

# Die Makrophytenvegetation des Großen Arbersees – neueste Ergebnisse

Von A. Melzer, K. Held und R. Harlacher

## 1. Einleitung

Heute ist nicht nur bekannt, daß die beiden Arberseen versauert sind und welche chemischen und biologischen Konsequenzen diese Art der Gewässerbelastung nach sich gezogen hat (vgl. MELZER & ROTHMEYER 1983, STEINBERG et al. 1984a), sondern man konnte kürzlich durch paläolimnologische Untersuchungen der Sedimente auch den Zeitpunkt rekonstruieren, von dem an sich die Versauerung deutlich bemerkbar machte. Im Fall der beiden Arberseen liegt diese Zeit etwa 30–40 Jahre zurück. Der natürliche pH-Wert muß diesen Untersuchungen zufolge zwischen 5,5 und 5,6 gelegen haben, während er heute um etwa eine pH-Einheit gesunken ist (vgl. STEINBERG et al. 1984b). Das entspricht demnach ungefähr einer Verzehnfachung der Protonenkonzentration.

Als Folge der Versauerung sind in den Arberseen nicht nur alle Fische verschwunden und Umschichtungen in der Zusammensetzung der Phyto-, Zooplankton- und Makrobenthospopulationen aufgetreten, sondern auch die makrophytischen Wasserpflanzen haben deutlich reagiert. Heute dominieren *Juncus bulbosus* f. *fluitans* und verschiedene *Sphagnum*-Arten den submersen Bewuchs, von denen früher überhaupt nicht berichtet wurde. Entsprechende Umstellungen der Makrophytenflora wurden auch aus Skandinavien und Holland bekannt. Wegen der Vielzahl unterschiedlich stark versauerter Seen konnte man dabei in Norwegen (vgl. HALVORSEN 1977) durch Feldbeobachtungen sehr gut nachweisen, von welchem pH-Wert an manche Arten verschwinden und wann andere auftauchen. Die heute in den Arberseen gefundenen Arten sind demnach typische Vertreter für Seen mit einem pH-Wert unter 5,0. Da in der Vergangenheit keine kontinuierliche Messung des pH der Seen vorgenommen worden war, ist nicht bekannt, ab wann und mit welcher Geschwindigkeit die Makrophytenumschichtung vor sich ging. Die hier vorliegenden Ergebnisse, die eine Wiederholung der 1981 durchgeführten Kartierung darstellen, sollen es erlauben, die künftige Entwicklung des Großen Arbersees biologisch beurteilen zu können, denn es ist zu erwarten, daß sich sowohl bei einer zu- wie auch abnehmenden Versauerung signifikante Veränderungen in der qualitativen und quantitativen Zusammensetzung des Makrophytenbewuchses ergeben.

## 2. Die Makrophytenvegetation

### 2.1 Durchführung der Kartierung

Gegenüber der 1981 vorgenommenen Erhebung (MELZER & ROTHMEYER 1983) wurde lediglich die Zahl der Kartierungsabschnitte von 3 auf 7 erhöht. Dieses Vorgehen sollte einen genaueren Überblick über das Verbreitungsmuster der Arten im See liefern. Die submerse Vegetation wurde von drei parallel zum Ufer schwimmenden Personen durch Tauchkartierung erfaßt, während eine vierte Person vom Beiboot aus die Schwimmblatt- und Röhrichtbestände aufnahm. Weitere Einzelheiten zum methodischen Vorgehen sind der oben erwähnten Arbeit zu entnehmen. Die Kartierung wurde Anfang September 1984 durchgeführt.

