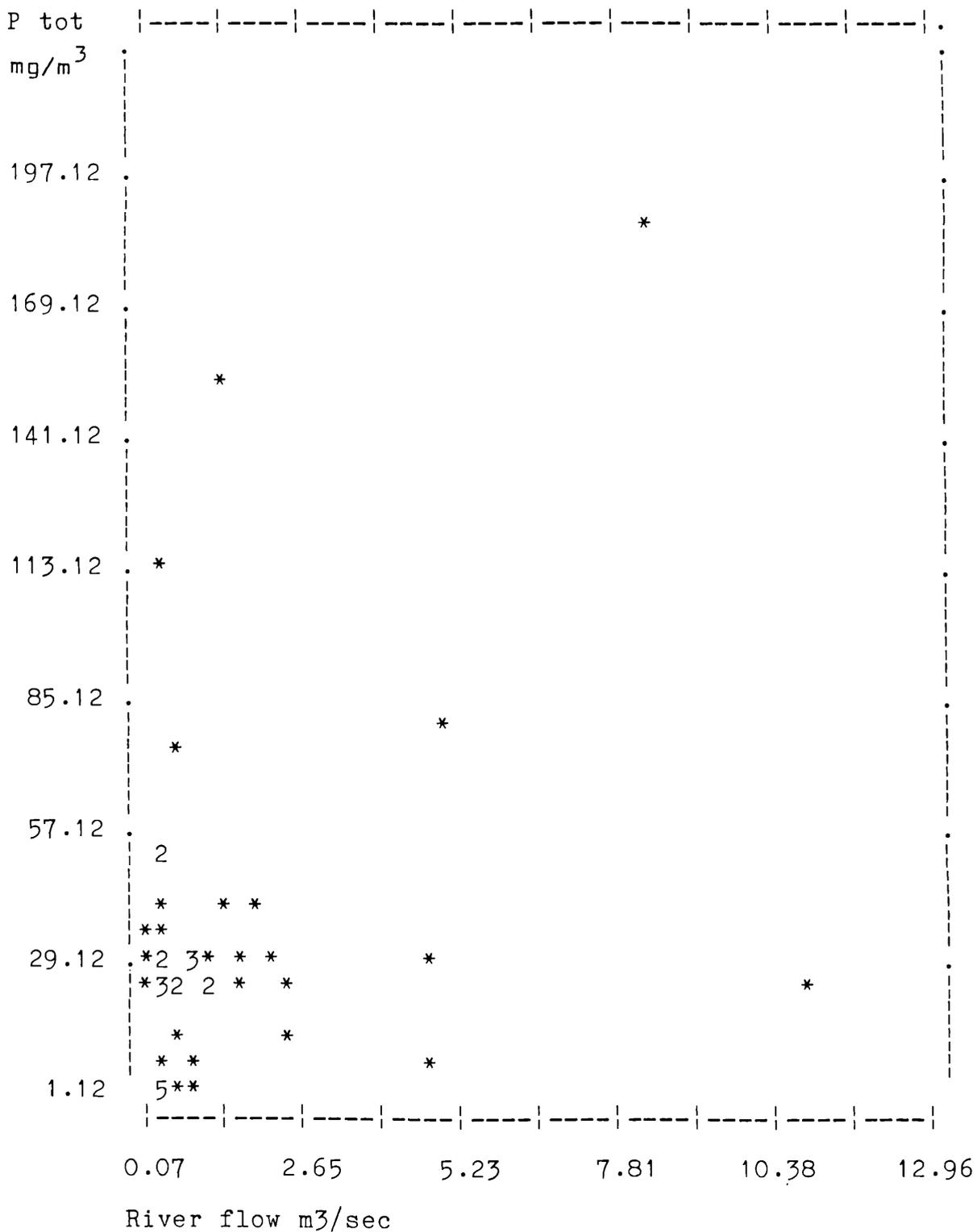
Wenn auch - wie später ausführlicher zu diskutieren sein wird - zu Hochwasserereignissen stets erhöhte Konzentrationen gemessen wurden, ergab dennoch die Regressionsanalyse von Schüttung und P_{total} -Konzentration bis auf eine Ausnahme (Kienbach) keine Korrelation zwischen dem Ausmaß der Wasserführung und der P-Konzentration. Im Gegensatz zu CRISP (1966), Mc CULL et al. (1975), JOHNSON et al. (1976), SMITH & STEWART (1977) und RIGLER (1979), die eine positive Korrelation dieser Parameter feststellten, trifft für das Ager-Seengebiet eher die Beobachtung von GÄCHTER & FURRER (1972), HOBBIIE & LIEKENS (1973), CAHILL et al. (1974) und KAUPPI (1979) zu; daß Schüttung und P-Konzentration bis auf wenige Ausnahmen nicht oder nur schwach korreliert sind.

Wie bei MÜLLER (1979) für die Mondseeache und FEDRA et al. (1981) für die Ager dargestellt, trifft die Unabhängigkeit von Wasserführung und P-Konzentration bei Seeausrinnen obligat zu. Auf der einen Seite dämpft der oben liegende Wasserkörper die Auswirkungen klimatischer Ereignisse, andererseits ist der P-Abtrag durch Erosion bei Hochwässern zu gering, um im Vergleich zur gesamt transportierten Wassermenge hervortreten zu können.

Die Verhältnisse Abfluß zu P_{total} -Konzentration von Weyreggerbach, Weißenbach und Kienbach sind in den folgenden Abbildungen 1 - 3 dargestellt.

Die mathematischen Beziehungen lassen sich wie folgt beschreiben (die Berechnungen sowie die graphischen Ausdrücke wurden von Dr. FEDRA, IIASA - Laxenburg durchgeführt).

Abb.1: Weyreggerbach



Regression analysis: linear regression ($y=a + bx$)

a= 25.3295

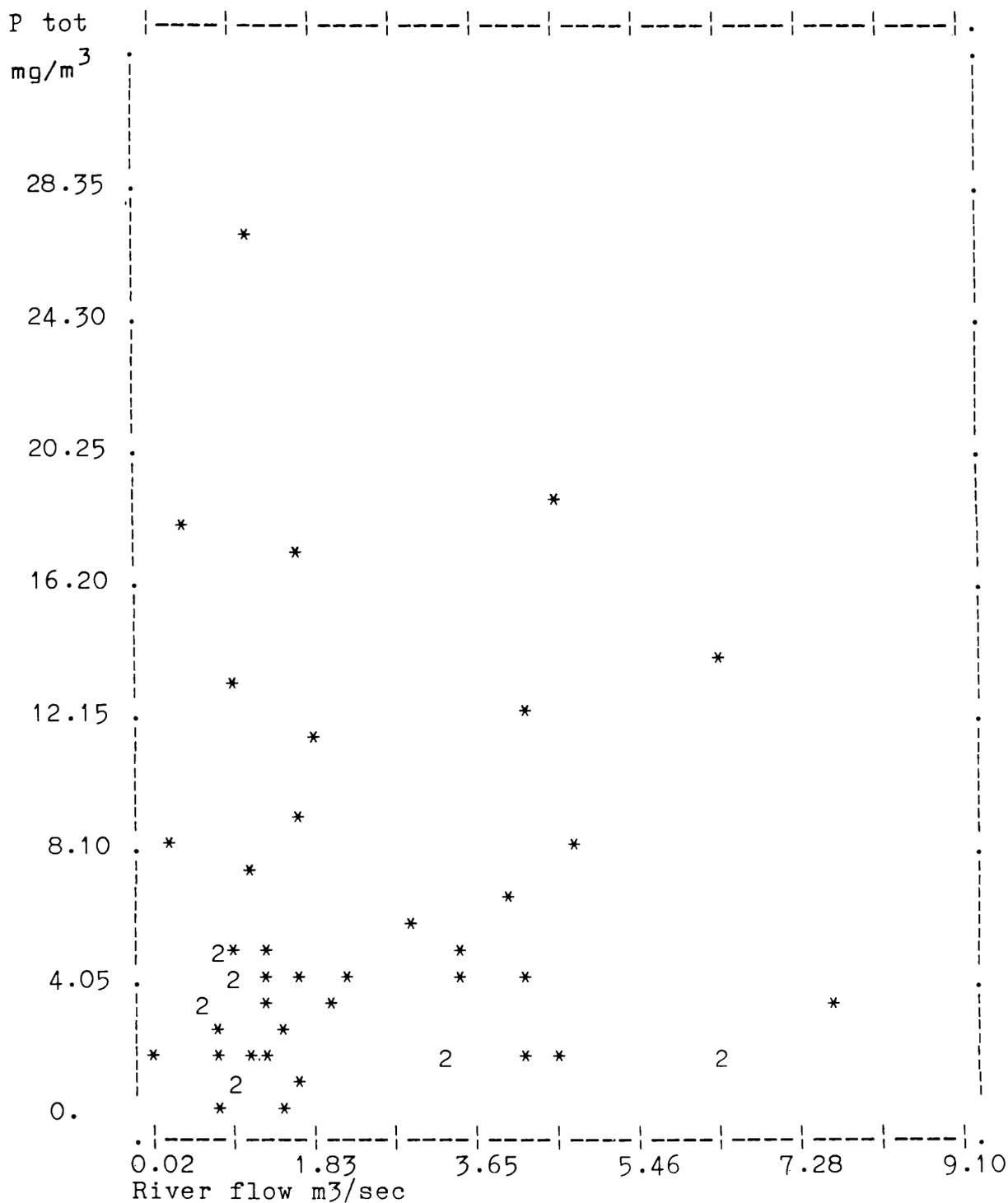
b= 5.7725 s.d.= 2.479 n= 45 correlation coefficient: 0,3347

