©Bayerische Botanische Gesellschaft; download unter www.bbgev.de;www.biologiezentrum.at

Ber.Bayer.Bot.Ges.	68	29-34	31. Dezember 1997	ISSN 0373-7640

Überblick zum Phytoplanktonzustand nach der Versauerung eines kleinen Bergsees unter besonderer Berücksichtigung von Bitrichia ollula (Fott) Bourrelly

Von T. P. **Chang**, Wielenbach und A. **Schuwerk**, Deggendorf

Zusammenfassung

Das Seewasser vom Großen Arbersee (Bayer.Wald, Deutschland) ist bislang immer noch sauer; die pH-Werte liegen ungefähr bei 5. Im Phytoplankton existierten nur einige säuretolera<Keines>nte Algenarten; darunter befand sich die wenig bekannte Goldalge, *Bitrichia ollula*. Wegen ihrer exponierten Stellung unter den gefundenen Algen wird sie in dieser Studie besonders diskutiert. Es hat sich gezeigt, daß die chemischen Bedingungen in diesem See außerordentlich ungünstig für die Algenentwicklung waren und sind.

Einleitung

Der Große Arbersee (935 m über NN, Oberfläche: 0,77 km², max.Tiefe:15,9 m; Einzugsgebiet 2,58 km²) ist ein kleiner Bergsee im Bayerischen Wald (nordostbayerisches Grundgebirge). Das Seewasser dieses Weichwassersees ist sauer, d.h. die pH-Werte liegen unter und um 5,0 (Abb.13b). Die Versauerung trat bereits vor einem Jahrhundert auf (ARZET & STEINBERG 1984; ARZET et al. 1987), und seit 1960 befinden sich im See keine Fische mehr (STEINBERG et al. 1991). Offensichtlich starben die Fische aus, weil sie das saure Wasser des Sees nicht vertragen konnten. Außerdem läßt sich vermuten, daß sie wegen Futtermangels im See verhungerten und abstarben. Im sauren Wasser existieren Algen sowie Algenfresser bzw. Zooplankton-Arten nur in geringeren Mengen (CHANG & CHANG-SCHNEIDER 1994), die für ein Fischwachstum nicht ausreichen. Schließlich ist die Nahrungskette in diesem See seit langer Zeit zusammengebrochen. Die Versauerungsgeschichte dieses Sees wurde anhand der Sedimentationen von Schwermetallionen (STEINBERG et al. 1984, 1991) und organischen Stoffen (STEINBERG 1991; STEINBERG et al. 1991) sowie Algenresten (CHANG & CHANG-SCHNEIDER 1994) studiert. Vor allem wurden die von Algen abgesonderten Schuppen (HARTMANN & STEINBERG 1989) und Schalen (ARZET 1987; SAUMWEBER, 1990) intensiv beobachtet. Von Interesse war besonders, welche Plankton-Arten jetzt noch im See existieren. Die folgende Arbeit faßt die jetzigen Untersuchungsergebnisse der Algenentwicklung (insbesondere der letzten Jahre) in diesem versauerten Bergsee zusammen.

Material und Methodik

Die Wasserproben wurden mindestens einmal im Jahr (meist im August, z.T. im Mai) vom Epilimnion bis 15 m Tiefe entnommen und im Labor chemisch analysiert (Tab. 2; Abb. 13). Für die Untersuchungen an Algen wurde eine Phytoplanktonprobe per Netz (Porengröße = 30 µm) gesammelt. Die fixierten Algen wurden im Labor mit Hilfe eines Lichtmikroskops untersucht und die Algenbestimmung meistens nach GEITLER (1932), FOTT (1968) und STARMACH (1985) durchgeführt.

©Bayerische Botanische Gesellschaft; download unter www.bbgev.de;www.biologiezentrum.at

Ergebnisse

1. Algologische Untersuchungen:

Anhand der Netzproben wurden lediglich Phytoplankton-Arten untersucht, deren Dichte im allgemeinen nur gering war (Tab. 1). Einige Arten sind photographisch dargestellt (Abb. 1-12).

