

Ergebnisse aus 13 Jahren Bearbeitung eines Sees

Albert Keim

Einführung*

In den neunziger Jahren habe ich mehrere stehende Gewässer bearbeitet und dabei auf erforderliche Weise modifizierte Arbeitsweisen angewandt. Ich greife einen See heraus, weil seine Bearbeitung über einen Zeitraum von 13 Jahren ging und neue Ergebnisse erbracht hat. Es handelt sich um den Badensee Buchzig in Ettlingen-Bruchhausen im Landkreis Karlsruhe in Baden-Württemberg. Die geografische Lage ist bezeichnet durch den Oberrheingraben. Es handelt sich um eine ehemalige Kiesgrube mit acht Hektar Wasserfläche, die heute durch einen Verein zur Angelfischerei genutzt wird. Außerdem gibt es am See eine Badeanstalt mit Parkplatz, Umkleide- und Sanitäreinrichtungen, welche von den Stadtwerken Ettlingen betrieben wird. Außerdem gibt es einen Kiosk. Ich erhielt jedes Jahr neu einen Vertrag mit der Bäderabteilung der Stadtwerke Ettlingen zwecks Untersuchung und Bewertung des Sees betreffend seines trophischen Zustandes und des jeweiligen Bedarfs, an erster Stelle limnologische Untersuchungen über die Schichtung, die Sedimente, die Nährstoffkonzentrationen, Wasserpflanzen, Plankton und Benthos. Zusätzlich wurde eine Fischbestandsaufnahme durchgeführt. Im Rahmen der Arbeiten wurden auch Besatzberichte und Fanglisten des Angelvereins bewertet.

Es wurden die verfügbaren Ebenen des Ökosystems See sowie Ursachen und Wirkungen quer über die Fächer bearbeitet. Tschechische Wissenschaftler waren die ersten, welche auf Veränderungen im Planktonbestand als Folge von Fischbesatz hingewiesen haben (Hrbáček (1961). Nach dem Herkommen werden Gewässerschutz und Fischerei in unterschiedlichen Fachgebieten gepflegt. Um die Aufgaben, vor denen die Fischerei steht, bewältigen zu können, muss über die trennenden Fachgrenzen hinweg gearbeitet werden. Die Natur lässt sich nicht spalten in unterschiedliche Fächer, sondern ist eine Einheit.

Ist es möglich, die Gesamtheit der Stoffaufbaus in einem See vom Nährstoffeintrag bis zum Wachstum der Fische und umgekehrt den Stoffabbau von den Fischen und Pflanzen bis zu den Bakterien und freigesetzten Nährstoffen zu untersuchen? Die vorliegende Arbeit ist ein neuer Arbeitsansatz mit bisher wenig gebräuchlichen Untersuchungsmethoden.

Material und Methoden

Der Buchtzigsee ist ein ehemaliger Baggersee mit acht Hektar Fläche und einer maximalen Tiefe von 12 m bei Ettlingen-Bruchhausen im Landkreis Karlsruhe. Geographisch liegt er im nordbadischen Teil des Oberrheintales. Etwa ein Drittel des Sees ist mit Unterwasserpflanzen bewachsen. Die Fischerei wird durch den örtlichen Angelverein ausgeübt.

Einmal im Jahr, im März/April wurden mit einem Bodengreifer Proben zur Erfassung des Sedimentes und der bodenbewohnenden Tiere gezogen. Zwei- oder dreimal im Jahr wurde das Freiwasser beprobt mit Ausnahme des Jahres 1996, als sechsmal beprobt wurde. Dafür wurde ein Temperatur- und Sauerstoffprofil erstellt und gleichzeitig der pH-Wert und die Leitfähigkeit gemessen. Zusätzlich wurden aus definierten Tiefen Wasserproben gezogen zur Messung des Säurebindungsvermögens, der Phosphorkonzentrationen und zur Erfassung des Phytoplanktons. Vor diesen Labormessungen wurde das Wasser aus dem See mit Hilfe der Schwerkraft filtriert. Aus den gemessenen Konzentrationen der Phosphorfraktionen wurde ein Verhältnis berechnet als Prozentzahl des gelösten Phosphors nach Oxidation (TDP) zum Gesamtphosphor (TP). Für den Gesamtphosphor (TP) wurden zwei Fraktionen zusammengezählt: der gelöste Phosphor aus dem Filtrat und der partikuläre Phosphor aus dem Beschlag des Filters, beide gemessen nach der Oxidation. Die Proben für die Phosphormessungen und für die Untersuchung des Phyto- und des Zooplanktons wurden als Mischproben aus den Tiefenbereichen 1-4 m und 5-8 m zusammengestellt.

Die Zooplanktonbeprobung geschah zunächst im Jahr 1993 mit einem 20 l-Schöpfer, seit 1994 mit einem Pumpen-Rohr-System mit Teilproben aus je 1-4 m und 5-8 m Tiefe. Diese Teilproben wurden angefertigt, weil durch die tägliche Vertikalwanderung der Zooplankter unterschiedliche Befunde in den Zonen oberhalb und unterhalb der Sprungschicht zu erwarten sind. Eine Fischbestandsaufnahme wurde im Juni 1999 unter tatkräftiger Hilfe durch FWM Dr. Götz Kuhn durchgeführt.

Die Zusammenstellungen der Ergebnisse wurden im Jahre 2000 begonnen und eine erste Auswertung der gesammelten Unterlagen im September 2005 auf dem VII Cladoceren-Symposium in Herzberg/Schweiz vorgestellt. Danach folgten weitere Auswertungen bis zum Jahre 2015.

In Anbetracht der besonderen Schwierigkeiten in diesen Unterlagen bei ihrer Auswertung bin ich alle konstruktiven Beiträge zur Sache dankbar.

Ergebnisse

Wie aufgrund der größten Tiefe von 12 m zu erwarten war, zeigte sich der Buchzigsee als geschichtetes Gewässer. Die Sommerstagnation dauerte von April bis Oktober. Die Konzentration des Gesamtphosphors (TP) zeigte große Schwankungen zwischen den Jahren und im Jahresverlauf. Nach den Nährstoffkonzentrationen im Dezember 1996 von 11 µg/l ist der Buchzigsee als mesotroph einzustufen. Im Winter waren Kieselalgen, im Sommer Grünalgen vorherrschend. Zwischen dem TDP/TP-Verhältnis und der durchschnittlichen Länge der Wasserflöhe in 5-8 m Tiefe wurde eine quadratische Regression berechnet. Das zugehörige Diagramm zeigt eine Glockenkurve. Hierbei mussten jene drei Datensätze ausgesondert werden, in denen die Durchschnittsgröße in der Teilprobe aus 1-4 m Tiefe höher war als in der Teilprobe aus 5-8 m Tiefe.

Für die Biomasse der Wasserflöhe und ihre Beziehung zum Gesamtphosphor gemessen aus 5-8 m Tiefe wurde eine polynomische Regression erstellt. Auch in diesem Fall mussten Sortierungen vorgenommen werden. Einmal wurden die Datensätze entfernt, welche im Jahr 1993 mit dem Schöpfer gezogen worden waren und außerdem die Proben vom Monat Juli aller Jahre, die im Phytoplankton zusätzliches Material von pflanzlichen Bruchstücken enthielten. Die polynomische Regression Gesamtphosphor (TP) gegen die Biomasse der Wasserflöhe zeigt einen Bereich ohne Messungen. Nach einer anfänglichen Steigerung der Wasserflohbiomasse bis 168 µg/l, folgt zwischen 33 und 53 µg/l TP ein Bereich ohne Messungen und bei 54 µg/l TP beginnt die Kurve neu mit 0,2 µg/l Wasserflohbiomasse und steigt bis 1600 µg/l Wasserflohbiomasse bei 168 µg/l TP. Danach fällt die Kurve ab, bis bei 363 µg/l TP und 12 µg/l Wasserflohbiomasse erneut ein Tiefpunkt erreicht ist.