## 2.2 Artenliste

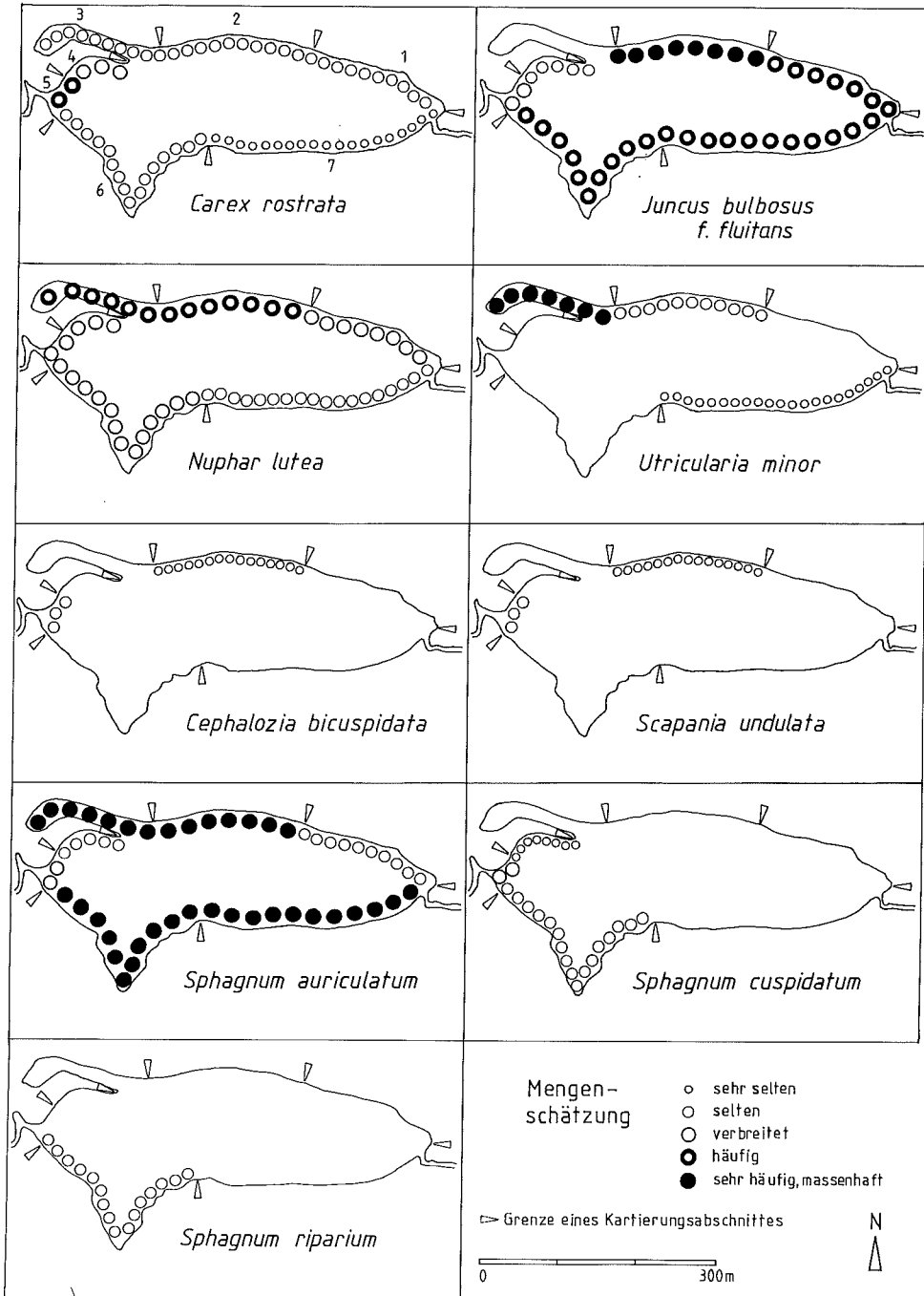
	1981	1984
<b>Bryophyta</b>		
<i>Cephalozia bicuspidata</i> (L.) Dum.		×
<i>Mnium cinclidioides</i> Hübener		×
<i>Pellia</i> cf. <i>epiphylla</i> (L.) Lindberg		×
<i>Scapania undulata</i> (L.) Dum.	×	×
<i>Sphagnum auriculatum</i> Schimper		×
<i>Sphagnum cuspidatum</i> Erh. em. Warnst.	×	×
<i>Sphagnum cymbifolium</i> Lindb.	×	
<i>Sphagnum fallax</i> Klinggr.	×	×
<i>Sphagnum girgensohnii</i> Russ.		×
<i>Sphagnum riparium</i> Ångström		×
<b>Spermatophyta</b>		
<i>Calla palustris</i> L.	×	
<i>Carex rostrata</i> Stokes	×	×
<i>Juncus bulbosus</i> f. <i>fluitans</i> L.	×	×
<i>Menyanthes trifoliata</i> L.		×
<i>Nuphar lutea</i> Sibth. & Sm.	×	×
<i>Utricularia minor</i> L.	×	×