Tabelle 1. Plankton-Arten im Großen Arbersee

Plankton-Arten	Abb.	89	90	91	92	5/93	8/93	5/94	7/94
Peridinium inconspicum	7a	1	3	3	1	3	2	2	2
Dinobryon crenulatum	6	1	-	1	2	-	-	-	-
Bitrichia ollula	1	1	1	1	2	2	1	2	2
Gymnodinium sp.	-	1	+	1	2	1	1	+	+
Chlorococcum-Zellen	5	-	-	-	-	1	1	1	1
Kleine Flagellaten	9	+	+	1	2	+	+	+	+
Ceratium hirundinella	-	2	-	2	+	-	-	-	-
Vereinzelte Grünalgen	3, 4, 7c	+	2	3	1	2	1	+	1
Scenedesmus spp.	1	-	-	2	1	-	-	-	-
Chlamydomonas sp.	10	-	-	1	1	-	-	-	+
Cosmarium formosalum	-	-	-	1	-	-	-	-	-
Pinnularia spp.	-	-	-	1	-	+	-	1	-
Schizothrix sp.	-	-	-	-	-	+	-	+	-
Anabaena-Oscillatoria	2	-	-	-	+	-	-	-	-
Synura sp.	8	-	-	-	1	-	-	-	-
Pseudanabeana sp.	7b	-	-	-	-	+	-	2	-
Eunotia sp.	-	-	-	-	-	+	-	+	-
Melosira sp.	-	-	-	-	-	+	-	-	-
Tracholomonas sp.	-	-	-	-	-	+	-	-	-
Tabellaria flocculosa	12	-	-	-	-	+	-	-	-
Achnanthes spp.	-	-	+	-	-	+	-	+	-
Fragilaria sp.	-	-	-	-	-	+	-	-	-
Surirella elegans	-	-	-	-	-	-	-	+	-
Xanthidium sp.	-	-	-	-	-	-	-	+	-
Heterothrix sp.	11	-	-	-	-	-	-	+	-

Probenentnahme in Mai/August 1993 (5/93 u.8/93) bzw. Mai/Juli 1994 (5/94 u.7/94). Abundanz: 5 = massenhaft, 4 = häufig, 3 = mäßig, 2 = vereinzelt, 1 = selten, + = 0,5 sehr selten, - = keine gefunden.

Tabelle 2: Chemische Daten vom Seewasser (0 m) des Großen Arbersees

Parameter	Dimension	Mini-mum	Maximium
Sulfat	mg/l	3,8	5,6
Chlorophyll-a	µ/l	<0,5	2
Phaeopigmente	µg/l	1	10
TOC*	mg/l	2,1	4,3
Gesamt.Phosphor	µg/l	5	9
NO_3-N	mg/l	0,4	0,8
NH_4-N	mg/l	0,02	0,21
Leitfähigkeit	µS/cm	19	28
Chlorid	mg/l	0,5	1,4
Natrium	mg/l	0,65	1
Kalium	mg/l	1,3	1,7
Magnesium	mg/l	0,36	0,55
SiO_2	mg/l	4,5	5,5

* Organisch gebundene Kohlenstoff

©Bayerische Botanische Gesellschaft; download unter www.bbgev.de;www.biologiezentrum.at