power curve fitting ($y= ax^b$) data transf. to log

a= 21.7526

b= 0.2520 s.d.= 0.1498 n= 45 correlation coefficient: 0,2486

Abb.2! Weissenbach



Regression analysis: linear regression

a= 5.4174

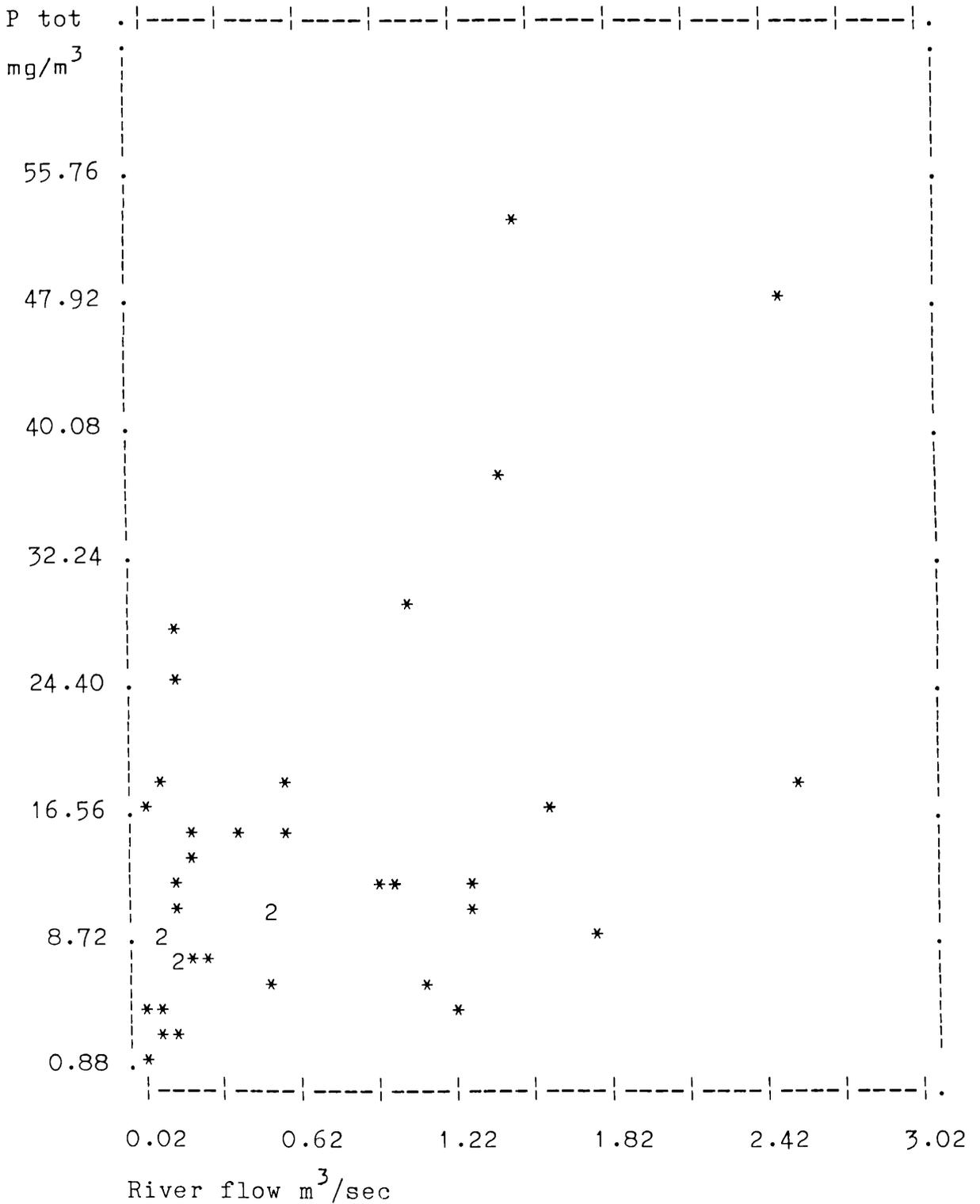
b= 0.0837 s.d.=0.442 n=48 correlation coefficient: 0.0279

power curve fitting

a= 3.3126

b= 0.1864 s.d.=0.1635 n=48 correlation coefficient: 0.1910

Abb.3: Kienbach



Regression analysis: linear regression

a= 8.5880

b= 8.4529 s.d.= 2.434 n=38 correlation coefficient: 0.5009

power curve fitting

a=15.0391

b= 0.3364 s.d.= 0.0946 n=38 correlation coefficient: 0.510

Da Schüttung und Konzentration nicht miteinander korreliert sind, ist es statistisch gerechtfertigt zur Frachtberechnung das Produkt aus Wasserfracht und mittlerer Nährstoffkonzentration heranzuziehen. Im gegenständlichen Fall gelangten Monats- und Jahresmittel von P-Konzentrationen zur Anwendung.

Auf Grund der Abhängigkeit von Schüttung und Konzentration beim Kienbach wird die Jahresfracht aus den Abflußdaten berechnet.

Um den oben erwähnten Einfluß von Hochwässern auf den Nährstofftransport, der bei Verwendung von Monats- oder Jahresmitteln zu Über- oder Unterschätzungen führen kann, auszuschließen, wurde an Bächen mit täglicher Abflußregistrierung und genügenden Konzentrationsproben ein weiterer Weg zur Frachtberechnung beschritten:

- 1) Von den Tagen ohne Hochwässer wurde die jeweilige Wasserfracht mit dem Monats- oder Jahresmittel multipliziert um die Nährstoff-Fracht der hochwasserfreien Tage zu erhalten.
- 2) Die Tage mit Hochwässern wurden unterteilt in Summe der ersten Tage von Hochwässern und Summe der Folgetage von Hochwässern.

Zu 1 wurde addiert:

Wasserfracht der Tage 1.Hochwassertage x
 x mittlere Konz. 1.Hochwassertage
 und

Wasserfracht der Tage mit Folgehochwasser x
 x mittlere P-Konz. von Folgehochwassertagen.

Die Dauer einer Serie von Folgehochwassertagen wurde bestimmt als Tage, beginnend vom 2. Hochwassertag bis zum Erreichen des Mittelwasserstandes.

Diese erste Abschätzung des Nährstoffeintrages unter Berücksichtigung von Hochwässern führt zu aussagekräftigeren Bilanzen, birgt aber immer noch folgende Fehlerquellen in sich:

- 1) Die Konzentrationsänderungen im Verlauf der Einheitsganglinie wurden ungenügend beprobt.
- 2) Unterschiedliche Konzentrationen zwischen einzelnen Hochwässern werden nur an Probeentnahmetage berücksichtigt.

Die zweite Fehlerquelle wird durch Verwendung des Jahresmittels der Hochwasser-P-Konzentrationen am 1. Tag und an den Folgetagen entschärft. Konzentrationsänderungen im Verlauf der Flutwelle werden in Zukunft stichprobenweise genauer überprüft.

Tabelle 1 vergleicht die Berechnungsergebnisse der Jahres-P-Frachten unter Verwendung von Monatsmittel, Jahresmittel und Monatsmittel unter Berücksichtigung von Hochwasserereignissen.

Tabelle 1: Annual P_{total} -loading

Comparison of monthly mean, yearly mean and monthly mean with consideration of nutrient export during flood events (kg P_{total} /year).

1980	monthly mean	yearly mean	monthly mean incl. flood
Weyreggerbach	1285	1210	1350
Weissenbach	485	500	-
Mondseeache	7820	7600	7510
Ager	4500	4350	-
Fuschler Ache	7480	7690	11000
Zeller Ache	3630	3270	-

Die Monatsmittel und Jahresmittel liegen in jedem Fall im gleichen Bereich. Für Mondseeache und Weyreggerbach kommt auch die Berechnung mit Hochwasser-Berücksichtigung zu ähnlichen Jahresfrachten. Wie schon bei MOOG (1980) für die Fuschler Ache aufgezeigt, ergibt auch 1980 die Berücksichtigung der Hochwässer eine größere Jahresfracht als die Berechnungen unter Verwendung der Monats- oder Jahresmittel.

Da die vorhandenen Daten ~~vereinzelt~~ Stichproben einer sich andauernd verändernden Grundgesamtheit darstellen, sind die oben erwähnten Möglichkeiten der Frachtberechnungen nur als iterative Näherungen aufzufassen. Weitere Frachtberechnungen, die über den Rahmen des ÖEP hinausgehen, werden in FEDRA et al. (1980) und FEDRA & MOOG (in prep.) zur Diskussion gestellt.

3) Typologie und Charakteristik der Einzugsgebiete: Stand 1980

Neben den oben angeführten Möglichkeiten der Erstellung einer Nährstoffbilanz wird, das Atterseegebiet betreffend, noch ein weiterer Weg beschritten.

Der oben angegebene, empirische Weg besteht darin, an möglichst vielen Einrinnen in ausgeklügelten Zeitintervallen die eingebrachte Nährstoffmenge zu messen, und auf diese Weise eine Jahresbilanz zu erstellen. Im gegenständlichen Fall stellt das hierbei besammelte Gebiet etwa 75 - 90 % des gesamten Einzugsgebietes dar; ein Prozentsatz, der einen guten Schätzwert der tatsächlichen Verhältnisse erlaubt.

Eine andere Möglichkeit Nährstoffbilanzen zu erstellen besteht darin, vom empirischen Messen an der Flußmündung wegzugehen und direkt Daten aus dem Einzugsgebiet auszuwerten. Diesen Weg beschreiten vornehmlich die "Modellierer", um über Niederschlags-Abfluß-Modelle, Abfluß-Nährstofftransport-Modelle sowie Berechnung diffuser Nährstoffquellen und derer Austräge, einzugsgebiets-spezifische Phosphorfrachten prognostizieren zu können.

Aufbauend auf dem Grundniveau des Phosphoraustrages (baseflow), nivelliert durch die klimatischen Verhältnisse, gilt es, den diffusen Eintrag aus verschiedentlich genutzten Gebieten und aus menschlichen Siedlung- und Aktivitätsflächen zu berechnen. Auf die weitere Methodik wird nicht näher eingegangen, da gemeinsam mit Dr. Fedra (IIASA, Laxenburg) das Problem der Nährstoffbilanzierung sowie die Interaktionen zwischen Einzugsgebiet und Gewässer auf oben angedeutete Art

Bodentypen:

Zuflüsse:

	Nässtalbach	Dexelbach	Urfangbach	Parschallenbach	Mühlbach	Ackerlingbach
Lockersediment - Braunerde	70	47	20	20	250	158
Pseudovergleyte L - Braunerde		58	5	107	20	30
Vergleyte L - Braunerde	1	25	3		20	25
Pseudovergleyte Felsbraunerde	25	5	20	20	10	
Pseudogley			2			
Gley	2	3	15	30	50	30
Hanggley		2		10	12	15
Anmoor	2				30	15
Niedermoor				1	12	10
Landwirtschaftl. Nutzfl. gesamt	100	140	65	187	404	283

Tabelle 2: Bodentypen in Einzugsgebieten westseitiger Atterseezubringer (in Hektar)

soil types in catchment areas of western Attersee-tributaries (in hektar)

Tabelle 3: Bevölkerungs- und Übernachtungszahlen der Atterseegemeinden im Jahr 1979

Number of inhabitants and overnight-bookings within the Attersee-catchment area 1979

Gemeinde	Einwohner	Übernachtungen
Attersee	1332	135 398
Berg	857	81 670
Nussdorf	925	116 788
St. Georgen	3088	127 152
Schörfling	2938	47 414
Seewalchen	4108	64 383
Steinbach	884	112 816
Strass	1274	63 602
Unterach	1345	112 074
Weyregg	1393	143 584

Tabelle 4: Rinder- und Schweinebestand im Einzugsgebiet der Atterseezubringer 1979

Number of horned cattle and pigs within the catchment area of Attersee tributaries 1979

	Rinder	Schweine
Haininöerbach	271	106
Mühlbach	515	257
Ackerlingbach	339	149
Nösstalbach	109	222
Dexelbach	218	97
Parschallenbach	189	28
Urfanobach	80	8
Weißbach	13	-
Steinbach	185	11
Kienbach	189	25
Alexenauerbach	51	5
Weyreggerbach	718	70

umrissen werden soll (FEDRA & MOOG in prep.). Der bisherige Stand an dazu notwendigen Informationen aus den Einzugsgebieten ist im folgenden dargestellt.

Erste geographische Beschreibungen des Atterseegebietes finden sich bei NAGL (1976). Da mit Ausnahme der aufgebrachten Düngemengen die flächenmäßigen Angaben auf das jeweilige Gemeindegebiet bezogen sind, für Abfluß-, beziehungsweise Nährstoff-Modelle das aktuelle Einzugsgebiet des Zubringers zur Betrachtung herangezogen wird, führte cand. phil. G. SCHINDLBAUER (Univ. Salzburg) Erhebungen über Kulturartenverhältnis, Bodentypen und Viehbestand durch. Ebenso wurden Bevölkerungs- und vor allem Übernachtungszahlen auf den neuesten Stand gebracht. Diese, im Rahmen eines Werkvertrages erhobenen, Daten von G. Schindlbauer sind in den Tabellen 2 - 5 festgehalten.