## 2.3 Angaben zur Verbreitung der Arten

Im Jahr 1984 konnten im Großen Arbersee 13 verschiedene makrophytische Wasserpflanzenarten nachgewiesen werden. Davon gehören 9 zu den Bryophyta und 4 zu den Spermatophyta. Gegenüber 1981 erhöhte sich die Gesamtartenzahl um 5. Diese Zunahme rührt ausschließlich von der Gruppe der Moose her. Bei den Samenpflanzen blieb die Artenzahl mit 4 gleich. Allerdings fand in einem Fall ein Artenwechsel statt. Die im Jahr 1981 beobachtete *Calla palustris* fehlte 1984, dafür trat 1984 *Menyanthes trifoliata* in einem Abschnitt mit geringer Häufigkeit hinzu. Innerhalb der Samenpflanzen dominierte *Juncus bulbosus* in seiner Flutform nach wie vor eindeutig. Die differenzierte Abschnittseinteilung läßt die Verbreitungsschwerpunkte besonders gut erkennen. Lediglich im Westteil des Sees kommt die Art seltener vor, da dort steilabfallende Verlandungsufer ausgebildet sind und die sonst vorzugsweise im Flachwasserbereich zwischen 1–2 m Tiefe wachsenden Pflanzen in dieser Zone schlechte Siedlungsbedingungen vorfinden. Das völlige Fehlen der Pflanze im Mündungsbereich des Geigenbaches hat einen anderen Grund. Dort ist der Gewässerboden mit einer oft über 50 cm dicken Schicht unzersetzter Coniferennadeln bedeckt, wodurch ein erfolgreiches Ansiedeln von *Juncus bulbosus* f. *fluitans* offenbar verhindert wird.

Was innerhalb der Gruppe der Samenpflanzen gegenüber den Kartierungsergebnissen von 1981 besonders auffällt, ist eine deutliche Zunahme der Häufigkeit des Kleinen Wasserschlauches (*Utricularia minor*). Der flache, von Verlandungsufern umgebene Ausläufer im Nordwesten des Sees wies zum Untersuchungszeitpunkt einen Massenbestand dieser Art auf, wie er 1981 nicht vorgefunden werden konnte. Außerdem waren seltene, bzw. sehr seltene Vorkommen im Ostteil des Sees erstmals festzustellen. Da die Art dem Gewässergrund locker aufliegt, kann sie leicht verdriftet werden. Der sehr rege Bootsverkehr mag zur Verbreitung ebenfalls beigetragen haben. Ob der erwähnte schmale Seeausläufer andere wasserchemische Bedingungen aufweist, die dem Wachstum des Kleinen Wasserschlauches besonders förderlich sind, oder ob die Art in einer allgemeinen Zunahme begriffen ist, bleibt künftigen Untersuchungen vorbehalten. Zumindest am Nordufer des Sees haben auch die Bestände der Gelben Teichrose (*Nuphar lutea*) deutlich zugenommen. Ein Röhrrichtgürtel fehlt am Großen Arbersee nach wie vor. Lediglich *Carex rostrata*, die wir 1981 nicht miterfaßten, die damals aber ebenfalls vorhanden war, gedeiht noch im direkten Einflußbereich des Wassers. Wir haben uns daher entschlossen, diese Art in die Kartierung mit aufzunehmen.

MAKROPHYTENVEGETATION DES GROSSEN ARBERSEES



Wie bereits weiter oben erwähnt wurde, war 1984 eine wesentlich größere Artenvielfalt bei den Moosen als 1981 festzustellen, wobei diese zusätzlich gefundenen Arten aber nie große Häufigkeiten aufwiesen, sondern immer nur mit den Schätzstufen 1 und 2 (sehr selten, bzw. selten) bewertet wurden. Wegen deren geringen Vorkommen ist es jedoch nicht auszuschließen, daß sie 1981 übersehen wurden, bzw. bei den Sphagnen ist es möglich, daß sie bei der ersten Untersuchung unter Wasser nicht als eigene Arten erkannt wurden. Da *Sphagnum*-Arten selbst unter Zuhilfenahme optischer Instrumente schwierig zu determinieren sind, bleibt speziell bei Unterwasserkartierungen immer ein Zweifel hinsichtlich der richtigen Arten-Zuordnung. Die Entnahme möglichst vieler Proben und deren nachträgliches Bestimmen bietet dabei die größte Sicherheit. Bei der Untersuchung im Jahr 1984 wurde darauf besonderer Wert gelegt.