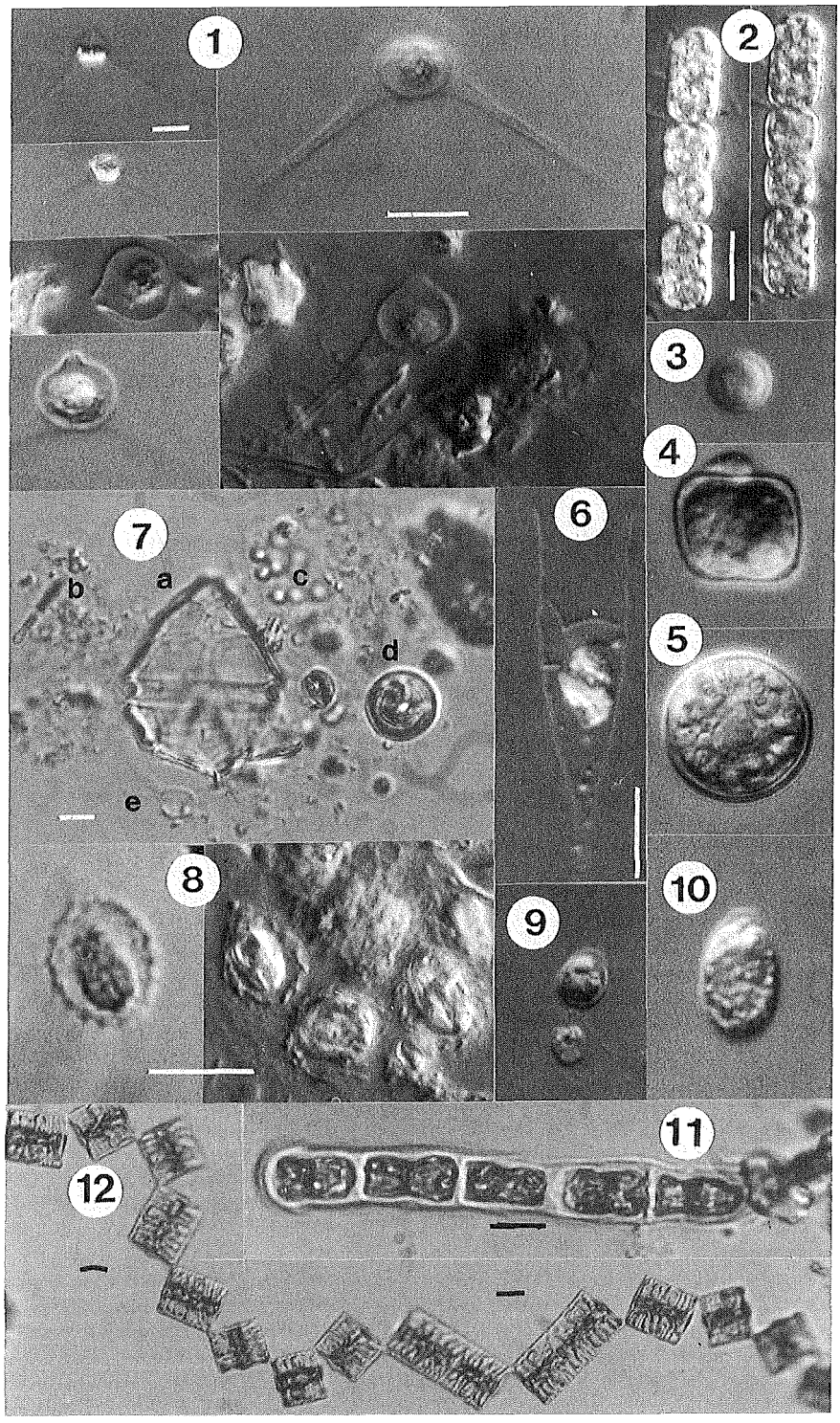

Abb.1-12: Phytoplankton-Arten im Großen Arbersee. (Maßstab = 10 µm, Artennamen s. Tab.1)

©Bayerische Botanische Gesellschaft; download unter www.bbgev.de;www.biologiezentrum.at

2. Chemische Analysen:

Die Temperatur des Oberflächenwassers schwankte zwischen 14-24° C und die Sprungschicht lag bei ca. 5 m Tiefe (Abb. 13a). Die Sauerstoff-Konzentration unterhalb der Sprungschicht war etwas höher als die im Epilimnion (9 gegenüber 8,5 mg/l, Abb. 13c). Ebenso konnten stabile Werte bei Sulfat (4,5 mg/l, Abb. 13d) und Aluminium (0,3 mg/l mit einer Ausnahme bis 1 mg/l, Abb. 13e) gleichartige Werte festgestellt werden. Die Konzentrationswerte von Chlorophyll-a waren niedrig, d.h. nur wenig Algen konnten in diesem nährstoffarmen See (Phosphor, Stickstoff, Minernalien, s.Tab. 2) wachsen.