Vom Mondsee liegen außer Bevölkerungszahlen und Übernachtungsziffern (JAGSCH 1981) keine aktuellen Daten vor. Eine grobe Abschätzung des Kulturartenverhältnisses ist in Arbeit.

Kulturartenverhältnis, Bodentypen, Einwohner- und Nächtigungszahlen aus dem Fuschlseegbiet wurden von NAGL (1979) publiziert. Weitere Daten aus dem Umland des Fuschlsees werden von J. Haslauer nach Beendigung seiner Doktorarbeit freigegeben.

Aufschluß über wirtschaftliche Aspekte des Atterseegebietes gibt die Arbeit von SIAKALA (1979).

Tabelle 5: Kulturartenverhältnis in den Einzugsgebieten
der Atterseezubringer (in %)
Relation of cultivation in the Attersee catchment areas

Zuflüsse	Grünland	Ackerland	Wald	Ödland
Hainingerbach	36	26	38	-
Mühlbach	29	47	24	-
Ackerlingbach	20	36	44	-
Nässtalbach	12	22	66	-
Dexelbach	25	4	71	-
Parschallenbach	59	4	37	-
Urfanobach	27	-	73	-
Mondseeache				
Burggrabenbach	10	-	66	24
Loidlbach	5	-	77	18
Weißbach	1	-	63	36
Steinbach	26	-	58	16
Kienbach	10	-	80	10
Alexenauerbach	13	1	86	-
Weyreggerbach	25	1	74	-

4) Abhängigkeit der Nährstoff-Fracht von Geologie und Nutzung des Einzugsgebietes

Die jährlichen Phosphoraussträge aus Seeneinzugsgebieten liegen nach RECKHOW & SIMPSON (1980) zwischen 10 - 300 kg/km²/Jahr, VOLLENWEIDER & KERKES (1980) geben einen Bereich von 5 - 500 kg/km²/Jahr an.

Im Gebiet des Mondsees und Attersees wurden Austräge von 10 - 245 kg P_{total}/km²/Jahr gefunden, wobei der Bereich von 10 - 130 kg den üblichen Austrag erfaßt.

Die hohen Werte von 230 kg P/km²/Jahr (Alexenauerbach) und 245 kg (Steinbach) resultieren auf Grund von Murenabgängen und Rutschungen im Bereich dieser Bäche.

Die geringsten Einträge finden sich im engen Attersee-Einzugsgebiet, wo im Mittel 1978 - 1980 46,8 kg P/km²/Jahr exportiert wurde. Für das gesamte Attersee-Einzugsgebiet vermindert sich auf Grund der Rückhaltekapazität der oben gelegenen Seen der jährliche P-Austrag auf 40,9 kg p/km²/Jahr. Die jährliche Aufschlüsselung der P-Exporte gibt Tabelle 8.

Tabelle 6: Export coefficients of total-P in kg/km²/year within the Ager-lake-system

	Attersee total catchment area	Attersee direct c. a.	Mondsee total c. a.	Fuschlsee total c. a.
1978	35,7	40,7	-	80
1979	47,8	51,4	106,4	ca100
1980	39,3	48,4	90,7	-

Die P-Austräge aus dem Fuschlsee-Einzugsgebiet von 80 - 100 kg und aus dem Mondseegebiet von durchschnittlich 100 kg/km²/Jahr liegen etwa doppelt so hoch als im Atterseegebiet.

Die Aufschlüsselung der P-Austräge auf die einzelnen Zubringer kennzeichnet deutlich verschiedene Gruppen von Einzugsgebieten.

Die geringsten P-Exporte treten im Bereich des Kalk, Dolomitgebietes auf, wo neben den geologischen Eigenheiten auch der große Anteil an Ödland (Fels) mit 26 % und umfangreiche Waldflächen (69 %) gebietsbestimmend wirken (vgl. Tabelle 5). Einwohnerzahl (Tabelle 3) und Viehbestand (Tabelle 4) weisen ebenfalls geringe Werte auf. Die P-Austräge in diesem Gebiet liegen zwischen 10 - 14 kg/km²/Jahr. Die Aufgliederung auf die einzelnen Zubringer gibt Tabelle 7.

Tabelle 7: Export coefficients of total Phosphorus in kg/km²/year calcite-dolomite region

Loidlbach	10
Burggrabenbach	12
Weissenbach	14

Wenn auch die Austräge innerhalb eines engen Bereiches liegen, läßt sich dennoch eine Zunahme vom unbesiedelten Einzugsgebiet des Loidlbaches über Burggrabenbach (geringe Besiedlung, 1 Ausflugsstätte) und Weissenbach (großes Einzugsgebiet und Teile der Ortschaft Weissenbach) feststellen. Das gewichtete Mittel des P-Eintrages durch diese drei Attersee-Zubringer beträgt 13,2 kg P_{total}/km²/Jahr.

Die P-Austräge aus dem Flyschgebiet und Moränengebiet des Attersees liegen zwischen 38 - 113 kg P/km²/Jahr und teilen sich wie folgt auf.

Tabelle 8: Export coefficients of total P in kg/km²/year Flysh and morainic region

Dexelbach	38
Kienbach	43
Weyreggerbach	50
Mühlbach	75
Parschallenbach	100
Hainingerbach	113

Trotz eines stellenweise hohen Anteils an gering besiedeltem Gebiet weisen die Bäche aus dem Flysch- und Moränengebiet einen wesentlich höheren P-Austrag auf als die vorerst erwähnten Zubringer. Das flächengewichtete Mittel 1980 beträgt 55 kg P_{total}/km²/Jahr.

Aus dem geologisch vergleichbaren Einzugsgebiet des Mondsee-Umlandes werden zwischen 50 - 130 kg P/km²/Jahr ausgetragen.

Die Phosphorausträge des Mondseegebietes für 1978 bis 1980 sind in Tabelle 9 festgehalten.

Tabelle 9: Export coefficients of total Phosphorus in $\text{kg}/\text{km}^2/\text{year}$ - flysh and morainic region Mondsee

	Fuschler Ache total	Fuschler Ache w. except. Fuschlsee catchment area	Zeller Ache	Wangauer Ache
1978	-	-	62	50
1979	107	130	110	104
1980	94	119	95	73

Das flächengewichtete Mittel 1980 beträgt 95,5 kg. Der höchste Austrag wurde im Einzugsgebiet der Fuschler Ache gemessen, wo ab dem Fuschlsee-Ausrinn, ohne Einbeziehung des Fuschlsee-P-Exports ein Flächenausrag von $130 \text{ kg}/\text{km}^2/\text{Jahr}$ berechnet wurde.

Die Wangauer Ache, deren Einzugsgebiet die an Dexelbach und Parschallenbach angrenzende Wasserscheide einnimmt, wies mit 73 kg einen ähnlichen, wenn auch höheren, Wert als das gewichtete Mittel von Parschallen- und Dexelbach mit 61,6 kg auf.

Die Summe der Fuschlseezubringer exportierte ein ähnliches Maß an Totalphosphor wie die Mondsee-Einrinne. Eine genaue Analyse der Austragsverhältnisse dieser Bäche kann erst nach Abschluß der Doktorarbeit von J. Haslauer jun. erfolgen.

Eine Gruppe von Bächen, deren P-Fracht trotz geringer Besiedelung, beziehungsweise geringem landwirtschaftlichen Nutzungsanteil eklatant hoch erscheint, sind der Steinbach und der Alexenauerbach (245 bzw. $230 \text{ kg P}_{\text{total}}/\text{km}^2/\text{Jahr}$). Der Grund hierfür liegt in Hangrutschungen im Einzugsgebiet dieser Bäche. Nach WÜHL 1980 sind in der niederschlagsreichen Flyschzone, die dem Kalkgebiet mit etwa 10 - 20 km Breite vorgelagert ist, Hangrutschungen keine Seltenheit. Aus diesem

Grund wurde dem P-Eintrag aus diesen Gebieten besondere Beachtung geschenkt. Festzustellen ist hier, daß die Rutschungen zwar seitens der Wildbachverbauung zum Stillstand gebracht wurden, dennoch aber ein großes Potential ausschwemmungsfähiger Nährstoffe darstellt. Die Nährstoffe sind in diesen Fällen an kleine Korngrößen gebunden, die schon nach leichteren Niederschlägen abgeschwemmt und dem See zugeführt werden. Auf Grund der Niederschlagshäufigkeit im Untersuchungsgebiet kommt es zu fast ständigen Trübstoff-Führungen und hohen Nährstoff-Frachten von $102,8 \text{ mg P}_{\text{total}}/\text{m}^3$ durchschnittlich im Alexenauerbach und $174,6 \text{ mg}/\text{m}^3$ im Steinbach. Erst nach lang andauernden Trockenperioden erreichen diese Bäche eine Partikel- und Nährstoff-Fracht, die dem normalen Grundaustrag (baseflow) entspricht. Die folgende Tabelle zeigt die Auswirkung einer Trockenperiode im April 1981 auf Partikelfracht und Nährstoffexport am Steinbach.

Tabelle 10: Influence of a dry weather period on landslip induced transport of particulate matter and nutrients in a small flysh-creek (Steinbach)

date	suspended matter (dry weight in g/m^3)	Total ₃ Phosphorus (mg/m^3)
10.3.81	877	-
18.3.81	280	-
27.3.81	427	-
31.3.81	278	-
9.4.81	91	49,4
10.4.81	50	40,6
11.4.81	46	38,5
19.4.81	7	5,6

Eine ausführliche Diskussion der Beziehung Wasserfracht: Partikelfracht ist für den nächsten Jahresbericht vorgesehen.

Wie schon eingangs erwähnt, hat neben den von der Natur vorgegebenen P-Austrägen (Geologie, Klima, Morphologie, natürlicher Bewuchs und Bedeckung) die menschliche Tätigkeit maßgeblichen Einfluß auf Menge, Abschwemmung und Erosion der Nährstoffe. Auf den direkten Einfluß von Siedlungsgebieten (menschliche Abwässer) kann hier auf Grund fehlender, einzugsgebiets-bezogener Bevölkerungszahlen nicht eingegangen werden. Die geringen Einwohnerzahlen von 850 - 1400 pro Gemeinde im direkten Bereich des Attersees, fehlende Industrie sowie die Tatsache, daß ein Großteil der Gemeinden an eine zentrale Ringkanalisation angeschlossen sind, lassen andere Nutzungsarten stärker hervortreten.

Obwohl nach SIAKALA (1979) die Zahl von landwirtschaftlichen Betrieben ständig sinkt und nach NAGL (1977) im Atterseegebiet der Einfluß von Düngemaßnahmen auf die Eutrophie gering ist, läßt sich dennoch eine gute Korrelation zwischen Anteil an landwirtschaftlich genutztem Einzugsgebiet und Phosphoraustrag herstellen.

