Anzeiger

der

Ornithologischen Gesellschaft in Bayern

Zeitschrift baden-württembergischer und bayerischer Ornithologen

Band 28, Nr. 2/3 Ausgegeben im Dezember 1989

Anz. Orn. Ges. Bayern 28, 1989: 85–115

Der Starnberger See als Rast- und Überwinterungsgewässer für See- und Lappentaucher (Teil I)

Von **Andreas Müller, Andreas Lange & Franziska Pilstl**

1. Einleitung

Von den drei großen oberbayerischen Seen, Ammersee, Chiemsee und Starnberger See ist über die Bedeutung des Starnberger Sees als Rast- und Überwinterungsgewässer wenig bekannt. Das ist unter anderem darauf zurückzuführen, daß er als Brutplatz für Wasservögel keine große Rolle spielt, da er als bevorzugtes Naherholungsgebiet des Ballungszentrums München einem außergewöhnlich starken Erholungsdruck ausgesetzt ist. Es gibt deshalb mit Ausnahme der abgesperrten Laichschonstätten keine Bereiche, in denen die Vögel ungestört vom Bade- und Bootsverkehr brüten können, denn weit über 5000 Boote haben ihren ständigen Liegeplatz am See und an den Wochenenden kommen noch mindestens weitere 1700 transportable Boote und eine unbekannte Zahl von Surfbrettern hinzu (Lohmann & Haarmann, 1989). Sobald aber der Badebetrieb und der Bootsverkehr Ende September/Anfang Oktober erheblich abnehmen, wird der Starnberger See zu einem international bedeutsamen Rast- und Überwinterungsgewässer. Deshalb ist er auch in die Liste der Feuchtgebiete von internationaler Bedeutung aufgenommen worden.

Welche große Bedeutung der Starnberger See in den Jahren 1966 bis 1977 für die See- und Lappentaucher (Taucher) hatte, ergibt sich auch aus der Dokumentation der Schwimmvogelzählung der Bundesrepublik Deutschland, nach der der Starnberger See den

2. Rang (hinter dem Bodensee) bei den Haubentauchern (*Podiceps cristatus*), den
3. Rang bei den Rothalstauchern (*Podiceps grisegena*) und den
4. Rang bei den Prachttauchern (*Gavia arctica*)

einnimmt (EBER & NIEMEYER, 1982). Auffallend ist, daß die Pracht-, Hauben- und Rothalstaucher den Starnberger See gegenüber den beiden anderen großen oberbayerischen Gewässern (Ammersee und Chiemsee) bevorzugen, was durch den Fischreichtum allein nicht erklärbar ist, denn die beiden anderen Seen sind lt. Aussage von M. KLEIN von der Bayerischen Landesanstalt für Fischerei in Starnberg noch nährstoffreicher und damit fischreicher. Dies war Anlaß für uns, die Entwicklung der Rast- und Überwinterungsbestände der Taucher ausführlich darzustellen und nach ökologischen Gründen für die Ausnahmestellung des Starnberger Sees zu suchen. Dabei waren wir allerdings auf die intensive Mithilfe vieler Beteiligter angewiesen, die uns auch bei der Durchsicht des Manuskriptes behilflich waren. Zu danken haben wir insbesondere:

Den Wasservogelzählern Hermann PELCHEN, Lothar GÖSSINGER und Heinz-Peter SCHULZ, die die Wasservogelzählungen vor uns durchführten.

Manfred KLEIN von der Bayerischen Landesanstalt für Fischerei in Starnberg, der uns großzügig sämtliche Echolotaufzeichnungen und Sichttiefenmessungen zur Verfügung stellte und uns viele Anregungen und Auskünfte zum Verhalten der Fische im Starnberger See gab.

Dr. Erik BOHL von der Bayerischen Landesanstalt für Wasserforschung in Wielenbach, der uns viele Hinweise zum Verhalten der Weißfische (Cyprinidae) sowie wertvolle Anregungen gab.

Willi KOPF von der Bayerischen Landesanstalt für Wasserforschung in München, für seine Mitarbeit am Abschnitt Sichttiefe und Lichtintensität im Wasser.