Die Fischbestandsaufnahme zeigte einen guten Bestand an Barschen und Schleien. Die Fische waren in ausreichender Kondition. Der Fang mit dem Brutfischnetz am Badestrand erbrachte mehr als hundert 0+Barsche, die bodenbewohnende Insektenlarven in ihren Mägen hatten.

Dagegen lässt sich für den zweiten Teil der Sommerstagnation, hier für die Monate Juli, August, September und Oktober eine Regression für das TDP/TP-Verhältnis zum Rotaugenbesatz vom Herbst des Vorjahres berechnen. Für das TDP/TP-Verhältnis in 1-4 m Tiefe zeigt die Berechnung einen Korrelationskoeffizienten im signifikanten Bereich.

Diskussion

Aus den Besatzberichten ist der Rotaugenbesatz besonders zu beachten, weil das Rotauge als potentieller Planktonfresser angesehen wird. Auffallend war ein hoher Anstieg des

Gesamtposphors als nach zwei Jahren Pause 2002 wieder neu mit Rotaugen besetzt worden war. Das ist als ein Einzelfall zu betrachten. Über den Zeitraum der Bearbeitung wurde mehrmals Besatz mit Rotaugen getätigt, aber ein quantitativer Zusammenhang zwischen den Besatzmengen in Kilogramm und den Konzentrationen des Gesamtposphors ist nicht nachweisbar.

Die Anregung von Stich et al. (2010) an die Fischerei, sich um das Problem der Top-down-Einflüsse zu kümmern, nehme ich gerne auf. In diesem Zusammenhang weise ich darauf hin, dass die bisher gebräuchlichen Arbeitsmethoden unzureichend sind. Der Nachweis einer Wirkung von Besatz mit Rotaugen auf die Gewässergüte eines Sees zu führen, ist nur indirekt möglich über das TDP/TP-Verhältnis und nur während der zweiten Hälfte der Sommerstagnation. Das TDP/TP-Verhältnis ist als ein negativer Ausdruck des Gesamtposphors zu betrachten und bedarf der weiteren Bearbeitung für die ganze Bandbreite der Gewässergüte.

Große Wasserflöhe im Zustand ohne Fraßdruck durch Fische werden nicht gefressen, sondern sterben den Alterstod und sinken danach auf den Seegrund. Auch ihre Fäkalpellets sinken nach unten. Damit wird dem Epilimnion Nährstoffe entzogen und der Phosphor magert aus.

Ich bin nach den Beweisen für meine Arbeitshypothesen gefragt worden. Ein Reviewer bemängelte, dass ein Vergleich der Arbeitsweisen, hier Unterdruckfiltration gegen Schwerkraftfiltration nicht erbracht worden ist. Tatsächlich gibt es aus der Meereskunde Untersuchungen, die zeigen, dass bei Anwendung von Unterdruckpumpen zwecks Filtration von Wasserproben die Zellwände von planktischen Algen brechen können. Dann treten Inhaltsstoffe der Algen in das Filtrat über. Entsprechende Streuungen sind in Ergebnissen zu finden, die nach Unterdruckfiltrationen gemessen werden.

Wer würde solche negativen Ergebnisse publizieren? Einige nordamerikanische Autoren nutzen bei Seenuntersuchungen die Schwerkraft zur Filtration von Wasserproben. Europäische Limnologen sind bisher beim Unterdruckverfahren geblieben.

Der Netzzug, wie er von Planktologen auf Seen angewandt wird, wird ebenfalls in der Meereskunde von Fischereibiologen als unzureichend bewertet. Bearbeitern des Ichthyoplankton sind auf quantitative Daten angewiesen, um aus der Bestandsdichte von pelagischen Fischeiern den Bestand der laichenden Elterntiere zu berechnen. Deshalb haben sie einige Schwachstellen des Planktonnetzes bearbeitet.

Für die Arbeit auf dem offenen Meer, wo es gilt, hundert Kubikmeter Wasser zu filtrieren, um Fischeier zu sammeln, ist heute ein Planktonnetz mit Zusatzreinrichtungen üblich und das geht nicht unter hundert Kilogramm Gewicht und mehreren Metern Netzlänge. Auf einem kleinen See von 5 bis 50 ha Fläche bin ich auf ein 5-m Boot angewiesen und es reicht 1000 Liter Seewasser für eine Teilprobe des Zooplankton zu filtrieren.

Die Erkenntnis ist nicht neu, z. B. über den Gebrauch des Durchflussmessers, der in die Netzöffnung eingehängt wird. Schwoerbel schreibt in seinem Handbuch „Methoden der Hydrobiologie“ (Schwoerbel 1980), dass das Netz allenfalls halbquantitativ arbeitet: Da die Netze während des Fanges einer fortschreitenden Verstopfung unterliegen, fangen sie nicht quantitativ und filtrieren weniger Wasser, als theoretisch in das Netz einströmen könnte. Die Geräteflucht der Zooplankter und das Verstopfen der Netzmaschen sind unberechenbar. Das führt zum alternativen Arbeitsgerät, der Pumpe zum Fang von Zooplankton. Eine leistungsstarke Pumpe mit 1-2 Liter pro Sekunde und eine Ansaugöffnung von mehr als 3 cm überwindet die Geräteflucht der Zooplankter im See und das Volumen, das filtriert wird, kann genau gemessen werden.

Literatur:

1. Baca R, Drenner R (1995) Do the effects of piscivorous largemouth bass cascade to the plankton? *Hydrobiologia* 316:139-151
2. Benndorf J, Wissel B, Sell AF, Hornig U, Ritter P, Böing W (2000) Food web manipulation by extreme enhancement of piscivory: an invertebrate predator compensates for the effects of planktivorous fish on a plankton community. *Limnologia* 30:235-245
3. Bossard P, Gammeter S, Lehmann C et al (2001) Limnological description of the Lakes Zürich, Lucerne, and Cadagno. *Aquat Sci* 63:225-249
4. Braband Å., Faafeng BA, Nilssen JPM (1990) Relative importance of phosphorus supply to phytoplankton production: fish excretion versus external loading. *Can J Fish Aquat Sci* 47:364-372
5. Brander, KM., Milligan SP and Nichols JH, 1993. Flume tank experiments to estimate the volume filtered by high-speed plankton samplers and to assess the effect of net clogging. *Journal of Plankton Research*. 15, 385-401.
6. Brooks JL, Dodson SI (1965) Predation, body size, and composition of plankton. *Science* 150:28-35
7. Burks, R. L., D. M. Lodge, E. Jeppesen and T. L. Lauridsen, 2002. Diel horizontal migration of zooplankton: costs and benefits of inhabiting the littoral. *Freshwater Biology*: 47: 343-365.
8. Carpenter SR, Kitchell JF, Hodgson JR (1985) Cascading trophic interactions and lake productivity. *BioScience* 35:634-639
9. Carpenter SR, Kitchell JF, Hodgson JR Cochran PA, et al (1987) Regulation of lake primary productivity by food web structure. *Ecology* 68:1863-1876
10. Carpenter SR, Kraft CE, Wright R et al (1992) Resilience and resistance of a lake phosphorus cycle before and after food web manipulation. *Am Nat* 140:781-798
11. Carpenter SR, Kitchell JF, Cottingham KL et al (1996) Chlorophyll Variability, Nutrient Input, and Grazing: Evidence from Whole- Lake Experiments. *Ecology* 77:725-735
12. Charlton MN (1975) Sedimentation: measurements in experimental enclosures. *Verh Int Verein Limnol* 19:267-272
13. Cottingham KL (1999) Nutrients and zooplankton as multiple stressors of phytoplankton communities: Evidence from size structure. *Limnol. Oceanogr.* 44: 810-827.
14. Dumont HJ, Velde I, Dumont S (1975) The dry weight estimate of biomass in a selection of Cladocera, Copepoda and Rotifera from the plankton, periphyton and benthos of continental waters. *Oecologia* 9:75-97