In Abbildung 4 ist die zur Berechnung herangezogene Punkteschaar dargestellt. Die mathematisch beste Beziehung läßt sich durch eine lineare Regression ausdrücken:

$$Y = a + bx$$

$$a = 3,0152$$

$$b = 1,0342 \quad \text{s.d.} = 0,1778 \quad n = 10 \quad \text{correlation coefficient} = \underline{0,9}$$

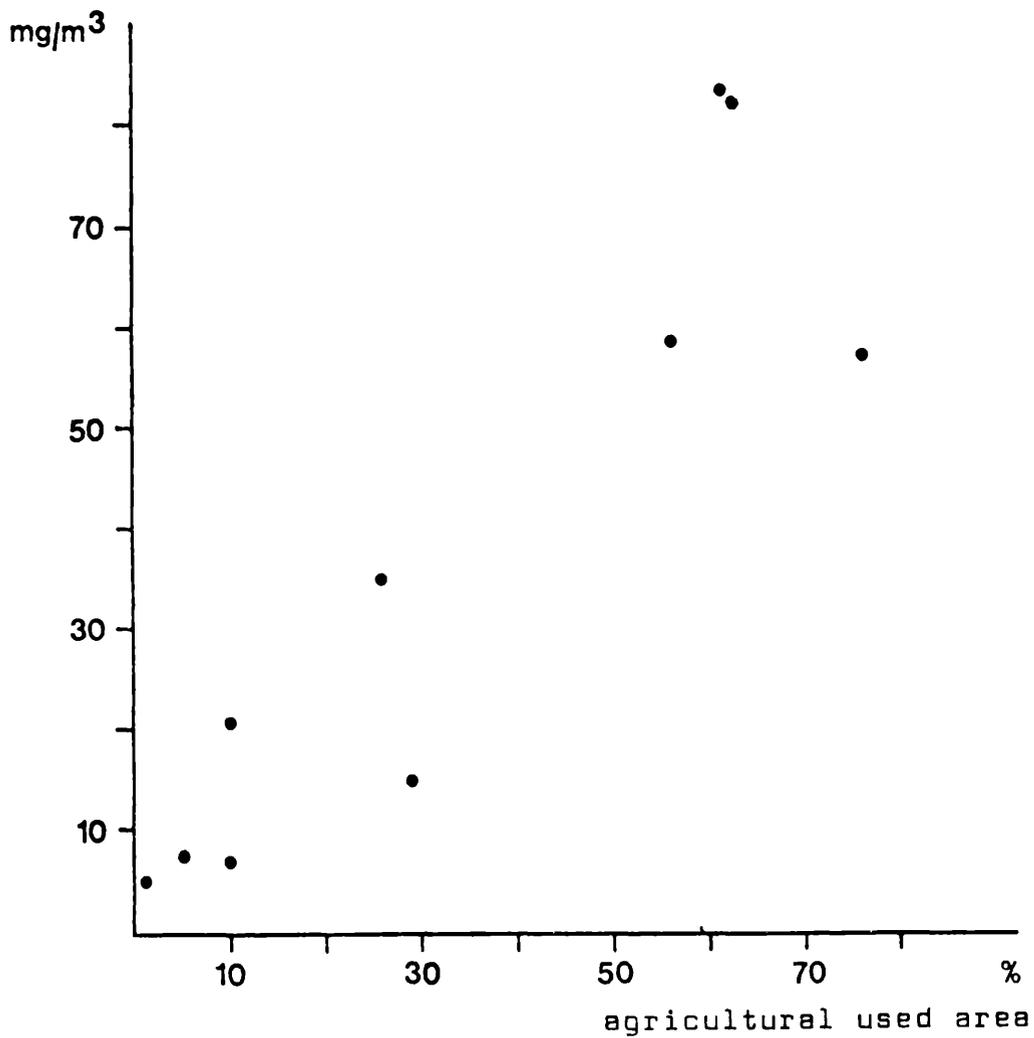
Auf Grund dieser Beziehung läßt sich auch der weite Bereich des Phosphorausstrages von 38 - 113 kg P/km²/y im Flyschgebiet erklären. Ähnliche Beziehungen zwischen Anteil landwirtschaftlich genutzten Einzugsgebietes mit Phosphorfracht findet man auch bei AHL (1980), KJENSMD (1980), WENDT & COREY (1980) sowie in der Zusammenfassung des Kärntner Institutes für Seenforschung im Auftrag des BMLF (1980).

Erstaunlich ist der hohe Korrelationskoeffizient von 0,9, da es im Atterseegebiet kaum Einzugsgebiete mit nur

Abbildung 4: Beziehung Anteil an landwirtschaftlich genutztem Einzugsgebiet (in %) zu mittlere P_{total} -Konz. (mg/m^3)

Relationship % agricultural used area to yearly average of total P concentration (in mg/m^3)

total P



einer Nutzungsform gibt, und es nicht möglich ist, verschiedene Nährstoffquellen und deren Austrag aufzutrennen.

Ein weiterer Faktor, der im Zusammenhang mit Einzugsgebietscharakteristik und Nährstoff-Austrag diskutiert werden muß, ist das "Selbstreinigungsvermögen" der Gewässer.

Befindet sich nach einem Nährstoffe lieferndem Gebietsteil eine unbeeinflusste Bachstrecke, so ist mit einer Abnahme der Nährstoffkonzentrationen in der fließenden Welle zu rechnen.

Im Atterseegebiet konnte das Phänomen der Selbstreinigung am Beispiel des Dexelbaches aufgezeigt werden. Im oberen Einzugsgebiet dieses Flyschwildbaches der Attersee-Westseite (vgl. MOOG et al. 1981) befindet sich eine landwirtschaftlich genutzte Hochfläche zwischen 700 - 800 m Seehöhe. Bis zur Einmündung in den Attersee (469 m) fließt der Dexelbach etwa 2,9 km durch reines Waldgebiet. Sowohl P_{total} -Konzentrationen als auch Benthosbiomasse des Dexelbaches weisen nach dem landwirtschaftlich genutzten Gebietsteil höhere Werte auf als an der Mündung (siehe Tabelle 11).

Tabelle 11: Dexelbach (a flysh torrent of the western Attersee region): concentrations of total P (mg/m^3) after a self-purification zone.

date	middle region after agricultural used area	mouth after 3 km forest area
14.4.81	41,0	7,4
1.6.81	125,3	11,9

Dexelbach: biomass of benthic invertebrates (g/m^2)

date	middle region after agric. used area	average of four sampling sites within the forest region
6.9.80	6,0	2,4
18.10.	-	2,4
18.4.81	31,6	8,5
5.7.		6,4

Die erhöhten Benthos-Biomassen und die hier nicht näher aufgeschlüsselte Veränderung des Artenspektrums weisen auf bessere Nährstoffbedingungen im Hochflächenbereich hin. Hier ermöglichen aber auch die besseren Temperaturverhältnisse in diesem relativ unbeschatteten Bachtteil eine höhere Produktivität. Deutlich ist auch der Unterschied der beiden Probenstellen in Bezug auf die Reduktion der P-Konzentrationen nach 3 km Fließstrecke. Trotz des durch einmündende Seitenbäche auftretenden Verdünnungseffektes ist die Abnahme der P-Konzentration sehr deutlich und scheint durch Selbstreinigungsvorgänge bewirkt worden zu sein.

5) Nährstoffbilanz 1980 der Seenkette Fuschlsee-Mondsee-Attersee

Ähnlich wie 1979 zeichnete sich auch das Jahr 1980 durch ausgedehnte Schlechtwetterperioden im Frühling und Sommer aus, welche sich auf Grund veränderter Licht- und Temperaturbedingungen hemmend auf die Planktonproduktion im Pelagial auswirkten.

Die Niederschlagsmengen dieser beiden Jahre und des Jahres 1977 waren ähnlich hoch. Dies ermöglicht einen Vergleich der Nährstoff-Frachten. Die Regenmengen 1978 - 1980 der Stationen Weyregg, Attersee, Weißenbach und Mondsee sind in Tabelle 12 eingetragen. Die prozentuellen Unterschiede zwischen 1979 und 1980 sind in Klammern ausgewiesen.

Tabelle 12: rainfall in mm (difference 1979, 1980 in %)

	Weyregg	Attersee	Weißenbach	Mondsee
1978	933	987	1328	1369
1979	1306	1374	1642	1770
1980	1179 (7,4)	1240 (9,6)	1567 (4,6)	1738 (1,8)

In Tabelle 12 ist deutlich ausgewiesen, daß sich vor allem im Mondseegebiet die Regenmengen 1979 und 1980 gleichen.

Beginnend bei den Nährstoff-Konzentrationen ist festzustellen, daß - trotz vergleichbarer Wasserfracht - die Mondseezuflüsse Zeller Ache, Fuschler Ache und Wangauer Ache im Jahr 1980 im Mittel wesentlich geringere Nährstoffmengen enthielten als 1979 und 1977 (siehe Tabelle 13).

Tabelle 13: mittlere Nährstoffkonzentration der Mondsee-Zuflüsse (Mikrogramm/Liter)
mean nutrient concentration of Mondsee tributaries

	NO ₃ -N + NH ₄ -N		
	1978	1979	1980
Zeller Ache	530	678	532
Fuschler Ache	824	873	838
Wangauer Ache	815	949	876

	P _{total}			
	1977	1978	1979	1980
Zeller Ache	146	67	112	73
Fuschler Ache	67	38	64	53
Wangauer Ache	76	51	82	63

Dem entsprechend wies auch die Phosphorfracht in den Mondsee einen geringeren Wert auf (-14,5 %) als im Vorjahr. Diese Verringerung der Phosphorfracht ist nicht von der transportierten Wassermenge abhängig, da 1980 nur knapp 4 % weniger Wasser in den Mondsee einrann (MOOG 1981). Daraus läßt sich schließen, daß 1980 aus dem Einzugsgebiet des Mondsees 10 % weniger Nährstoffe in den Mondsee gelangten. Die Annahme, daß die Reinhaltemaßnahmen im Mondseegebiet diesen

Tabelle 14: Phosphorbilanz Mondsee (P_{total} in kg)
Phosphorus budget Mondsee (P_{total} in kg)

	1978	1979	1980
Fuschler Ache	4540	12580	11000
Zeller Ache	2380	4240	3630
Wangauer Ache	1760	3680	2580
Kläranlage	350	350	500
Regen auf Seefläche(rain)	880	930	910
Summe	9910	21780	18620
Mondseeache (outlet)	6380	11020	7800
net load	3530	10760	10820
% Austrag % export	64	51	42
Fracht/100 % Einzugsgebiet load/100 % catchment area	11930	26210	22410
% Austrag % export	53	42	35

schönen Erfolg verbuchen können, liegt nahe, da auf Grund der ähnlichen Abflusssituationen Klimafaktoren als Bestimmende des Nährstoff-Abtransportes ausgeschlossen werden können. Die Phosphorbilanz des Mondsees ist auf Tabelle 14, die NO_3 -N und die NH_4 -N - Bilanz des Mondsees auf Tabelle 15 dargestellt.

Der erste Summenwert gibt die an den untersuchten Einrinnen gemessenen Frachten an. Für den Prozentanteil des nicht erfaßten Einzugsgebietes wurde das Mittel der

Tabelle 15: $\text{NO}_3\text{-N}$ & $\text{NH}_4\text{-N}$ Bilanz Mondsee (in Tonnen) $\text{NO}_3\text{-N}$ & $\text{NH}_4\text{-N}$ budget Mondsee (in tons)

	1978	1979	1980
Fuschler Ache	84,5	117,9	122,5
Zeller Ache	21,5	34,4	23,7
Wangauer Ache	30,5	44,4	36,0
Regen auf Seefläche(rain)	6,5	8,6	8,4
Summe	143,0	205,3	190,6
Mondseeache (outlet)	92,2	125,9	132,0
net load	50,8	79,4	58,6
% Austrag % export	64,5	61,3	69,3
Fracht/100 % Einzugsgebiet load/100 % catchment area	172,0	247,0	229,0
% Austrag % export	53,6	51,0	57,6

gemessenen Fracht angenommen und zum ersten Summenwert addiert. Auf diese kann eine erste Annäherung der gesamten Fracht oberirdischer Zubringer gegeben werden. Im Gegensatz zum Attersee, wo auf Grund der größeren Anzahl untersuchter Gewässer ein repräsentativer Querschnitt an Oberflächenzubringern erfaßt wurde und dadurch die Annahme eines mittleren Frachtwertes für den nicht untersuchten Rest des Einzugsgebietes einen akzeptablen Schätzwert liefern dürfte, scheint am Mondsee der gesamte Betrag an oberirdischer

zubringerfracht durch diese Art der Berechnung überschätzt werden.