Diskussion

In den letzten 5 Jahren hat sich der Zustand des Großen Arbersees fast nicht verändert (Tab. 1,2). Die pH-Werte liegen noch um pH 5,0 (Abb. 13b). Das Seewasser ist mit einer Leitfähigkeit von 17-23 µS/cm sehr mineralarm. Die P-Gesamtkonzentration ist mit 5-9 µg/l gering und kann als entscheidender Faktor für die geringe Phytoplanktondichte angesehen werden (vgl. LYDEN & GRABN 1985). Der Chlorophyll-a-Gehalt lag nur bei 1-2 µg/l. Allerdings konnten in diesem See die säuretoleranten Arten, z.B. *Gymnodinium uberrimum*, *Dinobryon crenulatum* und *Peridinium inconspicuum* gefunden werden, während sie in einigen versauerten Seen in Schweden eine P-Gesamtkonzentration bis 300 µg/l zum Wachstum brauchen (HÖRNSTÖM 1981).

Insgesamt wurden ca.16 Algenarten im Großen Arbersee gefunden. Diese Zahl ist vergleichbar mit denen in anderen versauerten Seen (10 Arten in ALMER et al. 1978; 8-21 Algenarten, s. LENHART & STEINBERG 1984), jedoch nicht mit denen in einem See mit sehr niedrigen P-Konzentrationen (1-3µg/l) und pH-Werten von 4.5-5.0 (> 30 Algenarten, s. HÖRNSTÖM in LYDEN & GRABN 1985). Dagegen war die Konzentration der organischen Kohlenstoffverbindungen im Großen Arbersee relativ hoch (TOC 4mg/l, Tab. 2); darunter befanden sich meistens die abiologischen Komponenten, d.h. der algenbürtige Anteil war sehr klein (die Phytoplanktonbiomasse in schwedischen Seen lag bei 0,2 mg/l, s. ALMER et al.1978). Bei solchen niedrigen P-Konzentrationen konnten nur 3 fadenförmige Blaualgen (*Pseudanabaena*, Abb. 7b; *Anabaena*, Abb. 2 und *Schizothrix*) heranwachsen, die sich oft mit anderen Mikroorganismen zum Schutz vor Freßfeinden in einer gelatineartigen Biomasse einbetten. Alle übrigen Blaualgen können bekanntlich in den versauerten Gewässern mit einem pH-Wert unter 5 gar nicht heranwachsen (BROCK 1973).

In diesem versauerten See traten, trotz der hohen Si-Konzentration (bis 5 mg/l, Tab. 2) fast ausschließlich die kleinen Kieselalgen auf; dagegen erschienen nur gelegentlich einige größere Arten von *Eunotia*, *Pinnularia*, *Surirella*, *Tabellaria* u.a. (Tab. 1), die vermutlich vom Regen in den See hineingespült wurden. Solche "säuretolerante" Arten waren in früheren Sedimentschichten kaum zu finden (vgl. ARZET 1987; ARZET et al.1987; SAUMWEBER 1990; ZAHN & SCHREINER 1990); es kann bedeuten, daß sie auf dieser "versauerten Umgebung" bereits besiedelt sind. Man kann weiterhin annehmen, daß die Artenzusammensetzung im See, z.B. besonders bei den Kieselalgen, sich im Laufe der Versauerung verändert hat. Ebenso könnte es eine Erklärung für die Abwesenheit der *Mallomonas*-Arten während der letzten Jahre sein (Tab. 1), die mit ihren zahlreichen Schuppen in den Sedimenten an der Versauerungsgeschichte des Kleinsees bereits mitgewirkt haben (HARTMANN & STEINBERG 1989; ZAHN 1991).

Neben *Peridinium*, *Gymnodinium* und *Dinobryon*-Arten traten *Synura* cf. *sphagnicola* mit Schuppen und *Bitrichia ollula* mit Zell-Kapseln ständig, jedoch in geringen Individuenzahlen, auf. Alle Arten wurden von schwer bestimmbaren Flagellaten begleitet (Tab. 1) und sind als säuretolerant anzusehen (cf. LENHART & STEINBERG 1984; STEINBERG 1991). Die Schuppen der *Synura*-Arten waren häufig in den Sedimenten gefunden worden (HARTMANN & STEINBERG 1989). Es ist anzunehmen, daß die zahlreichen Flagellaten, die Gameten-Schwimmer der erwähnten gepanzerten Arten sind, jedoch bestehen ebenso Ähnlichkeiten mit *Chlamydomonas*-Zellen (vgl. LENHART & STEINBERG 1984). Andere immobile Grünalgen wie *Scenedesmus*, *Chlorella* u.a. sind meistens nur vereinzelt im See zu finden und vermehren sich sehr langsam.