Den Fischermeistern Rudolf MÜLLER und Silvester HUBER, die uns ebenfalls wertvolle Hinweise zum Verhalten der Fische im Starnberger See gaben.

Dem Bayerischen Landesamt für Wasserwirtschaft und den verschiedenen Wasserwirtschaftsämtern, die uns großzügig unterstützten und uns wertvolle Hinweise gaben. Insbesondere zu danken haben wir Dr. Christian STEINBERG.

Dr. Johannes STREHLOW für die großzügige Überlassung der Daten und Aufzeichnungen vom Ammersee sowie für wertvolle Anregungen.

Marion DEUTSCH für die Überlassung der Daten vom Chiemsee.

Josef JÄGERHUBER aus Starnberg, der uns seine Temperaturdaten und seine Aufzeichnungen über die Vereisung des Starnberger Sees zur Verfügung stellte.

Gabriele IRLBAUER für die Übersetzung der Abbildungslegenden und der Zusammenfassung ins Englische.

2. Gebietsbeschreibung

Von den oberbayerischen Seen ist zwar der Chiemsee großflächiger als der Starnberger See, doch kann der Starnberger See einige Superlative für sich beanspruchen.

Mit rund 3 Milliarden m^3 Inhalt ist er der wasserreichste, und mit über 20 km ist er der längste dieser Seen. Er besitzt wegen seines im Verhältnis zur Seefläche kleinen Niederschlageinzuggebietes auch die längste Wassererneuerungszeit.

Durch seine Nähe zur Landeshauptstadt München, die im Norden nur 20 km entfernt ist, ist er auch der meistbesuchte und am Ufer besiedelte See geworden (BAYERISCHES LANDESAMT FÜR WASSERWIRTSCHAFT, 1982). Sein langgezogenes Wasserbekken verläuft in Nord-Süd-Richtung, wobei sein Südende ebenfalls etwa 20 km vom Rande der Alpen entfernt ist. Nach dem Bodensee ist der Starnberger See mit 127,8 m der tiefste Alpenvorlandsee (LENHART & STEINBERG, 1982). Sein Seespiegel liegt mit 584 m über N.N. höher als Loisach und Isar bei ihrem Zusammenfluß unterhalb von Wolfratshausen und um rund 50 m höher als der Ammersee (535 über N.N.). Dies erklärt auch die für einen voralpinen See bemerkenswerte Tatsache, daß der Starnberger See durch keinen Zufluß aus den Alpen gespeist wird (LENHART & STEINBERG, 1982). Die wichtigsten morphometrischen und hydrometrischen Kennwerte des Starnberger Sees sind:

Höhe über N. N.:	584,2 m
Fläche:	56,362 km^2
Länge	
Luftlinie:	19,9 km
Mittellinie:	20,2 km
Breite	
maximale	4,7 km
mittlere	2,79 km
Tiefe	
maximale	127,8 m
mittlere	53,21 m
Volumen:	2,998 Mrd. m^3
Umfang:	49,17 km (ohne Roseninsel)
Uferentwicklung:	1,85*
Niederschlageinzugsgebiet:	314,73 km^2
Umgebungsfaktor:	5,58**
theor. Wassererneuerungszeit: (LENHART & STEINBERG, 1982).	ca. 21 Jahre (jangjähr. Mittel)

* Die Uferentwicklung zeigt, um wievielmal größer die tatsächliche Uferlinie gegenüber dem Umfang eines Kreises, berechnet auf die Seefläche, ist. Je abwechslungsreicher die Uferlinie verläuft (Buchten, etc.), desto größer ist der Faktor.