15. Elser JE, Hayakwa K, Urabe J (2001) Nutrient limitation reduces food quality for zooplankton: Daphnia response to seston phosphorus enrichment. *Ecology* 82:898-903
16. Friebele ES, Correll, DL Faust, MA (1978) Relationship between Phytoplankton Cell Size and the Rate of Orthophosphate Uptake: in situ Observations of an Estuarine Population. *Marine Biology* 45, 39-52.
17. Goldman JC, Dennett MR (1985) Susceptibility of some marine phytoplankton species to cell breakage during filtration and post-filtration rinsing. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* 86, 47-58.
18. Guy M, Taylor WD, Carter JCH (1994) Decline in total phosphorus in the surface waters of lakes during summer stratification, and its relationship to size distribution of particles and sedimentation. *Can J Fish Aquat Sci* 51:1330-1337
19. Hessen DO (1992) Nutrient element limitation of zooplankton production. *Am Nat* 140:799-814
20. Hrbáček J, Dvorakova M, Korínek V, Procháková L (1961) Demonstration of the effect of the fish stock on the species composition of zooplankton and the intensity of metabolism of the whole plankton association. *Verh Int Ver Limnol* 14:192-195
21. Hudson JJ, Taylor WD, McQueen DJ, Somers KM (2000) Phosphorus in pelagic food webs. *Arch Hydrobiol Spec Adv Limnol* 56:211-225
22. Hulot FD, Lacroix G, Lescher-Moutouré F, Loreau M (2000) Functional diversity governs ecosystem response to nutrient enrichment. *Nature* 405:340-344
23. Jarvis AC, Hart RC, Combrink S (1988) Cladoceran filtration rate-body length relations: model improvements developed for a *Microcystis*-dominated hypertrophic reservoir. *J Plankt Res* 10:115-131
24. Jeppesen E, Jensen JP, Kristensen P, Søndergaard M et al (1990) Fish manipulation as a lake restoration tool in shallow, eutrophic, temperate lakes 2: threshold levels, long-term stability and conclusions. *Hydrobiologia* 200/201: 219-227.
25. Kiene RP, Slezak D (2006) Low dissolved DMSP concentrations in seawater revealed by small-volume gravity filtration and dialysis sampling. *Limnology and Oceanography: Methods*, p. 80-95.
26. Knoechel R, Holtby LB (1986) Cladoceran Filtering Rate: Body Length Relationships for Bacterial and Large Algal Particles. *Limnol Oceanogr* 31:195-200
27. Kraft, C., 1991. Estimates of phosphorus and nitrogen cycling by fish using a bioenergetics approach. *Can J Fish Aquat Sci* 49:2596-2604

28. Lamarra VA (1975) Digestive activities of carp as a major contributor to the nutrient loading of lakes. *Verh Int Verein Limnol* 19:2461-2468
29. Larocque IA, Mazumder M, Proulx, Lean DRS, and Pick FR 1996. Sedimentation of algae: relationships with biomass and size distribution. *Can J Fish Aquat Sci* 53:1133-1142
30. Lazzaro, X., Drenner RW, Stein RA, and Smith JD, 1992. Planktivores and plankton dynamics: Effects of fish biomass and planktivore type. *Can J Fish Aquat Sci* 49: 1466-1473
31. Lennox LJ (1979) An automated procedure for the determination of phosphorus. *Water Res* 13:1329-1333.
32. Mazumder A, Taylor WD, McQueen DJ, Lean DRS (1989) Effects of fertilization and planktivorous fish on epilimnetic phosphorus and phosphorus sedimentation in large enclosures. *Can J Fish Aquat Sci* 46:1735-1742
33. Mazumder A, Lean DRS (1994) Consumer-dependent responses of lake ecosystems to nutrient loading. *J Plankt Res* 16:1567-1580
34. McCallum ID (1979) A simple method of taking a subsample of zooplankton. *N Z J Mar Freshw Res*, 13: 559-560
35. McQueen DJ, Post JR (1988) III. Lakes. 8. Mesocosms. Limnocorral studies of cascading trophic interactions. *Verh Int Verein Limnol* 23:739-747
36. Meijer ML, Hoser H (1997) Effects of biomanipulation in the large and shallow Lake Wolderwijd, The Netherlands. *Hydrobiologia* 342/343:335-349
37. Olin M, Rask M, Ruuhijärvi J et al (2006) Effects of biomanipulation on fish and plankton communities in ten eutrophic lakes of southern Finland. *Hydrobiologia* 553:67-88
38. Peters RH, Downing JA (1984) Empirical Analysis of Zooplankton Filtering and Feeding Rates. *Limnol Oceanogr* 29:763-784
39. Peterson CH (1984.) Does a rigorous criterion for environmental identity preclude the existence of multiple stable points? *The American Naturalist* 124:127-133
40. Plath K, Boersma M (2001) Mineral limitation of zooplankton: stoichiometric constraints and optimal foraging. *Ecology* 82:1260-1269
41. Redfield GW, Goldman CR (1978) Diel vertical migration and dynamics of zooplankton biomass in the epilimnion of Castle Lake, California. *Verh Int Verein Limnol* 20:381-387
42. Rigler FH (1973) A dynamic view of the phosphorus cycle in lakes. In: Edward et al (ed.): *Environmental phosphorus handbook*. John Wiley and Sons, New York, pp 539-572

43. Rothhaupt KO (1996) Utilization of Substitutable Carbon and Phosphorus Sources by the Mixotrophic Chrysophyte *Ochromonas* Sp. *Ecology* 77, 706–715
44. Scheffer M (1998) *Ecology of shallow lakes*. Chapman & Hall. London. New York. Tokyo. Melbourne. Madras.
45. Scheffer M, Rinaldi S, Kuznetsov YA (2000) Effects of fish on plankton dynamics: a theoretical analysis. *Can J Fish Aquat Sci* 57:1208-1219
46. Schindler DE, Kitchell JF, He X, Carpenter SR et al (1993) Food Web Structure and Phosphorus Cycling in Lakes. *Trans Am Fish Soc* 122:756-772
47. Shapiro J, Lamarra V, Lynch M (1975) Biomanipulation: an ecosystem approach to lake restoration. In: Brezonik PL, Fox JL (ed): *The Proceedings of a Symposium on Water Quality Management through Biological Control*, January 1975. University Florida, Gainesville, Florida, pp 85-96
48. Smith, PE., Counts RC, Clutter RI, 1968. Changes in filtering efficiency of plankton nets due to clogging under tow. *Journal du Conseil International pour l'Exploration de la Mer* 32, 232-248
49. Sommer U, F. Sommer F, Santer B et al (2003) *Daphnia* versus copepod impact on summer phytoplankton: functional compensation at both trophic levels. *Oecologia* 135:639-647
50. Sousa WP, Connell JH (1985) Further comments on the evidence for multiple stable points in natural communities. *Am Nat* 125:612-615
51. Stemberger RS, Miller EK (2003) Cladoceran body length and Secchi disk transparency in northeastern U.S. lakes. *Can J Fish Aquat Sci* 60:1477-1487
52. Tarapchak SJ, SM Bigelow, C Rubitschun (1982) Soluble reactive phosphorus measurements in Lake Michigan: Filtration artifacts. *Journal of Great Lakes* p. 550-557
53. Wright DI, Shapiro J (1984) Nutrient reduction by biomanipulation: an unexpected phenomenon and its possible cause. *Verh Int Verein Limnol* 22:518-524