Vergleicht man für den Mondsee die kritische Fracht nach Vollenweider von 9790 kg Totalphosphor mit der Nettofracht von 10820 kg, ergibt sich eine Überschreitung von 10,5 oder 1030 kg. Rechnet man den Eintrag aus den nicht gemessenen 22,7 % des Mondsee-Einzugsgebietes hinzu, erhält man eine Überschreitung der kritischen Fracht von 135 %.

Für den Fuschlsee können keine Frachtberechnungen angegeben werden, da die im Rahmen der Dissertation von J. Haslauer jun. erhobenen Daten noch nicht erhältlich sind.

Bezüglich der Nährstoffe des Stickstoff-Komplexes sind zwei Tatsachen deutlich sichtbar: 1) daß der Eintrag um 15 Tonnen geringer ist als im Vorjahr und 2) daß über die Mondseeache mehr Stickstoff aus dem See transportiert wurde als 1979.

Bei Betrachtung der Phosphorbilanz des Attersees (Tabelle 16) fällt auf, daß 1980 um 2800 kg (15 %) weniger P_{total} in den See eingebracht wurde als 1979. Dies geht vor allem auf Kosten der Mondseeache, welche 3220 kg Totalphosphor weniger aus dem Mondsee ausschwenkte als 1979. Die fehlenden 400 kg zu diskutieren scheint müßig, da dieser Wert unter der anzunehmenden Fehlergrenze liegt. Die anderen Atterseezubringer brachten im allgemeinen etwa die gleichen Frachten wie im Vorjahr. Neu in die Bilanz aufgenommen wurden der Mühlbach und der Hainingerbach. Diese Bäche brachten trotz geringer Wasserführung doch 400 und 220 kg Totalphosphor im Jahr.

Die Frachten dieser Bäche, sowie des Nußdorferbaches wurden auch für 1978 und 1979 rückberechnet und in Klammern gesetzt. Die ebenfalls in Klammern befindlichen Frachten des Steinbaches für 1978 und 1979 resultieren auf Grund einer Verbesserung der Abflußschätzung dieses Baches. Der hohe Frachtwert des Steinbaches 1980 ist durch den schon er-

Tabelle 16: Phosphorbilanz Attersee (P_{total} in kg)
 Phosphorus budget Attersee (P_{total} in kg)

	1978	1979	1980
Mondseeache	7755	11020	7800
Parschallenbach	390	550	300
Dexelbach	140	200	180
Nußdorferbach	810	- (200)	- (200)
Mühlbach	- (320)	- (430)	395
Hainingerbach	- (180)	- (240)	220
Weyreggerbach	870	1190	1350
Alexenauerbach	360	510	1070
Kienbach	260	410	540
Steinbach	1030(340)	1350(530)	950
Weißbach	290	430	470
Loidlbach	130	190	55
Burggrabenbach	120	170	95
Regen auf See- fläche	1900	2540	2320
Summe	14055(14215)	18560(18900)	15745(15945)
Ager (outlet)	2980	4780	4500
% Austrag % export	21,1	25,8	28,6
Fracht/100% Einzugsgeb. load/100% catchment ar.	16250(16430)	21580(21970)	17870(18100)
% Austrag % export	18,3	22,2	25,2

wähnten Murenabgang bedingt.

Die mittleren Nährstoffkonzentrationen der Attersee-Zuflüsse sind in Tabelle 17 ausgewiesen.

Tabelle 17: mittlere Nährstoffkonzentration der Attersee-Zuflüsse 1980 (Mikrogramm/Liter)
mean nutrient concentration of Attersee tributaries

	P _{total}	NO ₃	NO ₂	Kj-N _{total}
Weyreggerbach	35,3	720,6	8,7	216,1
Alexenauerbach	102,8	746,0	2,3	292,8
Kienbach	38,2	945,6	2,7	217,8
Steinbach	174,6	1053,0	8,6	396,2
Weißbach	6,6	1128,0	1,9	134,1
Mondseeache	21,7	491,8	7,3	296,0
Mühlbach	57,3	1947,4	10,1	308,6
Hainingerbach	86,8	2176,6	10,5	382,3

Der gesamte Phosphor-Eintrag von 15745 entspricht knapp 80 % der kritischen Fracht nach Vollenweider. Zieht man die Fracht aus 100 des Einzugsgebietes zum Vergleich heran, werden 90 % der kritischen Fracht erreicht.

Die Jahresbilanz des Gesamtstickstoffes betreffend gelangten 1979 und 1980 etwa die gleiche Menge in den Attersee, wobei hier der berechnete Eintrag des gesamten Einzugsgebietes zum Vergleich herangezogen werden muß, da 1980 etwa 10 % des Einzugsgebietes mehr erfaßt wurden als im Vorjahr. Die Stickstoffbilanz des Attersees ist auf Tabelle 19 dargestellt.

Die schon traditionelle Abbildung⁵ gibt die graphische Darstellung der Phosphorbilanz der Seenkette

Tabelle 19: N_{total}-Bilanz Attersee (in Tonnen)
N_{total}-budget Attersee (in tons)

	1978	1979	1980
Mondseeache	174,2	233,4	278,4
Mühlbach	-	-	15,6
Hainingerbach	-	-	6,4
Weyreggerbach	24,6	35,6	32,7
Alexenauerbach	-	-	14,4
Kienbach	16,6	28,7	16,3
Steinbach	-	-	7,3
Weißbach	86,8	99,8	95,8
Regen auf Seefläche(rain)	60,3	80,3	73,9
Summe	362,5	477,8	540,8
Ager (outlet)	320,1	405,8	459,2
% Austrag % export	88,3	84,9	84,9
Fracht/100 % Einzugsgebiet load/100 % catchment area	487,0	641,0	650,0
% Austrag % export	65,7	63,3	70,6

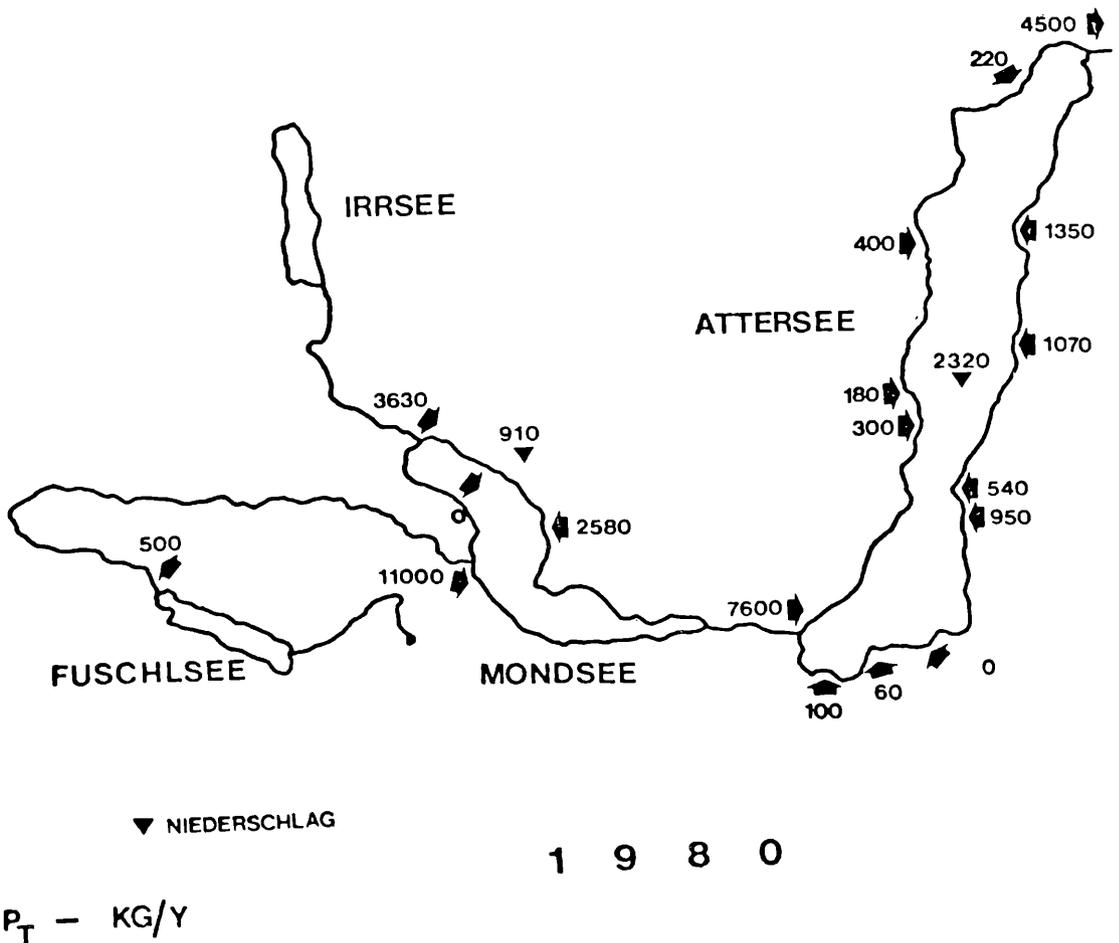
6) Die trophische Entwicklung von Fuschlsee, Mondsee und Attersee in Abhängigkeit von Klima und Nährstoff-Fracht

Beginnend beim höchstgelegenen See der Ager-Seenkette, dem Fuschlsee, sind zwei Tatsachen festzuhalten. Die Dynamik innerhalb der Seenkette betreffend bleibt der Fuschlsee:

ohne große Bedeutung. Sein Anteil an der Jahresfracht der Fuschler Ache betrug 1979 9,3 % und 1980 4,5 %. Berücksichtigt man den P-Rückhalteeffekt des Fuschlsees von etwa 60 %, betrüge der Nährstoffanteil aus seinem Umland 10 - 20 % der Gesamtfracht der Fuschler Ache.

Anders steht es nun mit der Bedeutung des Fuschlsees, wenn man diesen als lokalen Wasserkörper betrachtet. Noch vor 20 Jahren als Trinkwasserspeicher für die Stadt Salzburg vorgeschlagen, war er, vor 15 Jahren beginnend, innerhalb der letzten 10 Jahre einer rapiden Eutrophierung unterworfen.

Abbildung 5: Phosphorbilanz der Ager - Seenkette
phosphorus budget of Ager - lake - system



Forciert wurde diese Entwicklung seit dieser See beziehungsweise sein Umland vom Tourismus entdeckt und überschwemmt wurde. Allein in der Zeit von 1953 bis 1977 stiegen die Übernachtungszahlen von 23 000 auf 262 000 auf das Elfache. Diese Besuchermenge multipliziert mit der persönlichen Abscheidung von 3 g P/Mensch/Tag macht bereits 80 % der kritischen Fracht nach Vollenweider aus.