** Der Umgebungsfaktor zeigt, um wievielmal größer das Wassereinzugsgebiet incl. Seefläche als die Seeoberfläche ist.

3. Fischerei

3.1 Allgemeines

Der Hauptwirtschaftsfisch des fischreichen Sees ist die Renke (*Coregonus* spec.), deren Ertrag durch Besatzmaßnahmen stabilisiert und gesteigert werden soll (KLEIN, 1987). In sehr guten Renkenjahren können die Jahreserträge über 100 t betragen. In den letzten beiden Jahren sind allerdings die Renkenerträge drastisch zurückgegangen. Eine Ursache für den Rückgang der Renkenerträge sehen die Fischer in der starken Zunahme der Weißfische (Cypriniden) in den vergangenen Jahren. Die Zunahme der Weißfische soll nach Meinung der Berufsfischer dazu führen, daß insbesondere die Mairenken (*Chalcalburnus chalcoides mento*) zunehmend Renkenlarven fressen. Aus diesem Grunde versuchen die Fischer neben dem Einsatz von Trappnetzen auch durch den Einsatz von Bodennetzen mit einer Maschenweite von 32 mm den Weißfischbestand zu dezimieren. Neben den Renkenbeständen werden noch die Bestände an Seesaiblingen (*Salvelinuns alpinus*), Seeforellen (*Salmo trutta* forma *lacustris*), Hecht (*Exos lucius*), Zander (*Stizostedion lucioperca*), Aal (*Anguilla anguilla*), und Karpfen (*Cyprinus carpio*) durch Besatzmaßnahmen gestützt.

Der Starnberger See weist von den größeren bayerischen Seen die höchste Befischungsintensität durch Berufsfischer auf, denn am gesamten See gibt es 37 Berufsfischer (KLEIN, 1987), die die z. T. seit vielen Generationen überlieferten Fischereirechte (Gewohnheitsrechte) ausüben.

3.2 Verhalten der Renken (Coregonidae) und Weißfische (Cyprinidae)

Neben den Fischern stellen auch die fischfressenden Wasservögel, insbesondere die Taucher (See- und Lappentaucher), den Fischen nach. Im folgenden wollen wir untersuchen, ob die beiden Fischgruppen, Renken und Weißfische, aufgrund von Verhalten und Aktivität in Zeiten der höchsten Tauchvogeldichte, November bis März, mit der gleichen Wahrscheinlichkeit als Beute in Frage kommen.

3.3 Verhalten der Renken

Die Renken des Starnberger Sees laichen von Mitte November bis spätestens Ende Dezember. Zum Laichen suchen die meisten von ihnen in der Dämmerung und nachts die oberen Wasserschichten zwischen 1–5 m auf, während sie tagsüber, wie aufgrund der Echolotmessungen ersichtlich, wieder in tiefere Wasserschichten unter 20 m hinabtauchen. In der übrigen Winterzeit bis etwa Mitte März stehen die Renken sehr tief, was auch die Berufsfischer bestätigen. Aufgrund ihrer Zugehörigkeit zu der

Gruppe der sogenannten „Kaltwasserfische" ist davon auszugehen, daß sie besonders in den Wintermonaten bei niedrigen Wassertemperaturen wesentlich aktiver als die Weißfische oder Barsche sind, die der Gruppe der sogenannten „Warmwasserfische" zugerechnet werden. Letztgenannte Vertreter reduzieren ihre Freß- und Schwimmaktivität unterhalb von etwa 10° Wassertemperatur drastisch, da ihre Stoffwechselaktivität an höhere Umgebungstemperaturen angepaßt ist. Der Schlüpftermin der im November bzw. Dezember im See abgelaichten Renkeneier beginnt Mitte Februar, die Hauptmenge schlüpft jedoch ab der zweiten Märzwoche bis Mitte April (KLEIN,1987). Wenn die Renkenlarven eine Größe von ca. 18–20 mm erreicht haben, etwa Ende Mai, schließen sie sich zum Schutz vor Feinden zu dichten Schwärmen zusammen (KLEIN, 1987). Zu dieser Zeit halten sie sich z. T. auch noch im Uferbereich auf, während sie mit zunehmender Größe wohl mehr das Pelagial (Freiwasserbereich) aufsuchen, in dem sich die anderen Altersgruppen während des gesamten Jahres vorwiegend aufhalten.

Das Wachstum der Renken, das von verschiedenen biotischen und abiotischen Faktoren wie z. B. Nahrungsangebot, Bestandsdichte oder Temperatur abhängt, verläuft nach Angaben von M. KLEIN, unter normalen Bestands- und Nahrungsverhältnissen etwa wie folgt:

Ende des 1. Lebensjahres (Dezember, Januar) wird eine Größe von ca. 10–15 cm,
Ende des 2. Lebensjahres (Dezember, Januar) wird eine Größe von ca. 20–25 cm,
Ende des 3. Lebensjahres (Dezember, Januar) wird eine Größe von ca. 30–35 cm
erreicht.