Tabelle 1: TDP/TP-Verhältnis und Länge der Wasserflöhe Gattung *Daphnia*

1-4 m	1-4 m	1-4 m	5-8 m	5-8 m
Vergleich	TDP/TP-Verhältnis	<i>Daphnia</i> -Länge	TDP/TP-Verhältnis	<i>Daphnia</i> -Länge
Mar 96	26,2	833	25,9	1378
Apr 96	15,4	1154	15,2	1250
Jun 96	17,2	717	12,5	1275
Aug 96	18,2	819	15,7	1125
Nov 96	13,4	978	13,8	950
Dez 96	45,5	1019	56,3	1000
Mai 97	11,1		14	1346
Jul 97	14,7	835	15,1	1269
Mai 98	34,6	802	18	1272
Jul 98	7,3	655	4,8	883
Sep 98	7,3	503	3,6	697
Mai 99	29,2	802	16,7	1187
Jul 99	52,4	859	5,1	1108
Sep 99	60	711	58,3	905
Mai 00	17,9	948	15,4	1411
Jul 00	12,4		8,3	1297
Sep 00	15,4	810	7,2	1107
Mai 01		1035	47,8	1198
Jul 01	16,1	859	10,3	1108
Sep 01	22,5	814	60	910
Mai 02	57,1	938	43,8	1198
Jul 02	54,4	1036	52,6	837
Okt 02		542	60	999
Jun 04	50	823	59,6	1291
Sep 04	8		13,5	1219
Jul 05	8,8	1076	59,6	1391
Sep 05	50	695	13,5	922

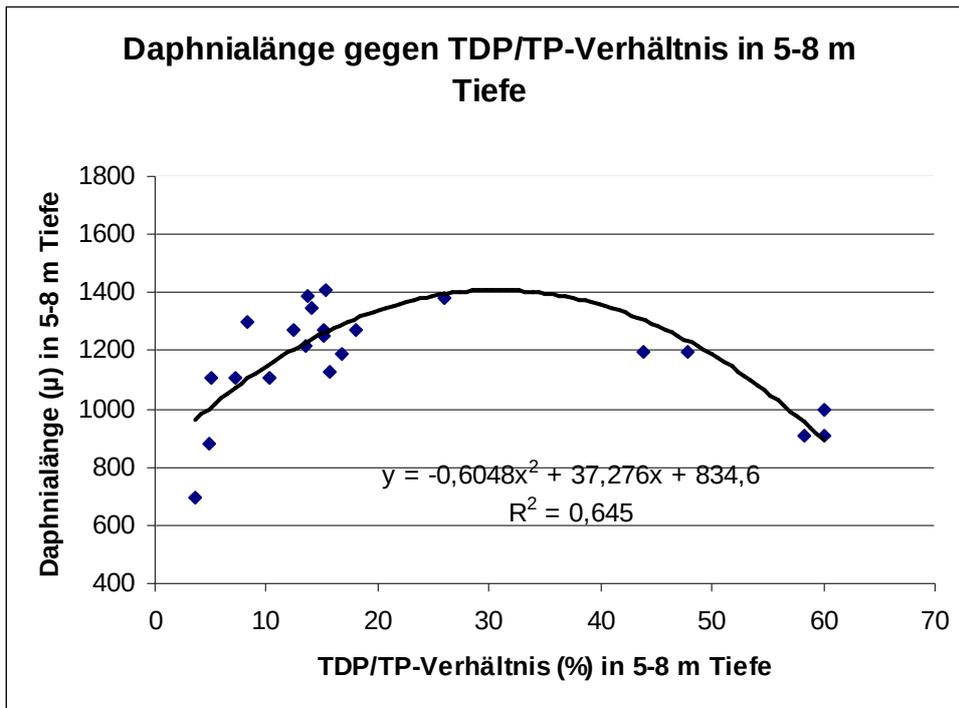


Abbildung 1: Durchschnittslänge der Wasserflöhe gegen das TDP/TP-Verhältnis

Tabelle 2: Gesamtphosphor und Biomasse als Trockengewicht der Wasserflöhe Ordnung Cladocera. nach Sortierung und anschließend Logarithmierung

Dez 96	16	27,81	1,20411998	1,44420099	< 50 TP
Sep 99	12	32	1,07918125	1,50514998	< 50 TP
Mai 01	23	100,8	1,36172784	2,00346053	< 50 TP
Sep 01	15	65,9	1,17609126	1,81888541	< 50 TP
Mai 02	32	350,1	1,50514998	2,54419211	< 50 TP
Okt 02	25	31,5	1,39794001	1,49831055	
Mrz 96	54	40,2	1,73239376	1,60422605	> 50 TP
Apr 96	197	816,2	2,29446623	2,91179659	> 50 TP
Jun 96	168	1783	2,22530928	3,25115134	> 50 TP
Aug 96	89	207	1,94939001	2,31597035	> 50 TP
Nov 96	58	53	1,76342799	1,72427587	> 50 TP
Mai 97	107	410,2	2,02938378	2,61299566	> 50 TP
Mai 98	104	300,3	2,01703334	2,47755533	> 50 TP
Sep 98	363	18,9	2,55990663	1,2764618	> 50 TP
Mai 99	126	854,8	2,10037055	2,93186451	> 50 TP
Mai 00	247	195,7	2,39269695	2,29159083	> 50 TP
Sep 00	292	56	2,46538285	1,74818803	> 50 TP
Sep 04	458	4,2	2,66086548	0,62324929	> 50 TP