Die rapide Verschlechterung der Gewässergüte des Fuschlsees, die sich vor allem in Oscillatoriaablüten und Sauerstoffdefiziten über Grund ausdrückte, rief baldigst die Vertreter der Öffentlichkeit auf den Plan. 1973 wurde der Reinhaltungsverein Fuschlsee-Thalgau gegründet, 1977 die Seeleitungen verlegt, und Februar 1980 die Arbeiten abgeschlossen.

Ein Vergleich der limnologischen Untersuchungen 1978 - 1980 zeigt deutlich einen Verbesserungstrend der Gewässergüte. Der mittlere Gehalt an Totalphosphor zeigte abnehmende Tendenz (Tabelle 19).

Tabelle 19: Annual total mean of P_{total} -concentration (mg/m^3)

1978	54
1979	44
1980	20

Die Seeninhalte an Totalphosphor (in Tonnen) sind in Abbildung 6 dargestellt und zeigen eine Reduktion um das Zehnfache.

In guter Übereinstimmung dazu weisen die Sichttiefen im Jahr 1980 eine größere Transparenz des Wassers auf als in den vorhergehenden Jahren (Abb. 6). Die folgende Tabelle 20 gibt die mittleren Sichttiefen sowie die Minima und die Maxima an. Erwähnenswert ist die Rekordsichttiefe von 11,7 m im Dezember 1980.

Abbildung 6: Annual mean of total P (in tons), Secchi-depth (in m), chlorophyll a (mg/m^2), and clutch size per female of *Eudiaptomus gracilis*

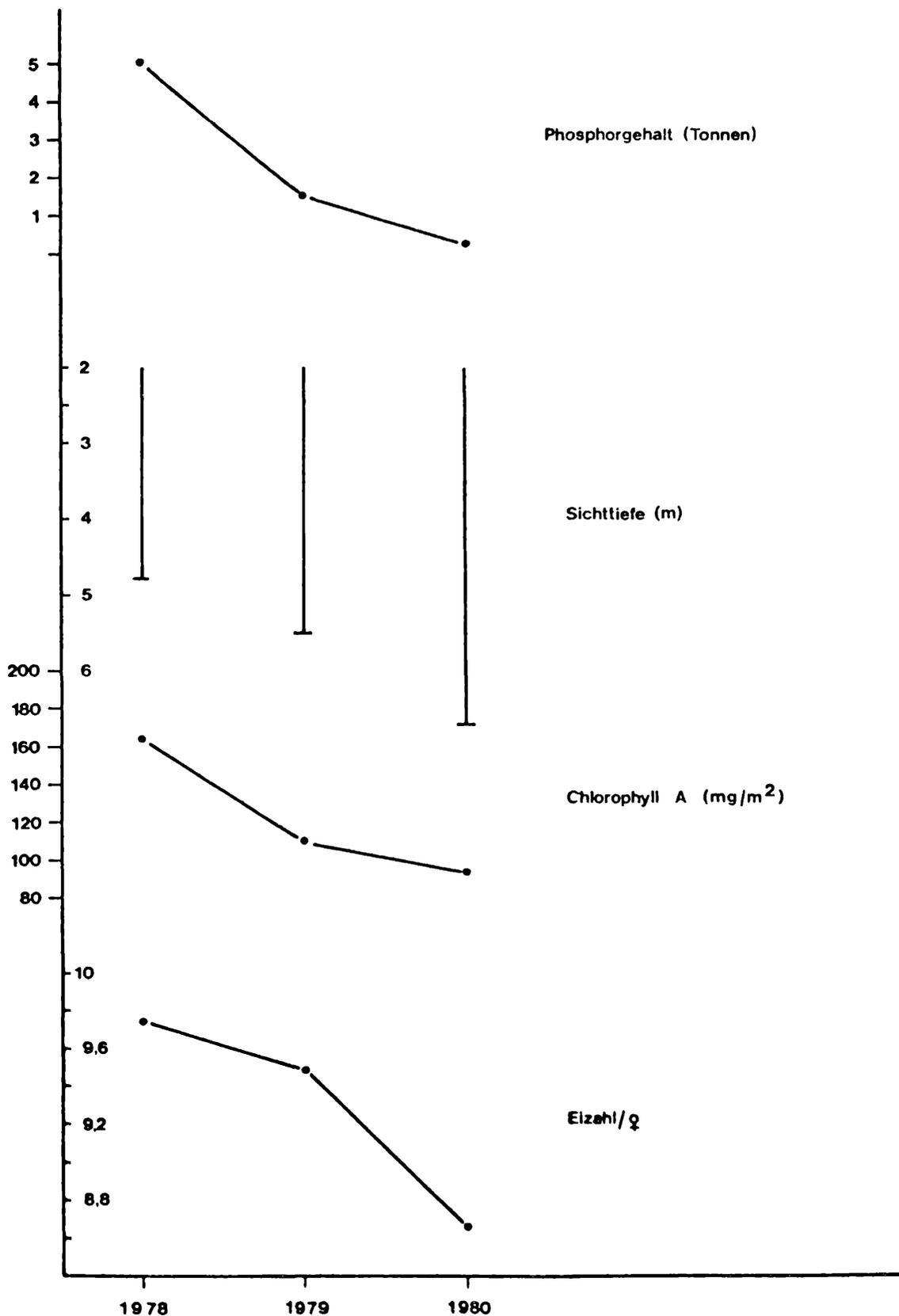


Tabelle 20: Annual mean of Secchi-depth (minimum & maximum readings) - Fuschlsee

1978	4,7 (3,6 - 6,2)
1979	5,6 (3,0 - 9,0)
1980	6,7 (4,5 - 11,7)

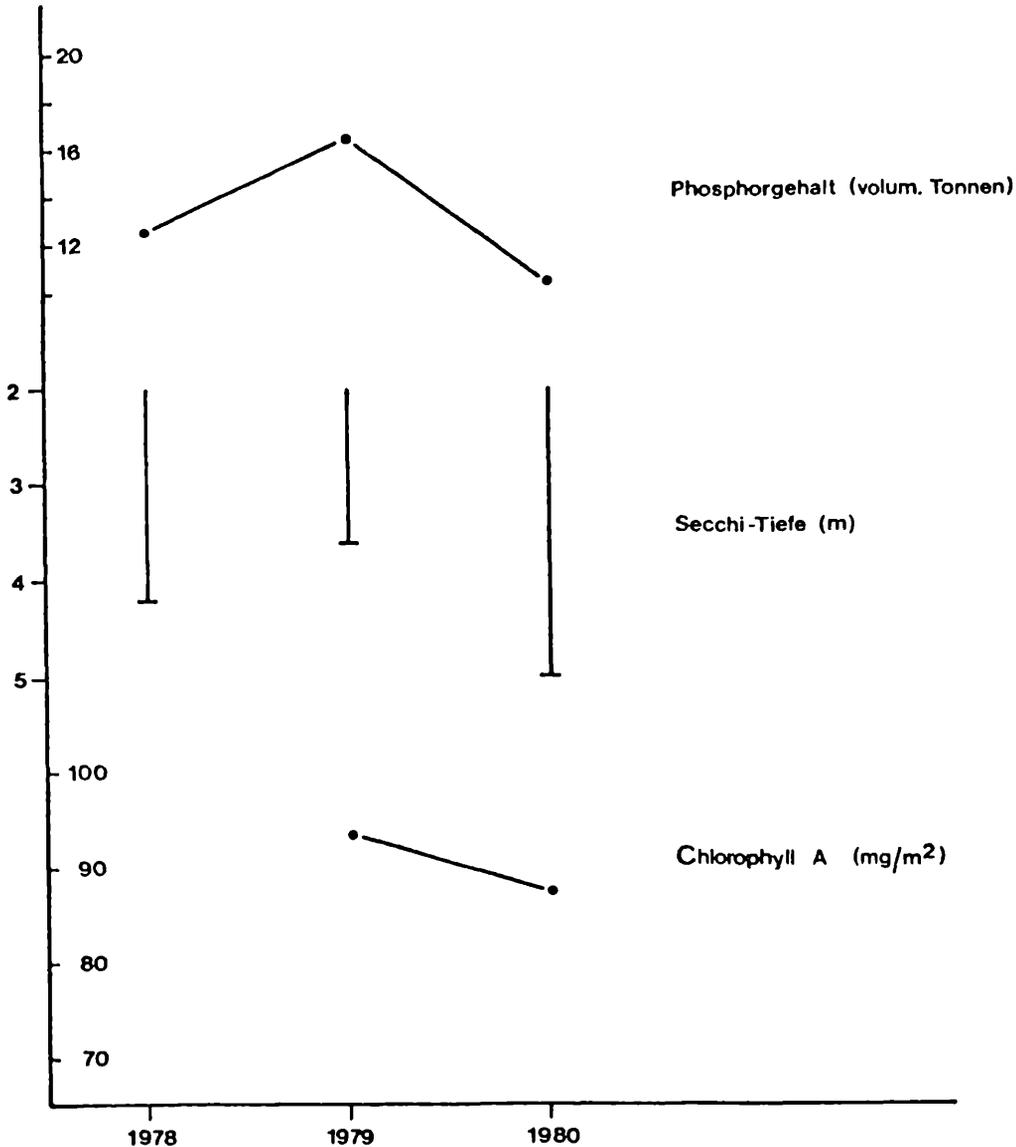
Ebenso zeigte das Phytoplankton im Jahresschnitt 1980 geringere Bestandsdichten als im Vorjahr (vgl. PUM 1981). Die Chlorophyll a-Gehalte in mg/m^2 sind in Abbildung 6 dargestellt.

Die Fertilität des häufigsten Planktonkrebses *Eudiatomus gracilis* nahm in der Zeit von 1978 - 1980 ebenfalls ab (Abbildung 6).

Wie auch für den Mondsee zu zeigen sein wird, dürften sowohl die Sanierungsmaßnahmen im Einzugsgebiet als auch die witterungsmäßig ungünstigen Jahre 1979 und 1980 zu einem Zustand verbesserter Wassergüte des Fuschlsees geführt haben. Aufklärung über die Wirkung der Ringkanalisation dürfte das Jahr 1981 bringen, welches sich vor allem durch ausgedehnte Schönwetterperioden im Frühjahr und im Frühsommer auszeichnete.

Während die trophische Situation des Mondsees in den Jahren 1978 und 1979 stark von Niederschlägen, beziehungsweise daraus resultierender Wasserführung und Nährstoff-Fracht abhängig war, zeigte sich 1980 trotz gleicher Abflußverhältnisse wie 1979 eine Verringerung der Nährstoff-Fracht, sowie des Totalphosphor-Gehaltes im See (siehe Abbildung 7). Die Konzentrationen sämtlicher Nährstoffe zeigten eine spürbare Verringerung. Sowohl NH_4 -Maxima, PO_4 -Konzentrationen als auch Gesamtphosphor im Freiwasser und vor allem über Grund lagen deutlich niedriger als 1979. Auch die Ergebnisse der Sichttiefemessungen folgten diesem Trend und ergaben 1980 die höchsten Werte seit der Untersuchungsperiode des Bundesinstitutes für Gewässerforschung und Fischereiwirtschaft in Scharfling von 1968 bis zur

Abbildung 7: Annual mean of total P (in tons), Secchi depth (m), and chlorophyll a (mg/m^2)



Gegenwart. Das Jahresmittel von 1980 lag im Mondsee bei 5 m. in der Mondseer Bucht, bei 5,5 m über der tiefsten Stelle. Die maximale Sichttiefe betrug 9 m in der Mondseer Bucht und 9,3 m an der tiefsten Stelle (JAGSCH 1981).