3.4 Verhalten der Weißfische

Die Weißfische verhalten sich ganz anders als die Renken. Sie meiden nach Untersuchungen von E. BOHL, die an den Osterseen durchgeführt wurden, von etwa Anfang April bis November am Tage das freie Wasser und suchen nach den Erfahrungen der Fischerei als Schutzverhalten vor sich optisch orientierenden Feinden (Raubfische und Tauchvögel) bevorzugt die Uferbereiche auf, die ihnen neben der höheren Temperatur auch den Vorteil zusätzlichen optischen und mechanischen Schutzes durch die Pflanzen bieten (BOHL, 1979). Nachts wandern die Weißfische allerdings vom Uferbereich ins freie Wasser und suchen dort Wasserschichten mit einer Lichtintensität im Bereich von 10^{-3} Lux auf, um selektiv Zooplankton zu fressen. Im Freiwasser lösen sich die Fischschwärme auf, da sie dort vermutlich keinem Räuberdruck durch optisch wahrnehmende Räu-

ber, wie Tauchvögel und Raubfische, ausgesetzt sind. Die Wanderung ins Freiwasser beginnt kurz nach Sonnenuntergang und der Aufenthalt dauert die ganze Nacht über bis zur ersten Morgendämmerung (Bohl, 1979).

Die Ergebnisse der Osterseen können nach Mitteilung von E. Bohl in etwa auch auf den Starnberger See übertragen werden. Auch zeigen Echolotmessungen, die M. Klein am Starnberger See durchführte, daß sich nachts erheblich mehr Fische im Freiwasser befinden als am Tage, was auch von anderen Seen bekannt ist, und u. U. ebenfalls auf das Verhalten der Weißfische zurückzuführen ist. Durch Netzfänge ließ sich diese Vermutung allerdings bisher nicht bestätigen (M. Klein, mündlich).

Im Winter, das heißt mit der zunehmenden Abkühlung des Oberflächenwassers und dessen Durchmischung mit dem Tiefenwasser, ziehen sich die Weißfische in die Tiefe zurück. Das Aufsuchen der tiefen Wasserschicht beginnt von etwa Mitte bis Ende Dezember und dauert bis etwa Anfang bis Ende März.

Während der Zeit, in der sich die Weißfische in der Tiefe aufhalten, bilden sie dichte Schwärme, die bevorzugt den Seegrund aufsuchen, nicht nach Fischarten getrennt sind und mehrere Altersgruppen umfassen. Der Abstand der Einzelfische in diesen Schwärmen beträgt nach Berichten von Sporttauchern höchstens 20 cm (Bohl, 1979). Dies wird auch durch Fischermeister R. Müller bestätigt, der mit Bodennetzen im Winter 1989 den Weißfischen nachstellte und diese am Seegrund in Tiefen zwischen 25 und 45 m fing (meist gemischt), und zwar Rotaugen (*Rutilus rutilus*), Seerüßlinge (*Vimba elongata*) und Mairenken (*Chalcalburnus chalcoides mento*), in einer Größe von ca. 17–20 cm, aufgrund der verwendeten Maschenweite.

Im tiefen, kalten Wasser sind die Weißfische relativ inaktiv, da sie bei niedrigen Temperaturen, wie sie im Winter im gesamten Wasserkörper anzutreffen sind, ihren Stoffwechsel drastisch reduzieren. Aus diesem Grunde fressen sie auch fast nichts mehr. So waren die Därme von Weißfischen, die im Winter in den Osterseen gefangen wurden, ausnahmslos leer (Bohl, 1979), was auch Fischermeister R. Müller für die Weißfische des Starnberger Sees bestätigte.