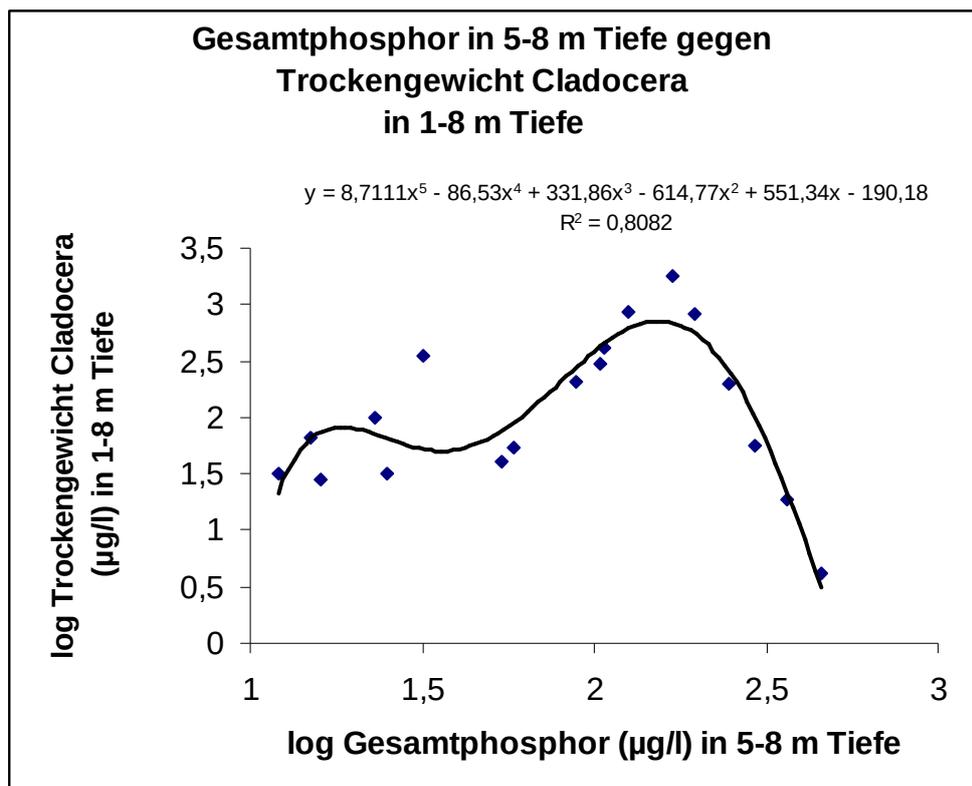


Abbildung 2: Gesamtphosphor gegen Trockengewicht Cladocera

Tabelle 3: Besatz mit Rotaugen und TDP/TP-Verhältnis

Besatz mit Rotaugen	Besatz mit Rotaugen	1-4 m Tiefe TDP/TP-Verhältnis	limnologische Beprobung
Jahr	(kg)	(%)	Monat Jahr
1992	180	8,5	Sep 93
1993	100	19,2	Jul 94
1995	75	18,2	Aug 96
1996	150	14,8	Jul 97
1997	350	7,3	Sep 98
2001	20	54,4	Jul 02
2003	200	8	Sep 04