Auch der Sauerstoffgehalt des Mondsees wies befriedigende Werte auf. Die Sauerstoff-übersättigungen im Epilimnion waren weniger stark ausgeprägt als 1979, die 4 mg-Grenze reichte nur im November bis 45, 50 m Tiefe hinauf. Selbst in 60 m Tiefe wurde nur ein Wert unter 1 mg gefunden.

Das Phytoplankton des Mondsees wies 1980 geringere Abundanz auf, im Algenspektrum machte sich ein deutlicher Rückgang der seit Jahren abundanten *Oscillatoria rubescens* bemerkbar (SCHWARZ 1981).

Der auf Grund der gemessenen Einrinne berechnete P-Rückhalt des Mondsees beträgt 53,5 %, der auf das gesamte Einzugsgebiet bezogene Rückhalt macht 61,5 % aus. Der Stickstoff-Rückhalt (100 % des Einzugsgebietes) liegt bei 46 %.

Zusammenfassend ist zu sagen, daß die Fracht pro eingebrachter Wassermenge geringer war und die Gradmesser der Trophie eine verbesserte Gewässergüte anzeigten. Der Grund für die verminderte Fracht ist sicherlich in der Fernhaltung von Nährstoffen durch die Ringkanalisation zu suchen. Grund für den guten Reinheitsgrad des Sees ist einerseits die verminderte Fracht, andererseits die schlechte Witterung der Jahre 1978 - 1980.

Wie im Kapitel Phosphorbilanz erwähnt, wurden 1980 durch oberflächliche Zubringer weniger Nährstoffe in den Attersee eingebracht als 1979. Die biologischen Parameter wie Chlorophyllgehalt (vgl. MOOG & KOTS 1981) und mittlere Eizahl pro Weibchen von *Eudiaptomus gracilis* (vgl. Abbildung 9) zeigen eine deutliche Abnahme von 1978 - 1980. Die mittlere jährliche Sichttiefe weist ansteigende Tendenz auf (Abbildung 8). Die Sichttiefen 1974 bis 1980 sind in Abbildung 10 dargestellt und zeigen für 1980 neben normal hohen Frühjahrswerten eine sehr gute Transparenz auch in den Sommermonaten.

Der Verlauf der Eizahl/Weibchen liegt unter den Vorjahreswerten und weist sehr niedrige Maxima im Sommer

und Winter aus. Zu zwei Probesterminen im September und Oktober waren nur je ein Ballen in der Probe zu finden; diese Monate sind durch die unterbrochene Linie gekennzeichnet.

Diese ständige Verbesserung der Gewässergüte des Attersees läßt sich in den Totalphosphor-Konzentrationen nicht nachweisen (siehe Tabelle 21). Der Grund dafür ist einleuchtend, da wegen der äußerst niedrigen Phosphorkonzentrationen die Sammel- und Analysenunschärfen größer sind als die natürlichen Schwankungen und Trends. Ähnlich wie bei JONES & LEE (1980) für den Mjösasee gezeigt, muß hier die Feststellung genügen, daß die Totalphosphorkonzentrationen im Attersee sehr niedrig liegen und den See als typisch oligotrophes Gewässer ausweisen (vgl. VOLLENWEIDER 1979).

Tabelle 21: Yearly volume-weighted total P-concentrations of Attersee (mg/m^3)

1978	5,6
1979	6,4
1980	6,3

Der Austrag an Totalphosphor aus dem Attersee beträgt, bezogen auf die untersuchten Einrinne, 25,3 der Rückhalt 74,7. Umgerechnet auf 100 des Einzugsgebietes ergibt sich ein Rückhalt von 78.

Der Austrag an Stickstoffkomponenten (NO_3 , NH_4 und Kjeldahl-total-N) hingegen ist sehr hoch und beläuft sich auf 86 %, beziehungsweise 67 des gesamten Einzugsgebietes.

Abbildung 8: Annual mean of Secchi-depth (in m), chlorophyll a (mg/m^2), and mean clutch size per female of *Eudiaptomus gracilis*.

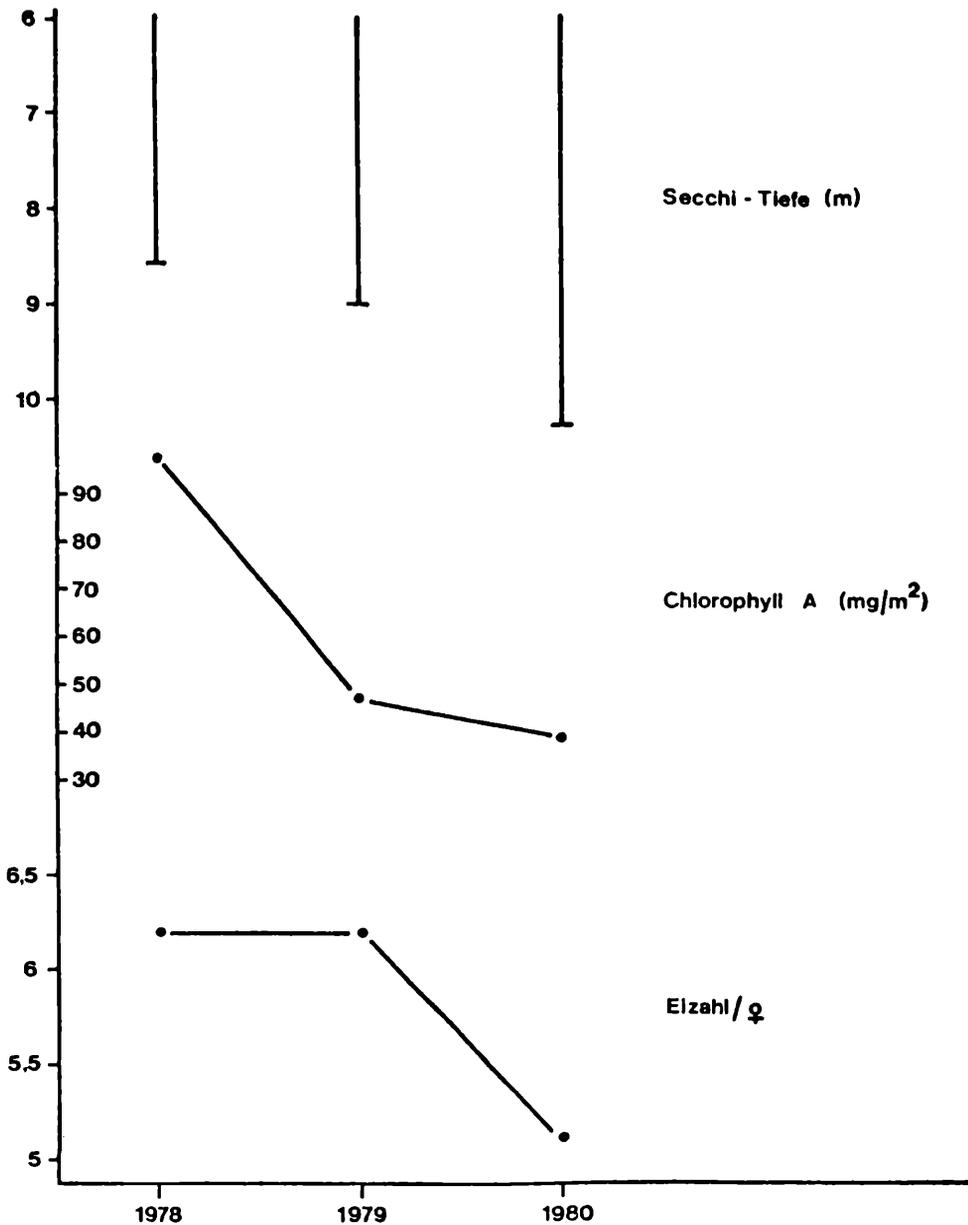


Abbildung 9: Mittlere Eizahl pro Weibchen von *Eudiaptomus gracilis*
mean clutch size per female of *Eudiaptomus gracilis*

37

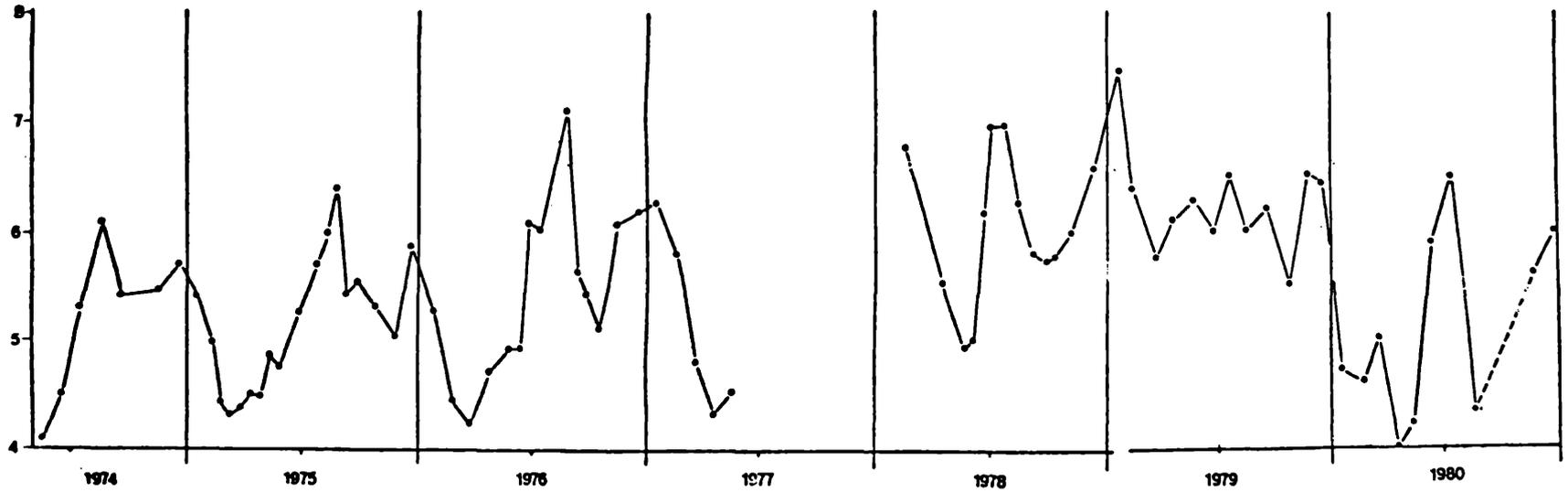
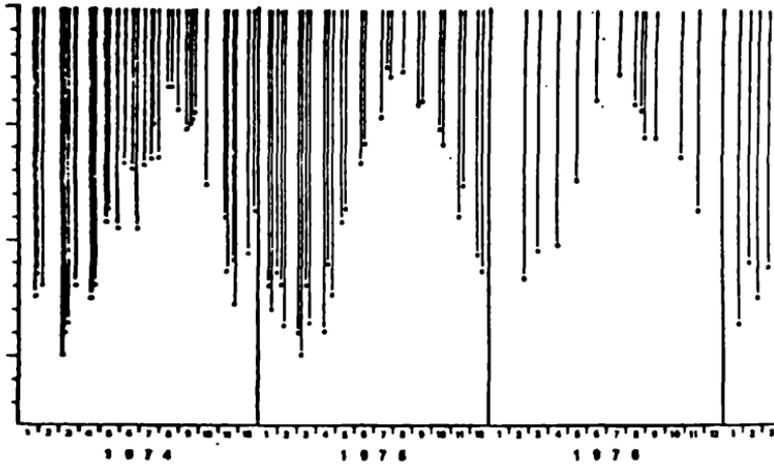
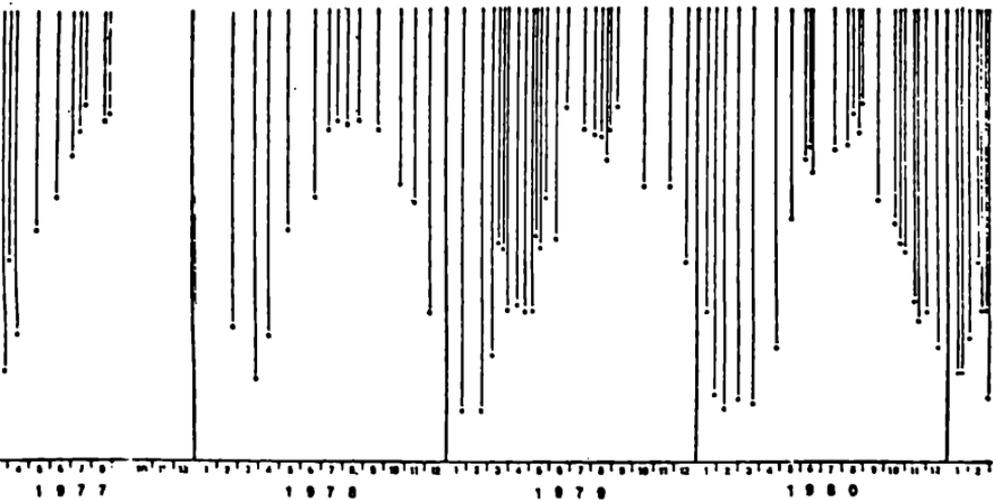