Die Weißfische laichen i. d. Regel von Mitte Mai bis Mitte Juni, die Larven schlüpfen nach etwa 5–10 Tagen und halten sich ausschließlich im Uferbereich auf, wo sie dichte Schwärme bilden (E. Bohl, mündlich). Vermutlich mit dem Absterben der Wasserpflanzen suchen die Jungfischschwärme ab Oktober verstärkt Schutz vor Feinden wie Tauchvögeln und Raubfischen in den Hafen-, Steg- und Bootshausanlagen. Ab Mitte November ziehen sich dann die Jungfischschwärme in großen Massen in die Bootshäuser, insbesondere in deren dunkelste Bereiche, zurück, was wir selbst beobachten konnten. Der Abstand zwischen den einzelnen Jungfi-

schen beträgt z. T. nur noch wenige Millimeter. Die Jungfischschwärme sind gemischt und umfassen vor allem Rotaugen (*Rutilus rutilus*), Lauben (*Alburnus alburnus*), Brachsen (*Abramis brama*), Seerüßlinge (*Vimba elongata*) und Barsche (*Perca fluviatilis*). Ein für die Ansammlung der Jungfischschwärme bekanntes Bootshaus ist die Bootswerft in Possenhofen. Hier erreichten die Jungfische in früheren Jahren solch große Konzentrationen, daß im Frühjahr einmal 50 Zentner abgefischt wurden (Fischermeister M. GLAS, mündlich), wobei der Anteil der Barsche etwa 5 % betrug, und ein andermal 28 Zentner abgefischt wurden (Fischermeister S. HUBER, mündlich). Die Jungfischschwärme halten sich in den Bootshäusern lt. Aussagen der Besitzer z. T. bis Mitte/Ende Dezember, z. T. aber auch, wenn die Verhältnisse günstig sind, bis Ende März auf. Anfang April 1989 konnten wir bereits wieder Jungfischschwärme im Flachwasserbereich (Uferbereich) beobachten.

Da es am Starnberger See weit über 100 Bootshäuser gibt, könnte sich unter die Bootshäuser fast der gesamte Jungfischbestand zurückziehen. Dies ist aber nicht der Fall, denn lt. Aussage von Fischermeister S. HUBER enthalten die Mägen von Seesaiblingen, die im Winter mit Bodennetzen in einer Tiefe bis zu 60 m gefangen werden, z. T. junge Rotaugen. Ein Teil der Jungfische muß sich also zusammen mit den anderen Altersgruppen in die Tiefe des Sees zurückziehen. In Ufernähe, ohne Schutz der Bootshäuser, verbleiben u. E. nur wenige Jungfische.

Der Hauptfisch unter den Weißfischen des Starnberger Sees, das Rotauge, wächst erheblich langsamer heran als z. B. die Renken. Die Rotaugen erreichen, wenn die Entwicklung normal verläuft, nach M. KLEIN:

Mitte des 1. Lebensjahres (Dezember, Januar) eine Größe von ca. 5 cm
Mitte des 2. Lebensjahres (Dezember, Januar) eine Größe von ca. 10–12 cm
Mitte des 3. Lebensjahres (Dezember, Januar) eine Größe von ca. 15 cm
adulti eine Größe von ca. 20 cm.

Dies sind allerdings Maße, die von einer normalen Entwicklung ausgehen. Das Wachstum der Fische kann sich aber, z. B. durch Nahrungsmangel aufgrund zu hoher Populationsdichten wesentlich verzögern, so daß die Weißfische, wie z. B. die der Osterseen (BOHL, 1979), erheblich kleiner bleiben.

4. Vertikalverteilung der Fische im Jahresverlauf

4.1 Allgemeines

Aufgrund von Echolotaufzeichnungen der Bayerischen Landesanstalt für Fischerei in Starnberg konnte die vorstehend beschriebene Vertikalverteilung der Fische im Starnberger See in Abhängigkeit von der Jahreszeit noch genauer untersucht werden.

Die Echolotaufnahmen (verwendetes Gerät: Echograph 420; 100 kHz-Schwinger, Fa. Krupp-Atlas; Richtcharakteristik nicht bekannt) werden folgendermaßen erstellt: Durchschnittlich einmal pro Monat werden an einem Tag per Boot zehn Seeüberquerungen mit festgesetzten Start- und Zielpunkten durchgeführt.