Peridinium inconspicuum war die häufigste Art im Großen Arbersee (Abb.7a) und in anderen versauerten Seen (ZAHN 1990). Sie wurde bereits als eine typische Art im Sommer und als Indikator für Sauerwasser (pH < 5, Konduktivität < 40µS/cm und ges. Phosphor < 8µg/l) eingestuft (ROSÉN in LYDEN & GRABN 1985), oft von einer *Gymnodinium*-Art (cf. *G.uberrimum*) begleitet. Gleichzeitig findet man oft *Dinobryon*-Arten (ZAHN 1991) als ihre Begleiter (jedoch wurde lediglich *Dinobryon crenulatum* im Großen Arbersee gefunden). Der Algenanteil im Großen Arbersee war wesentlich geringer als der im naheliegenden Kleinen Arbersee (ZAHN 1991), obwohl beide Seen unter ähnlichen Umweltbedingungen stehen. In beiden Seen wurde die bislang wenig bekannte Goldalge, *Bitrichia ollula* (Fott) Bourrelly (in STARMACH 1985,

©Bayerische Botanische Gesellschaft; download unter www.bbgev.de;www.biologiezentrum.at

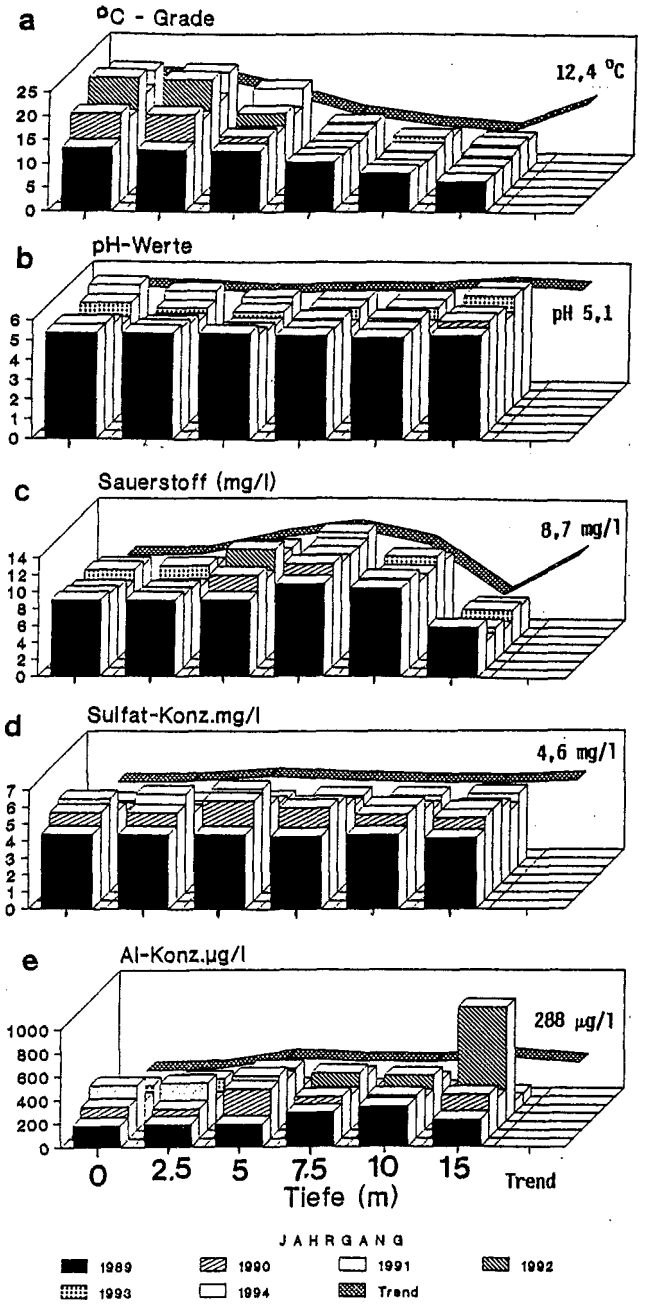

Abb.13: Chemische Daten in Profilen des Großen Arbersees

S. 406, Fig. 856) gefunden. Diese Art (= *Diceras ollula* Fott, s.HUBER-PESTALOZZI, 1941, S. 210, Abb. 282) ist nur von einigen böhmischen und bayerischen Seen bekannt (z.B. Schwarzer See, 1008 m; Teufelssee 1040 m und Lakka-See 1040 m ü.NN, s. PESTOLAZZI 1941) und wurde in anderen benachbarten Seen, z.B. Rachelsee, Höllensteinsee (Flußstausee) nicht gefunden (ZAHN 1991). Die verwandte Art *Bitrichia chodati* (Rev.) Chod. mit 2 linear angeordneten Stacheln trat in versauerten schwedischen Seen (pH 4.7