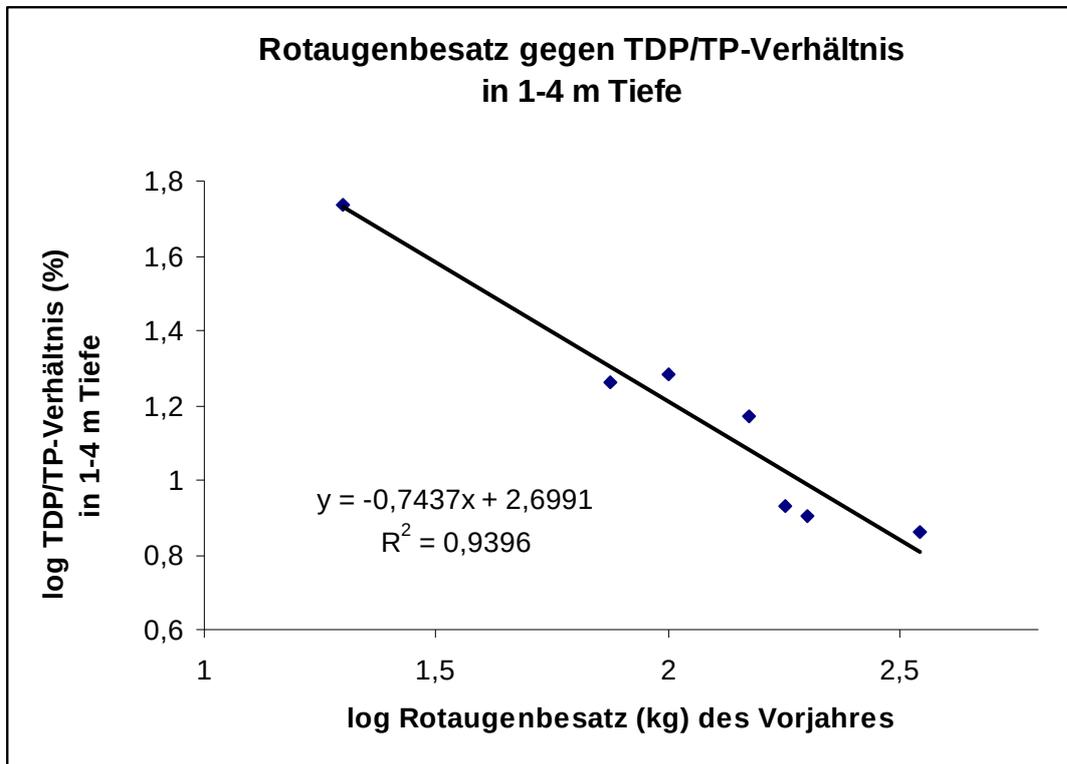


Abbildung 3: Rotaugenbesatz gegen TDP/TP-Verhältnis

Abbildung 4 Fangliste des Fischereipächters am Buchtzigsee von 1980-2003

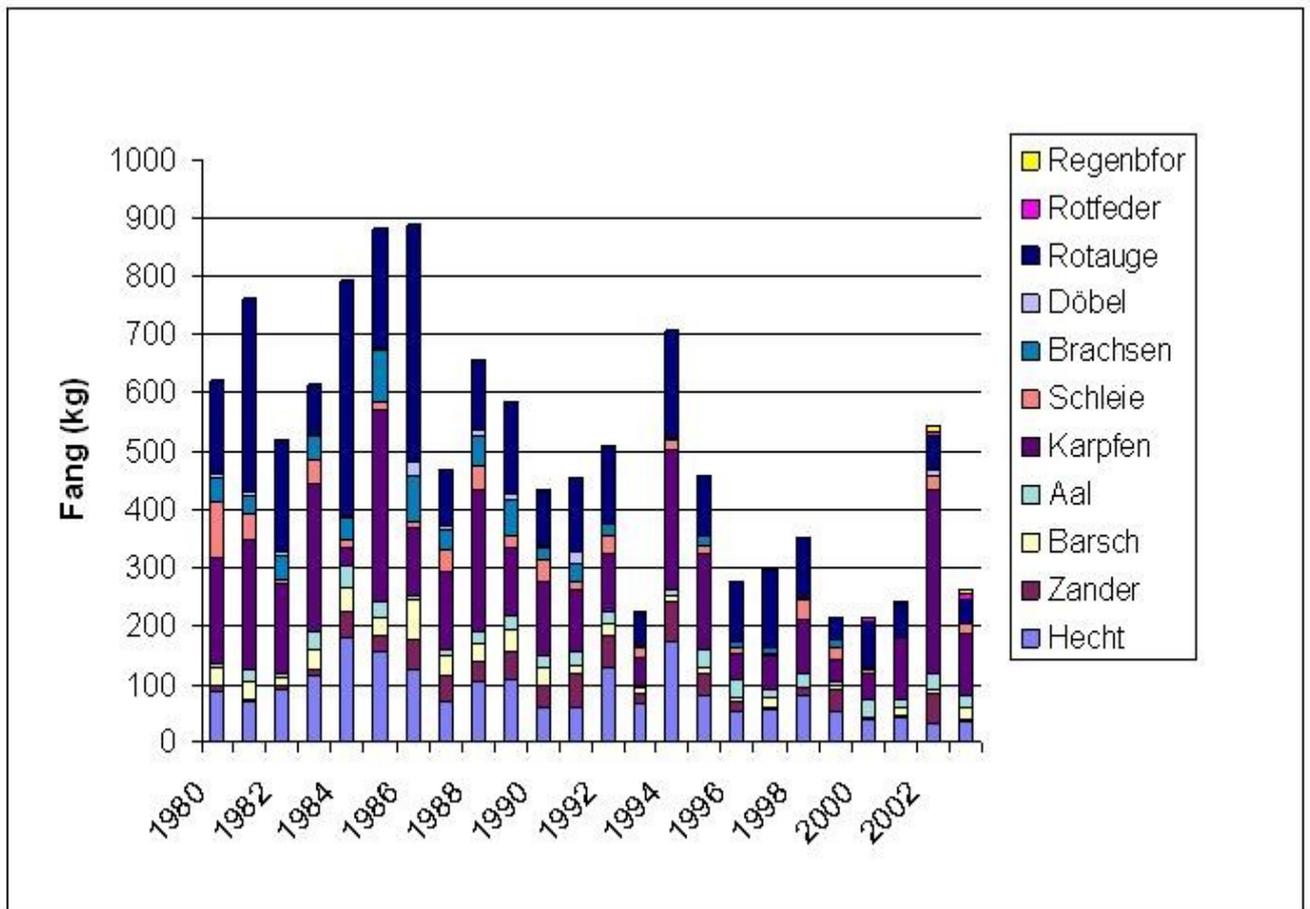


Abbildung 5: Besatz und Fang für den Karpfen im Buchtzigsee

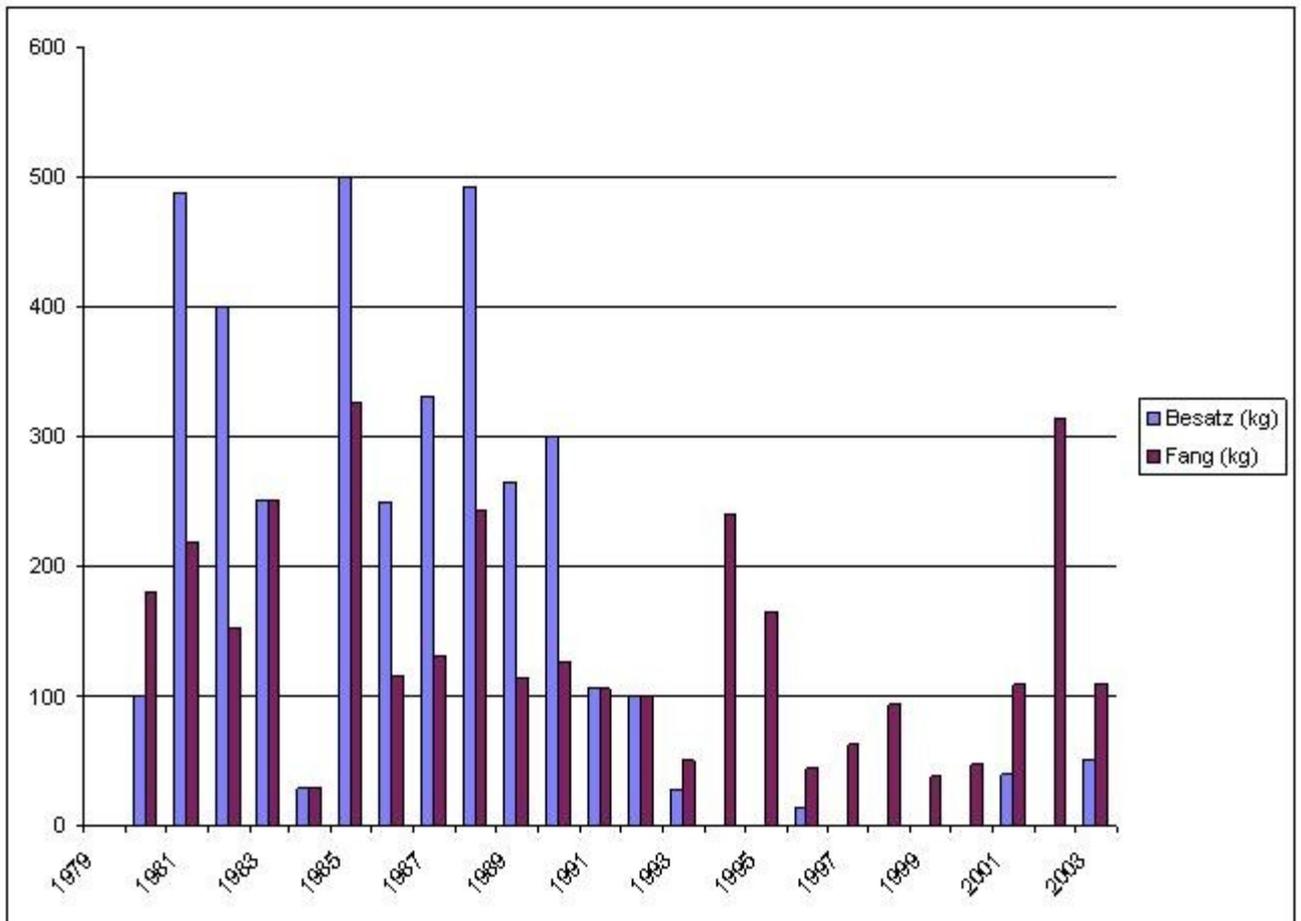
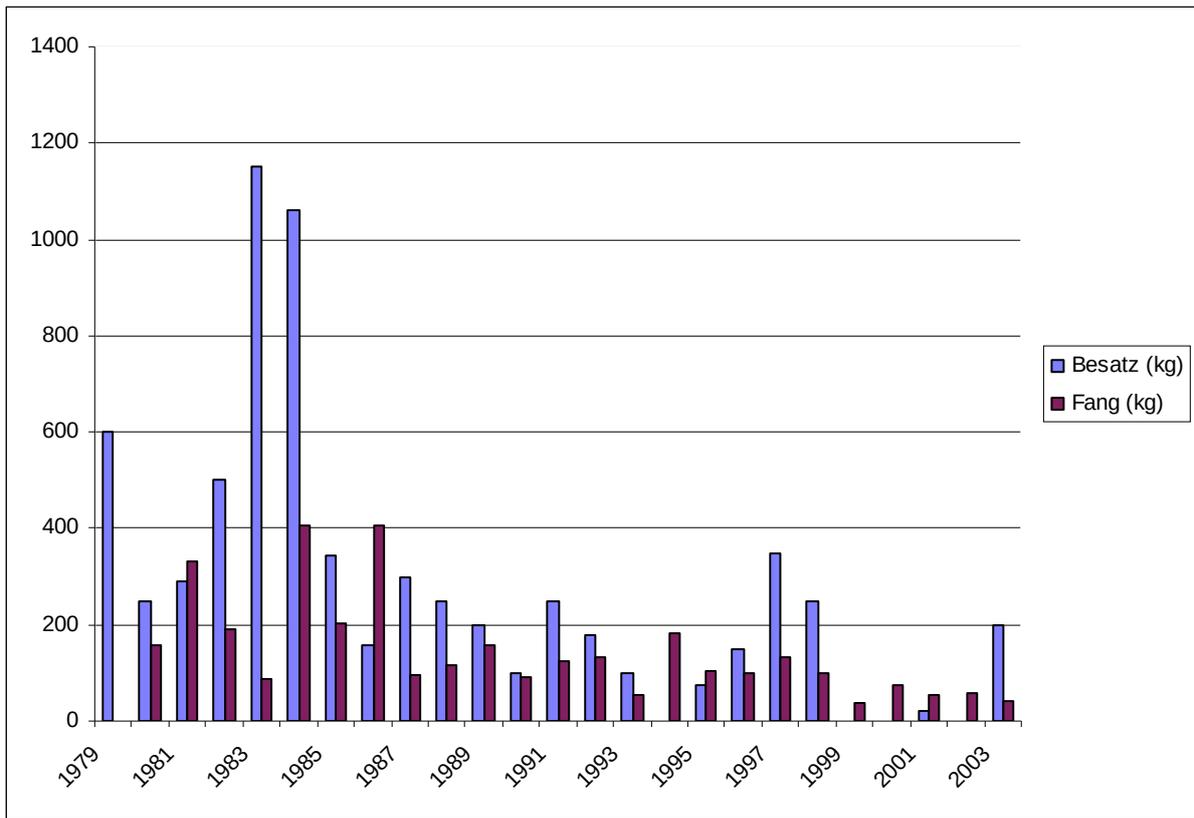


Abbildung 6: **Besatz und Fang für das Rotauge im Buchtzigsee**



Glossar

Benthos: Gesamtheit aller in der Bodenzone eines Gewässers vorkommenden Lebewesen