1. Fahrt: Starnberg → Berg
2. Fahrt: Leoni → Possenhofen
3. Fahrt: Roseninsel → Seeburg
4. Fahrt: Seeburg → Garatshausen
5. Fahrt: Tutzing → Ammerland
6. Fahrt: Ammerland/Ambach → Spitze des Karpfenwinkels
7. Fahrt: Bernried → Ambach
8. Fahrt: Campingplatz → Teehaus Bernried
9. Fahrt: Seeseiten/Seeshaupt → ADAC-Badeplatz
10. Fahrt: ADAC-Badeplatz → Seeshaupt

Während jeder Fahrt wird ein Echolotprofil des durchfahrenen Wasserkörpers erstellt. Auf den Echolotstreifen sind (mit etwas Übung) Fische und Fischschwärme zu erkennen, so daß es möglich ist, anzugeben, in welchem Seeteil sich in welchem Monat wie viele Fische in welchen Tiefen aufhalten. Da Fische auf den Echolotstreifen nur als dünne Striche erscheinen, ist die Unterscheidung einzelner Arten nicht möglich. Die als Aufenthalt für junge Weißfische wichtigen Uferstreifen werden vom Echolot nicht erfaßt; Echogramme mit Störungen z. B. durch starken Wellengang wurden nicht ausgewertet. Bei schlechten Witterungsverhältnissen (z. B. Nebel, Vereisung des Sees) fielen in manchen Monaten auch ganze Fahr-Tage aus oder es wurde nur ein Teil der zehn Fahrten durchgeführt. Darum liegen zwar, bei insgesamt fast zehn ausgewerteten Jahren, viele Monatsprofile vor, aber nur ein kompletter Sommer (Mai bis September) und zwei komplette Winter (September bis März).

Von Ammersee und Chiemsee gibt es unseres Wissens keine vergleichbaren Echolotuntersuchungen, so daß ein direkter Vergleich mit den Ergebnissen vom Starnberger See nicht möglich war.

4.2 Ergebnisse der Echolotauswertungen

Wie Abb. 1 zeigt, gibt es deutliche jahreszeitliche Unterschiede in der Vertikalverteilung der Fische im Starnberger See: während der Sommermonate (z. B. Mai bis Sept. 1987; Abb. 1 a) halten sich die Fische nur im