©Bayerische Botanische Gesellschaft; download unter www.bbgev.de;www.biologiezentrum.at

- 5.2, LYDEN & GRABN 1985) und in schweizerischen Hochgebirgsseen (2 Seen, 690 m und 978 m ü.NN, NAUWERCK 1966) auf. Mit ihren 2-3 langen Stacheln können sich solche Arten gegen das Zooplankton wehren. Ihre Säuretoleranz ist jedoch bislang unbekannt. Ein saisonaler Wechsel von Chrysophyceen und Dinophyceen (LYDEN & GRABN, 1985) konnte wegen der geringen Algendichte im Großen Arbersee nicht beobachtet werden.

Beim Vergleich der Artenzusammensetzung im Plankton und Sediment erkennt man eine Artreduzierung und Verschlechterung der Lebensbedingungen (cf. JUSE 1966; KORDE 1966). Die geschilderten Untersuchungen zeigen, daß sowohl die Qualität als auch die Quantität der Algen in diesem See gering ist. Die anthropogen bedingte Versauerung kann zu einer Mangelproduktion von Algen und schließlich zum Zusammenbruch der Nahrungskette im See führen.

Danksagung

Die Verfasser bedanken sich beim Leiter des Wasserwirtschaftsamtes Deggendorf, Herrn D. Passig, für das Überlassen von Phytoplanktonproben und Chemiedaten und Herrn Dr. A. Hamm für seine fachlichen Beratungen.