Bottom/up-Faktoren als Zuführung von Nährstoffen durch:

Einmündung eines Oberflächenfließgewässers,

Abwassereinleitung,

Einstrom von Grundwasser,

Rücklösungen aus den Sedimenten in verschiedenen Tiefen,

Ausscheidungen von Tieren

Durchflussmesser (englisch: flowmeter): erläutert nach Wikipedia

Die Durchflussmessung ist zusammen mit Temperatur, Druck und Kraft unter den vier wichtigsten Größen der industriellen Messtechnik. Es muss zwischen Zählung und Durchflussmessung unterschieden werden. Zählen ist die Erfassung einer Menge innerhalb eines beliebigen Zeitabschnittes. Messen ist das Erfassen der Menge in der Zeiteinheit als Volumendurchfluss. Im Beispiel hier beim Netzfang wird ein Flowmeter mit einem Propeller und einem mechanischen Zähler in die Netzöffnung eingehängt. Der Flowmeter wird im Schwimmbad auf einer abgemessenen Strecke kalibriert, dafür wird vor und nach dem Test der Zähler abgelesen. Richtig genommen ist die Anwendung eines Flowmeters beim Netzfang keine Messung, sondern die Zählung der Strecke, über die das Netz gezogen wird.

Eutrophierung: Zunahme von Nährstoffen in einem Gewässer und damit verbundenes nutzloses und schädliches Pflanzenwachstum

Kieselalgen oder Diatomeen (= Bacillariophyta): einzellige Algen, deren Zellhülle überwiegend aus Siliziumdioxid, dem Grundstoff der Kieselsäure besteht.

Korrelation: beschreibt eine Beziehung zwischen mehreren Merkmalen oder Zuständen. Aus einem starken Zusammenhang ergibt sich nicht, dass eine eindeutige Ursache-Wirkungs-Beziehung besteht. Eine Scheinkorrelation wie die zwischen der Zahl der Storchennester und der Geburtenzahl hängt über eine dritte Größe kausal zusammen, hier die Industrialisierung. Deshalb müssen gefundene Zusammenhänge auf einem anderen Wege überprüft werden.

Korrelationskoeffizient: Bestimmtheitsmaß, gibt eine Maßzahl für den Grad des Zusammenhangs zwischen den Stichprobenwerten der Zufallsvariablen x und y .

Leitfähigkeit: Kehrwert des elektrischen Widerstandes, erfasst die im Wasser gelösten leitfähigen Stoffe.

Nahrungskettenmanipulation: früher Biomanipulation genannt ist eine Biotechnologie zur Steuerung von Nahrungsketten.

Ausfällung des Phosphors als Minimumfaktor für die Algen.

Selektiver Fang von planktonfressenden Weißfischen.

Besatz mit Raubfischen, Zander oder Hecht.

Oxidation: chemische Reaktion eines Stoffes unter Abgabe eines Elektrons. Eine Oxidation im ursprünglichen Sinne ist die Verbrennung als chemische Reaktion eines Stoffes mit Sauerstoff.

pH-Wert: ein Maß für den Säuregrad des Wassers, gemessen als Konzentration der Wasserstoffionen.

Phosphor: chemisches Element, ein Nährstoff und Baustein des Lebens. Im Wasser Minimumfaktor für das Wachstum von Algen und Wasserflöhen.

Orthophosphat: eine veraltete Bezeichnung für anorganischen Phosphor, der in gelöster Form als H_2PO_4^- oder als HPO_4^{2-} im Wasser vorhanden ist und ohne Oxidation nachgewiesen werden kann.

SRP (soluble reactive phosphorus): gelöster reaktiver Phosphor, ist im filtrierten Wasser ohne vorherige Oxidation zu messen; enthält zusätzlich zum Orthophosphat Zusammenballungen von Phosphatmolekülen.

TDP (total dissolved phosphorus): gesamter gelöster Phosphor aus dem Filtrat nach Oxidation

PP (particulate phosphorus): partikulärer Phosphor, in Partikeln, z. B. Algen, Bakterien und Sediment gebundener Phosphor

TP (total phosphorus): Gesamtphosphor als Summe des Phosphors in der gelösten Fraktion und des Phosphors in der partikulären Fraktion

Plankton: das Schwebende. Pflanzen und Tiere im freien Wasser, die nicht gegen Strömungen schwimmen können.

Phytoplankton: einzellige Algen im freien Wasser.

Zooplankton: Tiere aus den Gruppen der Einzeller, Rädertiere und Krebse im freien Wasser.

Ichthyoplankton: im freien Wasser schwebende Fischeier und Fischlarven.

Regressionsanalyse: statistisches Analyseverfahren um Zusammenhänge quantitativ zu beschreiben über die Beziehungen zwischen einer abhängigen und einer oder mehreren unabhängigen Größen oder Merkmalen.

Lineare Regression: die abhängige Größe steht hierbei in einer Linearkombination; die Punktreihe steht in einer Geraden.

Quadratische Regression: die Punktreihe steht in Form einer Glocke.

Polynomische Regression: die Punktreihe steht in Form einer mehrgliedrigen Kurve.

SBV: Säurbindungsvermögen. Die Konzentration des gelösten Bikarbonats HCO_3 nach Titration mit verdünnter Salzsäure bis zum Umschlagpunkt von 4,3 von Methylorange. Heute wird in den Berichtsblättern der chemischen Laboratorien der SBV als pKs 4,3 bezeichnet.

Sediment: abgelagerte Feststoffe

Signifikant: wesentlich, erheblich; in der Statistik bedeutet signifikant, es ist unwahrscheinlich, dass das betreffende Ergebnis durch Zufall zustande gekommen ist.

Sommerstagnation: Zustand der stabilen Schichtung eines Sees während der warmen Jahreszeit in eine warme Oberflächenschicht (= Epilimnion) und eine kalte Tiefenschicht (= Hypolimnion).

Sprungschicht: (= Metalimnion) eine Zone mit steilen Temperaturunterschieden zwischen Oberflächenschicht und Tiefenschicht.

Szenarium: bedeutet ein Bühnenbild oder eine Landschaft

T+O-Profil: Messungen im Meterabstand von Temperatur und Sauerstoff aus Wasserproben oder anhand der Messungen mit Hilfe einer Sonde an einem geeichten Kabel.

Top down-Faktoren als Wirkungen aus dem Fischbestand auf den Gütezustand des Gewässers:

Arbeitshypothesen:

Ein hoher Bestand von Weißfischen infolge von Nichtbefischung oder Besatz fördert die Mobilisierung von Nährstoffen in den gelösten Zustand,

Ein Drittel Raubfische im Fischbestand verhindert die Mobilisierung von Nährstoffen in den gelösten Zustand.

Trophiestufen: Trophie ist die Intensität der pflanzlichen Produktion.

Nährstoffarm (**oligotrophe Stufe**) mit mehr als 8 mg/l Sauerstoff, 4-10 $\mu\text{g/l}$ Gesamtphosphor, Seegrund hell gefärbt. Bakterien < 100 pro ml. Kennfarbe: dunkelblau.

Geringe Nährstoffbelastung (**mesotrophe Stufe**) mit 6-8 mg/l Sauerstoff, 10-35 $\mu\text{g/l}$ Gesamtphosphor, Seegrund grauer Schlamm. Bakterien etwa 10 000 pro ml. Kennfarbe: hellblau.

Nährstoffreich (**eutrophe Stufe**): mit 2-4 mg/l Sauerstoff, 35-100 $\mu\text{g/l}$ Gesamtphosphor, Seegrund schwarzgrauer Schlamm. Bakterien bis 100 000 pro ml. Kennfarbe: grün.