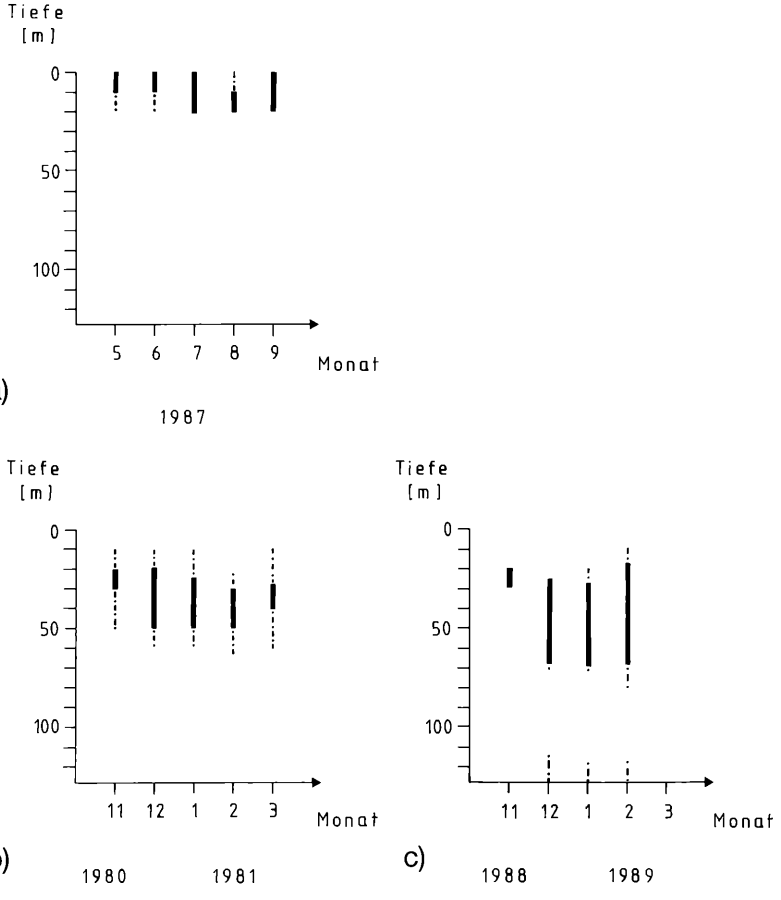

Abb. 1:
Vertikale Ausdehnung und Tiefe der Fischschichten im Starnberger See nach Echogrammen; durchgezogene Linien: Hauptaufenthalt der Fische, gestrichelte Linien: nur vereinzelte Fische ($n < 5$). (a): Sommer 87; (b): Winter 80/81; (c): Winter 88/89. – *Stratification of fish in the Lake of Starnberg based upon sonar surveys; solid lines indicate the main habitat of fish, broken lines represent individual specimens* ($n < 5$). (a): summer 87; (b): winter 80/81; (c): winter 88/89.

Bereich zwischen der Wasseroberfläche und ca. 20 m Tiefe auf. Sie stehen in einem engen Tiefenbereich zusammen; es sind so gut wie keine Fische tiefer als 20 m zu finden. Dieses Bild ist typisch für die Sommermonate.

Ganz anders stellt sich die Vertikalverteilung der Fischschichten im Winter dar: Die Tiefenbereiche sind weiter auseinander gezogen, im Winter 1980/81 (Abb. 1 b) hielt sich der Großteil der vom Echolot erfaßten Fische in Tiefen von 25 bis 50 m auf, wenige einzelne Fische waren auch höher (allerdings immer tiefer als 10 m), andere aber auch noch tiefer (bis ca. 70 m) zu finden. Der Winter 1988/89 zeigt ein ähnliches Bild (Abb. 1 c): Der Hauptteil der Fische ist in Wassertiefen von ca. 25 bis 70 m, sehr wenige sind höher, einige dafür sogar bis ca. 120 m (Grund des Sees) zu finden. Wintermonate aus anderen Jahren zeigen dieselbe Fischverteilung.

Ein weiterer Befund der Echolotauswertung war, daß die Wassertiefengrenze, unterhalb der sich die Fische im Winter aufhalten, nicht in allen Seeteilen gleich ist. Die Echogramme des Januar 1989 zeigen, daß im Bereich der Starnberger Bucht die Fische tiefer als ca. 24 m stehen; die Grenze verschiebt sich nach Süden immer weiter nach unten: Südlich der Linie Bernried-Ambach liegt sie bei ca. 32 m. Auf den Echolotaufnahmen der Fahrten 8 und 9 sind die Fische dann fast nur noch auf dem Seegrund zu finden (ca. 36 bis 38 m). In diesem Bereich, in dem der Seegrund gleichmäßig flach nach Süden ansteigt, konzentrieren sich im Winter die Haubentaucher.

Der Winter 1988/89 war relativ mild. Deshalb stellen die zu dieser Zeit festgestellten Fischaufenthalts-Tiefen Mindestwerte dar. In strengen Wintern stehen die Fische wahrscheinlich noch tiefer, da der von ihnen bevorzugte Wassertemperaturbereich dann ebenfalls in größeren Wassertiefen liegt. Da während strenger Winter aber nicht immer Echolotmessungen durchgeführt werden, kann dies noch nicht durch Echogramme bestätigt werden.

Bisher scheint in der Literatur noch keine Unterscheidung zwischen dem – ökologisch bedingten – unterschiedlichen Tauchverhalten von Wasservögeln in Sommer und Winter gemacht worden zu sein. Statt dessen wurden Aussagen über Tauchtiefen, die zu einer bestimmten Jahreszeit gemessen wurden, auf das ganze Jahr übertragen. Hofer (1966) z. B. bestätigt, statistisch gesichert, für den Haubentaucher im Winter größere Tauchtiefen, gibt allerdings keine Erklärung dafür an. Als Fischer wußte Hofer zwar, daß die Fische im Winter tiefer stehen als im Sommer, allerdings vermutete er, daß Fische im Sommer auch in größeren Tiefen vorkommen sollten und vermißte daher für den Sommer größere Tauchtiefenwerte. Hofer nahm fälschlicherweise auch an, daß sich im Winter die Weißfische in flachen Uferbereichen konzentrieren würden; von diesen Fischen sollten sich die Haubentaucher überwiegend ernähren. Dies trifft