Literatur

ALMER, B., W. DICKSON, C. EKSTRÖM & E. HÖRNSTRÖM 1978: Sulphur pollution and the aquatic ecosystem. - In: NRIAGU, I.O. (ed.): Sulphur in the Environment. II. pp. 271-286. Wiley, New York. — ARZET, C. 1987: Diatomeen als pH-Indikatoren in subrezenten Sedimenten von Weichwasserseen. Diss. Abt. Limnol. Innsbruck 24: 1-266. — ARZET, K. & C. Steinberg 1984: In Ermangelung von langjährigen Meßreihen: Paläolimnologie. In:WIETING, J. et al. (eds.): Gewässerversauerung in der Bundesrepublik Deutschland. S.168-183. Erich Schmidt Verlag,Berlin. — ARZET, K., D. KRAUSE-DELLIN & C. Steinberg 1987: Acidification of four lakes in the Federal Republic of Germany as reflected by diatom assemblages, cladocerans remains and sediment chemistry. - In:SMOL, J.P. et al. (eds.): Diatoms and Lake Acidity, S.227-250. Junk, Dordrecht, The Netherlands. — BROCK, T.D. 1973: Lower pH limit for the existence of blue-green algae: Evolutionary and ecological implications. Science **179**: 480-482. — CHANG, T.P. & H. CHANG-SCHNEIDER, H. 1994: Algen und Phytoplankton im versauerten Großen Arbersee. Ber. Bayer. Bot. Ges. 64: 157-163. — FOTT, B. 1968: Cryptophyceae, Chloromonadophyceae, Dinobryceae. - In: ELSTER, H.J. & W. OHLE (eds.),Die Binnengewässer **14**(3): 1-322. — GEITLER, L. 1932: Cyanophyceae. - In:RABENHORST, L.: Kryptogamenflora, 1196 S. Akad. Verlagsges. Leipzig. — HARTMANN, H. & C. STEINBERG 1989: The occurrence of silica-scaled chrysophytes in some central European lakes and their relation to pH. Beiheft Nova Hedw. **95**: 131-158 — HÖRNSTRÖM, E. 1981: Trophic characterization of lakes by means of qualitative phytoplankton analysis. Limnologica (Berlin) **13**: 249-261. — HUBER-PESTALOZZI, G. 1941: Chrysophyceen. Farblose Flagellaten, Heterokonten. - In: THIENEMANN, A. (ed.). Die Binnengewässer **14**(2): 1-365. — HUSTEDT, F. 1930: Bacillariophyta (Diatomeae). - In:PASCHER, A., Die Süsswasser-Flora Mitteleuropas, Heft 10, 466 S, Koeltz (reprint 1976). — JUSE, A. 1966: Diatomeen in Seesedimenten. - Arch. Hydrobiol. Beih. **4**: 1-32. — KOMAREK, J.& B. FOTT 1983: Chlorophyceae (Grünalgen), Ordnung: Chlorococcales. Das Phytoplankton des Süßwassers 7(1), 1044 S, Schweizerbart Verlag, Stuttgart. — KORDE, N.W. 1966:Algenreste in Seesedimenten, Zur Entwicklungsgeschichte der Seen und umliegenden Landschaften. Arch. Hydrobiol. Beih. **3**: 1-38. — LENHART, B.und C. STEINBERG 1984:Limnologische und limnobiologische Auswirkungen der Versauerung von kalkarmen Oberflächengewässern. - Informationsberichte Bayer.Landesamt f. Wasserwirtschaft 4/84, 210 S. — LYDEN, A. & O. GRABN 1985:Phytoplankton species composition, biomass and production in Lake Gårdsjön - an acidified clearwater lake in SW Sweden. Ecological Bulletins **37**:195-202. — NAUWERCK, A. 1966: Beobachtungen über das Phytoplankton klarer Hochgebirgsseen. Schweiz. Z. Hydrol. **28**: 4-28. — SAUMWEBER, S. 1990: Die Diatomeen im Sediment des Großer Arbersees (Bayerischer Wald) als pH-Indikatoren zur Rekonstruktion der Entwicklung in den letzten 13000 Jahren. Diplomarbeit, Freie Universität Berlin. — STARMACH, K. 1985: Chrysophyceae und Haptophyceae. - In: Süßwasserflora von Mitteleuropa, Bd.1, 515 S. Gustav Fischer, Stuttgart. — STEINBERG, C. 1991: Fate of organic matter during natural and anthropogenic lake acidification. Water Res. **25**(12): 1453-1458. — STEINBERG, C., S. SAUMWEBER & J. KERN 1991: Paleolimnological trends in total organic carbon indicate natural and anthropogenic sources of acidity in Großer Arbersee,Germany. The Science of the Total Environment **107**: 83-90. — STEINBERG, C., R. MEIER, H. EMEIS-SCHWARZ, D. KRAUSE-DELLIN & K. ARZET 1984: Versauerung des Großen Arbersees, dokumentiert durch paläolimnologische Untersuchungen. Vom Wasser **63**: 35-56. — ZAHN, H. 1991: Versauerung oberirdischer Gewässer. - 1. Ergebnisbericht von 1983-1990, Sonderuntersuchung 80.6. — ZAHN, H.und C. SCHREINER 1990: Monitoringprogramm für versauerte Gewässer durch Luftschadstoffe in der Bundesrepublik Deutschland im Rahmen der ECE. Wasserwirtschaft Forschungsbericht (10204362).

Dr.T.P. CHANG
Institut für Wasserforschung
Bayer. Landesamt f. Wasserwirtschaft
D - 82407 Wielenbach

Dipl. Biol. A. SCHUWERK
Wasserwirtschaftsamt
D - 94469 Deggendorf

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: Berichte der Bayerischen Botanischen Gesellschaft zur Erforschung der Flora

Jahr/Year: 1997

Band/Volume: 68

Autor(en)/Author(s): Chang Tsang-Pi, Schuwerk A.

Artikel/Article: Überblick zum Phytoplanktonzustand nach der Versauerung eines kleinen Bergsees unter besonderer Berücksichtigung von Bitrichia ollula (Fott) Bourrelly 29-34