Abbildung 10: Sichttiefen im Attersee

38





7) Literatur

- AHL, T. (1980): Eutrophication in relation to the load of pollution.- Prog. Wat. Tech. 12: 49-61.
- BMLF (1980): Einfluß von Bodenerosion und Düngemittelabschwemmung auf die Gewässereutrophierung.
- CAHILL, T. H., P. IMPERATO & F. H. VERHOFF (1974): Evaluation of phosphorus dynamics in a watershed. ASCE J. Environm. Eng. Div. 100: 439-458.
- CRISP, D. T. (1966): Input and output of minerals for an area of Pennine moorland: the importance of precipitation, drainage, peat erosion and animals.- J. Appl. Ecol. 3: 327-348.
- FEDRA, K., A. JAGSCH, O. MOOG, G. MÜLLER & F. NEUHUBER (1981): Estimating a phosphorus budget for an oligotrophic lake (Attersee, Austria): estimating errors and probabilities.- IIASA - CP. in print.
- FEDRA, K. & O. MOOG (in prep.): Lake water quality in a watershed framework: the Attersee-region (Salzkammergut, Austria).- IIASA - CP.
- GÄCHTER, R. & O. J. FURRER (1972): Der Beitrag der Landwirtschaft zur Eutrophierung der Gewässer in der Schweiz.- Schweiz. Z. Hydrol 34,1: 41-70.
- HOBBIE, J. E. & G. E. LIKENS (1973): Output of phosphorus, dissolved organic carbon and fine particulate carbon from Hubbard Brook watersheds.- Limnol. Oceanogr. 18: 734-742.
- JAGSCH, A. (1981): Zustand von Mondsee, Irrsee und Mondseezuflüssen 1980 - Ergebnisse der Wasserchemie.- Arb. Labor Weyregg 5:
- JOHNSON, A. H., B. R. BOULDIN, E. A. GOYETTE & A. M. HEDGES (1976): Phosphorus loss by stream transport from a rural watershed: quantities, processes, and sources.- J. Environm. Qual. 5: 148-157.
- JONES, R. A. & G. F. LEE (1980): Application of US OELD eutrophication study results to deep lakes.- Prog. Water Technol 12,2:81-88.

- KAUPPI, L. (1979): Effects of land use on the diffuse load of Phosphorus and Nitrogen.- Nordic Hydrology, 1979:79-88.
- KJENSMD, J. (1980): Eutrophication of Norwegian freshwaters in relation to natural conditions.- Prog. Wat. Tech. 12: 39-47.
- LEONARD, R. L., L. A. KAPLAN, J. F. ELDER, R. N. COATS, & C. R. GOLDMAN (1979): Ecol. Monogr. 49 (3): 281-310.
- LOFTIS, J. C. & R. C. WARD (1980 a): Water quality monitoring - some practical sampling frequency considerations.- Environm. Management, 4 (6): 521-526.
- (1980 b): Sampling frequency selection for regulatory water quality monitoring.- Water Res. Bull. 16 (3): 501-507.
- Mc COLL, R. H. S., E. WHITE & J. R. WAUGH (1975): Chemical runoff in catchments converted to agricultural use.- New Zealand J. Sci. 18: 67-84.
- MOOG, O. (1980): Die Phosphorbilanz der Ager-Seenkette für die Jahre 1978 und 1979.- Arb. Labor Weyregg 4: 6-30.
- MOOG, O. (1981): Wasserbilanzierung des Ager-Seenkettensystems: Stand 1980.- Arb. Labor Weyregg 5:
- MOOG, O., I. MERWALD & M. JUNGWIRTH (1981): Der Dexelbach - zur Limnologie eines Flyschwildbaches.- Österr. Fischerei 34, 5/6: 107-112, 8: in print.
- MOOG, O. & H. KOTS (1981): Die Phytoplanktonentwicklung im Attersee 1980.- Arb. Labor Weyregg 5:
- MÜLLER, G. (1979): Phosphorbilanz in der Seenkette Fuschlsee, Mondsee und Attersee.- Arb. Labor Weyregg 3: 18-36.
- NAGL, H. (1976): Geographische Untersuchungen.- Attersee - Vorläufige Ergebnisse des OECD-Seeneutrophierungs- und des Maß-Programms: 8-28.
- (1979): Das Umland des Fuschlsees und sein Einfluß auf die Eutrophierung des Sees.- Arb. Labor Weyregg 3: 37-52.
- PUM, M. (1981): Zur Phytoplanktonentwicklung des Fuschlsees 1980 und ein Vergleich mit 1979.- Arb. Labor Weyregg 5:

- RECKHOW, K. H. (1978): Sampling designs for lake phosphorus budget.- *Establ. Water Qual. Monit. Progr.* June 1978: 285-306.
- RECKHOW, K. H. (1979): Quantitative techniques for the assessment of lake quality.- EPA-report No. EPA 440/5-79-015: 145 pp.
- RECKHOW, K. H. & J. T. SIMPSON (1980): A procedure using modeling and error analysis for the prediction of lake phosphorus concentration from land use information.- *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 37:1439-1448.
- RIGLER, F. H. (1979): The export of phosphorus from Dartmoor catchments: a model to explain variations of phosphorus concentrations in streamwater.- *J. mar. biol. Ass. U.K.* 59: 659-687.
- SCHWARZ, K. (1981): Das Phytoplankton im Mondsee 1980.- *Arb. Labor Weyregg* 5:
- SIAKALA, H. (1979): Wirtschaftsgeographie der Randgemeinden des Attersees.- Diplomarbeit am Geographischen Inst. Wirtschaftsuni. Wien: 177.
- SMITH, R. V. & D. A. STEWART (1977): Statistical models of river loadings of nitrogen and phosphorus in the Lough Neagh system.- *Water Res.* 11: 631-636.
- UNGER, U. (1970): Berechnung von Stofffrachten in Flüssen durch wenige Einzelanalysen im Vergleich zu kontinuierlichen einjährigen chemischen Untersuchungen, gezeigt am Beispiel des Bodenseezuflusses Argen (1967/68).- *Schw. Z. Hydrol.* 32/2: 453-474.
- VOLLENWEIDER, R. A. (1979): Das Nährstoffbelastungskonzept als Grundlage für den externen Eingriff in den Eutrophierungsprozeß stehender Gewässer und Talsperren.- *Z. Wasser- und Abwasserforsch.* 12/2: 46-56.
- VOLLENWEIDER, R. A. & J. KEREKES (1980): The loading concept as basis for controlling eutrophication philosophy and preliminary results of the OECD programme on eutrophication.- *Prog. Wat. Tech.* 12: 5-18.

- WENDT, R. C. & R. B. COREY (1980): Phosphorus variations in surface runoff from agricultural lands as a function of land use.- J. Environ. Qual. 9,1: 130-136.
- WÜHL, A. (1980): Die Wildbäche und Lawinen Oberösterreichs.- in: Hochwasser-Abwehr, Oberösterr. Landesregierung: 157-168.

Summary (continued)

discussed in future papers.

The annual phosphorus export within the Attersee- and Mondsee-region varies between 10-245 kg P-total/km²/year, the usual range lies between 10-130 kg.

Lowest exports of 10-14 kg could be observed in the calcite-dolomite regions probably due to few inhabitants and agriculture. Also groundwater p-conc. showed low values in this area.

Phosphorus export of the flysh and morainic region ranged between 38-113 kg within the Attersee catchment area (areal weighted mean: 55 kg), and 50-130 kg within the Mondsee catchment area (areal weighted mean 95,5 kg).

The highest exports (230-245 kg) could be observed from catchment area with landslip events. Within these tributaries transport of suspended matter and nutrient concentrations highly depended on rainfall intensity.

Beside the geological dependence of P-export a good correlation between agricultural land use in % of total catchment (Y) and P-total export (X) could be found:

$$Y = 3,0152 + 1,0342 X \quad (\text{corr. coefficient: } 0,9)$$

Before discussing nutrient loads and their effects on lake water quality it has to be pointed out that sewage removal by ring canalisation has been installed within each of the lake catchments of the river Ager system. For Fuschlsee and a part of Fuschler Ache (=Fuschlsee outlet) catchment, for Irrsee and western Mondsee, and for eastern Mondsee and Attersee a diversion system collecting sewage from single communities and pumping it to centralised treatment plants has been installed. Up to now mainparts of the investigation area has been included in the sewer treatment systems, the projects around Fuschlsee were finished February 1980.

Loading data of Fuschlsee are not available yet and will be published in a thesis of J. Haslauer jun., but show a decreasing tendency. Also annual mean of P-total content of the lake, algal biomass, and zooplankton fertility decreased from 1978-1980, while transparency increased (graph 6). Loading and trophic situation of Mondsee depended heavily on the water load 1978 and 1979. 1980 (under nearly identical water loads) a declining nutrient load (-10 %) could be detected. P-content, chl a showed lower numbers 1980, Secchi depth indicated the highest transparency measured since 1968. Also Attersee load was lower than 1979. Biological parameters as algal biomass and zooplankton fertility showed a decreasing tendency for 1978-1980 (graph 8).

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Arbeiten aus dem Labor Weyregg](#)

Jahr/Year: 1981

Band/Volume: [5_1981](#)

Autor(en)/Author(s): Moog Otto

Artikel/Article: [DIE AUSWIRKUNGEN DER NÄHRSTOFF - FRACHT AUF DIE
GEWÄSSERGÜTE DER SEEN IM AGER - EINZUGSGEBIET](#) Nutrientload and
[trophic state of Fuschlsee, Mondsee, and Attersee 1-42](#)