Wenn 1984 die Art *Sphagnum cymbifolium*, die im Jahr 1981 die mit Abstand häufigste war, nicht mehr gefunden wurde, dafür aber *Sphagnum auriculatum* in etwa entsprechender Häufigkeit, so ist das eindeutig auf Unzulänglichkeiten bei der Probenahme im Jahr 1981 zurückzuführen. Eine falsche Determinierung ist auszuschließen, da die gesammelten Proben von 2 Spezialisten bestimmt wurden, und auch ein Artenwechsel innerhalb eines Zeitraumes von 3 Jahren ist nicht wahrscheinlich. Trotz der Erkenntnis, daß die Unterwasserkartierung von Sphagnen sehr problematisch ist, haben wir uns wieder dazu entschlossen, eine Aufschlüsselung der Arten und ihrer Häufigkeiten vorzunehmen. Durch unser verändertes methodisches Vorgehen glauben wir, dem tatsächlichen Verbreitungsmuster nahegekommen zu sein. Auf jeden Fall aber erlaubt unsere Häufigkeitsschätzung die Schwerpunkte des Vorkommens der submersen Sphagnen im Großen Arbersee wiederzugeben. Gegenüber 1981 ist hierbei eine deutliche Zunahme des Sphagnen-Bewuchses (hauptsächlich *Sp. auriculatum*) im Bereich des Nordufers festzustellen. Die Zonen des steilabfallenden Verlandungsufers und der Geigenbachmündung im Westteil des Sees stellen, ähnlich wie für *Juncus bulbosus* f. *fluitans*, keinen optimalen Standort dar. Der Massenbewuchs im Bereich des Südufers blieb erhalten. Hier sind unter Wasser z. T. ausgedehnte Sphagnen-Rasen zu beobachten, die bis 7 m Tiefe hinabreichen und den Untergrund oft lückenlos überziehen, sogar Felsbrocken und in den See gestürzte Bäume. Von den seltenen oder sehr seltenen Pflanzenarten, die nur in einem oder höchstens zwei Abschnitten vorkamen, wurden keine Verbreitungskarten angefertigt. Nachfolgend werden der Kartierungsabschnitt (erste Zahl) und die Häufigkeitsstufe (zweite Zahl) vermerkt, in denen die jeweiligen Arten gefunden wurden: *Mnium cinclidioides* (2:1), *Pellia* cf. *epiphylla* (5:2), *Sphagnum fallax* (5:1), *Sphagnum girgensohnii* (2:1) und *Menyanthes trifoliata* (6:2).

### 3. Diskussion

Älteren Literaturangaben zufolge (WAGNER 1897, VOLLMANN 1914, PRIEHÄUSSER 1933, BERGDOLDT 1937) wich die Makrophytenflora des Großen Arbersees in ihrer Zusammensetzung früher deutlich von der heute dokumentierten ab (MELZER & ROTHMEYER 1983). Bei den Samenpflanzen trat eine merkliche Artenverarmung ein, lediglich *Juncus bulbosus* f. *fluitans* ist als wichtiges neues Florenelement hinzugekommen (vgl. hierzu auch NILSEN 1980, KOHLER & LABUS 1983). Als Vertreter der Bryophyta wurde früher dagegen nur *Drepanocladus* spec. (BERGDOLDT 1937) erwähnt, während diese Gruppe arten- und mengenmäßig heute eindeutig dominiert.

Entsprechende Vegetationsverschiebungen als Folge einer Gewässerversauerung, bei der eine enge Korrelation zwischen sinkenden pH-Werten und einer Zunahme von Sphagnen besteht, wurden vor allem aus Skandinavien und Holland beschrieben (GRAHN et al. 1974, GRAHN 1977, ALMER et al. 1974, VAN DAM et al. 1981, COESEL et al. 1978, SYKORA 1979). Was wir durch unsere Untersuchungen eindeutig belegen konnten, ist eine ausgeprägte Zunahme der Biomasse der Sphagnen im Zeitraum von 3 Jahren. Künftige Untersuchungen werden zeigen, ob dabei das Maximum der Ausbreitung bereits erreicht ist, oder ob die Torfmoose noch weiter vordringen werden.