Hohe bis sehr hohe Nährstoffbelastung (**polytrophe Stufe**) Sauerstoff fehlt, mehr als 100 $\mu\text{g/l}$ Gesamtphosphor, Seegrund schwarzer, nach faulen Eiern riechender Faulschlamm. Bakterien mehr als 100 000 pro ml. Kennfarbe: gelb.

Kritik an abänderungsbedürftigen Arbeitsmethoden.

Systematische Fehler bei der Probenahme und bei Laborarbeiten sind zu vermeiden.

Es ist bekannt, dass bei Filtration mit Hilfe von Unterdruck die Zellwände durch die plötzlichen Druckunterschiede reißen können und Zellinhalte gelangen ins Filtrat. Da Zellen von Bakterien und Algen Nährstoffe speichern, treten nach solchen Zellzerstörungen falsche Verhältniszahlen zwischen dem gelösten und dem partikulären Phosphor auf. Mehrere Autoren haben darauf hingewiesen in ihren Veröffentlichungen. Für Phosphor als Speicherstoff in den Algen und Bakterien und als Nährstoff im freien Wasser gibt es noch keine ausreichenden Untersuchungen. Außerdem fehlen eingehende Unterlagen über die Wirkung von unterschiedlichen Druckschwankungen und Fotografien von Algen nach Filtration mit Unterdruck. Tarapchak et al. (1982) benutzten bereits niedrig dosierten Unterdruck beim Filtrieren, um Artefakte an den Algen auf dem Filter zu verhindern. Eine Weiterführung von Artenlisten von Algen, die bei Unterdruckfiltration geschädigt werden können, wie sie Goldman and Dennet (1985) begonnen haben, ist gewünscht. In der Arbeitsgruppe um McQueen wurde ein Verfahren ausgearbeitet, um Algen bei geringem Unterdruck mit Filtern unterschiedlicher Porenweite zu trennen, ein Beispiel dazu ist die Veröffentlichung Mazumder et Lean (1994).

Netzzug: Geräteflucht, Widerstand gegen das einströmende Wasser durch das Netzgewebe und Verstopfung der Netzmaschen. Clogging, Flowmeter ins Glossar

Berechnung des filtrierte Volumens für den Netzzug unter Berücksichtigung des Widerstandes durch das Netzgewebe und der verstopften Netzmaschen. Eine Berechnung nur anhand der Fläche der Netzöffnung und der Länge des Netzzuges ergibt ein überhöhtes Volumen des filtrierte Wassers und folglich einen Wert für die Planktondichte und Planktonbiomasse, die unterhalb dem wahrscheinlichen Wert liegt und eine hohe Streuung aufweist. Solche Daten sind im besten Fall halbquantitativ und als Grundlage für ein Seenmanagement nicht brauchbar. Die Fläche des Netzgewebes nimmt mit abnehmender Maschenweite zu. Eine Vorstellung von der Filterwirksamkeit von Netzen mit Unterschieden in der Konstruktion und in den Maschenweiten gibt Smith (1968).

Wir benötigen im Land solche Untersuchungen wie von Brander et al. (1993) über die Unterschiede von Flowmetermessungen in der Netzöffnung und außerhalb davon. Die Ergebnisse von Smith et al. (1968) zeigen, dass das Netzgewebe den Wasserdurchfluss hemmt und das Verstopfen der Netzmaschen zusätzlich als Durchflusshemmung nicht

berechenbar ist. Genaugenommen ist die Anwendung eines solchen Gerätes mit einem Propeller und einem Zähler keine Messung, sondern eine Zählung der zurückgelegten Strecke.

Wir brauchen Unterlagen über die Arbeitsweise und Wirkung von unterschiedlichen Pumpen und unterschiedlichen Durchflussmesser im Vergleich zur Messung der Pumpenleistung mit Hilfe der Stoppuhr und der Eimerfüllung. Bisherige Unterlagen zeigen, dass die Leistung einer Viertaktpumpe im Verlauf der Beprobung sich verändert. Wäre es möglich, einen Generator und eine Elektropumpe zu nutzen, um die Pumpenleistung konstant zu halten? Lohnt sich solch ein Aufwand in den Ergebnissen?

Zusätzlich besteht das Problem der horizontalen Wanderung von Zooplankton in ungeschichteten flachen Gewässern. Nachts halten sich die Wasserflöhe in den freien Räumen ohne Wasserpflanzen auf, um dort Algen und Bakterien zu filtrieren, während sie tagsüber auf der Flucht vor den Fischen in die Bestände der höheren Wasserpflanzen ausweichen (Burks et al. 2002). Falls im flachen See kein Kraut vorhanden ist, halten sich die Wasserflöhe tagsüber im Sediment auf (Ts).

Die Anregung an die Fischerei, sich um das Problem der Top-down-Einflüsse zu kümmern, nehme ich gerne auf. In diesem Zusammenhang weise ich darauf hin, dass die bisher offiziell gebräuchlichen Untersuchungsmethoden dafür unzureichend sind, um die damit verbundenen Probleme angehen zu können. Ich nehme die Empfehlung von René Descartes auf, mir die Werkzeuge für diese Aufgaben selbst zu erstellen bzw. zusammenzustellen.

Es wird unumgänglich sein, für diese Untersuchungsarbeiten Experimentalgewässer auszuweisen, an denen über Jahre hinweg die Wirkung von Fischbesatz auf den Gütezustand beobachtet und bewertet wird. Konstruktive Beiträge von den zuständigen amtlichen Stellen sind hierfür erwünscht. Der Gebrauch eines Trophic State Indexes ist ein Irrweg, sondern bottom-up und top-down-Wirkungen müssen differenziert werden

Mechanismen:

In einem Szenarium ohne Fische klären große Wasserflöhe aus der Gattung *Daphnia* das Wasser, wobei sie kleine Algen bevorzugen (Sommer et al. 2003) und selektieren deshalb auf große Algen mit $> 35 \mu$ Durchmesser (Hulot et al. 2000). Dagegen sind in einem Szenarium mit planktonfressenden Fischen die großen Wasserflöhe die bevorzugte Beute der Fische und das algenfiltrierende Zooplankton wird auf kleine Wasserflöhe selektiert entsprechend der Größen-Wirksamkeitshypothese von Brooks & Dodson (1965). Die Filtrationswirkung von kleinen Wasserflöhen ist aber geringer verglichen mit der von großen Wasserflöhen (Jarvis et al. 1988, Knoechel & Holtby 1986, Peters & Downing 1984). Bakterien und kleine Algen können wegen ihres hohen Oberflächen/Volumen-Verhältnisses Nährstoffe schnell aufnehmen und sie speichern Nährstoffe in ihren Zellen. Da in Gegenwart von Raubfischen sowohl im Phyto- wie im Zooplankton große Arten vorherrschen, bleiben gelöste Nährstoffe länger im Wasser, bevor sie von lebenden Organismen aufgenommen werden, verglichen zum Szenarium mit planktonfressenden Fischen. Unter diesen Gesichtspunkten kann vorausgesagt werden, dass Besatz mit planktonfressenden Fischen zu einem hohen Anteil an partikulärem Phosphor im Wasser führt. In Gegenwart von Raubfischen würde die gelöste Fraktion des Phosphors höher sein als der partikuläre Phosphor, d. h. es ist zu erwarten, dass das Verhältnis des gelösten Phosphors (TDP) zum Gesamtphosphor (TP) negativ mit dem Planktivorenbesatz korreliert ist. Ungeklärt ist bisher, wieweit die Fähigkeit von großen Algen wie z. B. Dinobryon Bakterien aufzunehmen, um ihren Phosphorbedarf zu decken, Einfluss auf das Verteilungsverhältnis TDP zu TP hat (Rothhaupt 1996).