Aus solchen massenhaften Vorkommen von Sphagnen ergeben sich für den Chemismus des Gewässers bedeutsame Wechselbeziehungen. Zum einen liegen sie in der hohen Ionenaus-

tauschkapazität dieser Moose begründet (vgl. CLYMO 1963 und 1984). Sie sind in der Lage, verschiedene Kationen aufzunehmen und im Gegentausch dafür Protonen an das Wasser abzugeben. Das bedeutet, daß durch Sphagnen die Pufferkapazität des Wassers herabgesetzt und der pH-Wert zusätzlich aktiv erniedrigt wird (vgl. HENDREY und VERTUCCI 1980, CLYMO 1984). Neben dieser ungünstigen Beeinflussung des Stoffhaushaltes ist außerdem zu berücksichtigen, daß *Sphagnum*-Rasen für die Bodenfauna von Seen kein besonders günstiges Habitat darstellen (GRAHN 1977). Auch behindern die dichten *Sphagnum*-Matten den in sauren Gewässern ohnehin schon erschwerten Nährstoffaustausch (vgl. ANDERSON et al. 1978, DICKSON 1978) zwischen Sediment und Wasserkörper (GRAHN 1977, HENDREY und VERTUCCI 1980). In gleicher Weise wirkt der sich bei versauernden Seen auf der Sedimentoberfläche akkumulierende Detritus (abgestorbene org. Substanz) aus. Durch diese Prozesse, die nach GRAHN et al. (1974) als Teil eines „feed-back“-Mechanismus zu verstehen sind, wird eine „Oligotrophierung“ entsprechender Seen bewirkt, die wiederum eine beschleunigte Versauerung nach sich zieht. Nachdem die starke Verbreitung der Torfmoose im Großen Arbersee belegt ist, wäre es von Interesse, deren Bedeutung für die geschilderten Prozesse näher zu untersuchen.

#### 4. Zusammenfassung

Bei einer im September 1984 durchgeführten Kartierung des Großen Arbersees wurden 9 verschiedene Bryophyten und 4 verschiedene Spermatophyten gefunden. Gegenüber einer drei Jahre vorher durchgeführten Erhebung hatten die Sphagnen in ihrer Artenvielfalt und ihrer Menge noch zugenommen. Die Art, die die größten Bestände bildet und die bis 7 m Wassertiefe vordringt, ist *Sphagnum auriculatum*. Innerhalb der Gruppe der Samenpflanzen dominiert im Arbersee, wie schon im Jahr 1981, die Rasenbinse *Juncus bulbosus* in ihrer untergetauchten Form. Auffällig war, daß der Kleine Wasserschlauch *Utricularia minor* gegenüber der vor drei Jahren durchgeführten Untersuchung in einem Uferabschnitt zu einer massenhaften Ausbreitung gekommen ist.

#### Danksagung

Herrn Siegfried PRIEBE sei für seine Beteiligung bei der Tauchkartierung gedankt. Dem Bayerischen Rundfunk möchten wir für die Finanzierung der Freilanduntersuchungen und dem Bayerischen Industrieverband Steine und Erden für die finanzielle Unterstützung bei der Drucklegung dieser Arbeit danken. Herr R. LOTTO (Garmisch-Partenkirchen) hat freundlicherweise die Bestimmung der Moosarten übernommen, wofür wir uns auch an dieser Stelle noch einmal herzlich bedanken wollen.

#### Literatur

- ALMER, B., DICKSON, W., EKSTRÖM, C., HÖRNSTRÖM, E. & MILLER, U., 1974: Effects of Acidification on Swedish Lakes. – *Ambio* 3/1: 30–36. – ANDERSON, G., FLEISCHER, S. & GRANELI, W., 1978: Influence of acidification on decomposition processes in lake sediment. – *Verh. Internat. Verein. Limnol.* 20: 802–807. – BERGOLDT, E., 1937: Floristische und ökologische Beiträge zur Kenntnis des Arbergebietes im Bayerischen Wald. – *Ber. Bayer. Bot. Ges.* 22: 27–41. – CLYMO, R. S., 1963: Ion change in *Sphagnum* and its relation to bog ecology. – *Ann. Bot.* 27: 309–324. – CLYMO, R. S., 1984: *Sphagnum*-dominated peat bog: a naturally acid ecosystem. – *Phil. Trans. R. Soc. Lond.* 305: 487–499. – COESEL, P. F. M., KWAKKESTEIN, R. & VERSCHOOR, A., 1978: Oligotrophication and eutrophication tendencies in some Dutch moorland pools, as reflected by their Desmid flora. – *Hydrobiologia* 61: 21–31. – DAM, VAN, H., SUURMOND, G. & ter BRAAK, C. J. F., 1981: Impact of acidification on diatoms and chemistry on Dutch moorland pools. – *Hydrobiologia* 83: 425–459. – DICKSON, W., 1978: Some effects of the acidification of Swedish Lakes. – *Verh. Internat. Verein. Limnol.* 20: 851–856. – GRAHN, O., HULTBERG, H. & LANDNER, L., 1974: Oligotrophication – a self-accelerating process in lakes subjected to excessiv supply of acid substances. – *Ambio* 3:

93–94. – GRAHN, O., 1977: Makrophyte succession in Swedish lakes caused by deposition of airborne acid substances. – *Water, Air & Soil Pollution* 7: 295–305. – HALVORSEN, K., 1977: Makrophytvegetasjonen i endel van på agder. – SNSF-projektet In 36/77, Oslo-Ås: 1–154. – HENDREY, G. R. & VERTUCCI, F. A., 1980: Benthic plant communities in acidic Lake Colden, New York: *Sphagnum* and the algal mat. – In: DRABLOES, D. & TOLLAN, A. (eds.): 314–315. – KOHLER, A. & LABUS, B. C., 1983: Eutrophication processes and pollution of freshwater ecosystems including waste heat. – In: *Physiological Plant Ecology IV*, LANGE, O. L., NOBEL, P. S., OSMOND, C. B. & ZIEGLER, H. (eds.), 413–464. *Encyclopedia of Plant Physiology*, New Series Vol. 12D, PIRSON A. & ZIMMERMAN, M. H. (eds.), Springer Verl., Berlin-Heidelberg. – MELZER, A. & ROTHMEYER, E., 1983: Die Auswirkung der Versauerung der beiden Arberseen im Bayerischen Wald auf die Makrophytenvegetation. – *Ber. Bayer. Bot. Ges.* 54: 9–18. – NILSSEN, J. P., 1980: Acidification of a Small Watershed in Southern Norway and Some Characteristics of Acidic Aquatic Environments. – *Int. Revue ges. Hydrobiol.* 65/2: 177–207. – PRIEHAÜSSER, G., 1933: Naturschutzgebiet am Arber. – *Z. f. Naturschutz u. Naturpflege*, 16: 153 ff. – STEINBERG, C., ARZET, K. & KRAUSE-DELLIN, D., 1984a: Gewässerversauerung in der Bundesrepublik Deutschland im Lichte paläolimnologischer Studien. – *Naturwissenschaften* 71: 631–633. – STEINBERG, C., MEIER, R., EMEIS-SCHWARZ, H., KRAUSE-DELLIN, D. & ARZET, K., 1984b: Versauerung des Großen Arbersees, dokumentiert durch paläolimnologische Untersuchungen. – *Vom Wasser* 63: 35–56. – SYKORA, K. V., 1979: The effects of the severe drought of 1976 on the vegetation of some moorland pools in the Netherlands. – *Biol. Conserv.* 16: 145–162. – VOLLMANN, F., 1914: *Flora von Bayern*. – E. Ulmer Verlag, Stuttgart. – WAGNER, P., 1897: *Die Seen des Böhmerwaldes*. – Inaug. – Diss. Univ. Leipzig.

Dr. Arnulf MELZER, Karin HELD und Raimund HARLACHER,  
 Institut für Botanik und Mikrobiologie der Technischen Universität München,  
 Arcisstr. 21, D-8000 München 2