nicht zu, wie unsere Echolotauswertungen und die Ergebnisse von BOHL (1979) zeigen. BOHL konnte an den Osterseen mit dem Echolot ebenfalls nachweisen, daß auch in diesen, im Verhältnis zum Starnberger See, kleinen Seen die Fische im Winter tiefere Stellen aufsuchen, wenn dort noch genügend Sauerstoff vorhanden ist.

Die unterschiedliche Vertikalverteilung der Fische in Sommer und Winter ist also kein für den Starnberger See typisches Phänomen und das daraus resultierende Tauchverhalten fischfressender Wasservögel muß auch an anderen Gewässern beobachtet werden können.

5. Beutefische der Tauchvögel

Wenn wir davon ausgehen, daß der am Starnberger See am regelmäßigsten vorkommende Vertreter der Seetaucher, der Prachttaucher, in der Regel nur Fische bis zu einer Größe von max. 25 cm erbeutet (MADSEN, 1957) und der größte Vertreter der Lappentaucher, nämlich der Haubentaucher, in der Regel Weißfische von einer Durchschnittslänge von 16 cm erbeutet (BAUER & Glutz von BLOTZHEIM 1966), dann kommen als Beutefische in Betracht:

a) Von der Beutegröße:

Von den Renken:

Für die Seetaucher nur Fische, die sich im 1. und 2. Lebensjahr befinden. Für die Lappentaucher nur Fische, die sich im 1. Lebensjahr befinden.

Von den Weißfischen:

Für die Seetaucher sämtliche Jahrgänge des Rotauges und für die Haubentaucher mindestens drei Jahrgänge des Rotauges.

Allein schon aus der Beutegröße ergibt sich bereits, daß die Wahrscheinlichkeit, daß Weißfische als Beute in Betracht kommen, erheblich größer ist, als daß Renken erbeutet werden.

b) Vom Verhalten der Fische:

Da gerade die Weißfische, im Gegensatz zu den Renken, im Winter relativ inaktiv sind und sich dicht gepackt am Seegrund aufhalten (BOHL, 1979), sind sie aus diesem Grund viel leichter als die Renken zu erbeuten. Für den Jagderfolg der Tauchvögel spielt die Aktivität der Fische eine große Rolle (ERIKSSON, 1985). Je weniger aktiv die Fische sind, um so leichter sind sie von den Tauchvögeln zu erbeuten. Auch aus diesem Grund

dürften die Renken als Beutefische für die Taucher keine große Rolle spielen. Dies schließt natürlich nicht aus, daß gelegentlich auch Renken erbeutet werden, wie uns die Fischer glaubhaft berichteten.

Bedenkt man außerdem noch, daß die Taucher im Winter in erhebliche Tiefen vordringen müssen, um Fische zu erbeuten, so spielt die Aktivität der Fische im Winter für den Fangerfolg wahrscheinlich eine noch viel größere Rolle als in den übrigen Monaten. Die Energie, die die Taucher zum Erreichen der Tiefen aufbringen müssen (lange Tauchzeiten), schränkt die Möglichkeit, daß nach Erreichen der Tiefen, in der die Fische stehen, noch große Energiemengen zum Verfolgen der Beute freigesetzt werden können, erheblich ein.

c) Von der Dichte der Fischbestände

Über den Bestand der Weißfische im Starnberger See gibt es keine Untersuchungen, da sie für die Fischerei bisher wirtschaftlich unbedeutend waren. Im allgemeinen kann aber gesagt werden, daß die Weißfischbestände im See zahlenmäßig erheblich größer sind als die Renkenbestände, zumal sie auch einer wesentlich geringeren Nutzung unterliegen, und daß der Hauptfisch unter den Weißfischen das Rotauge ist (M. Klein mündlich).

Da die Renken aufgrund obiger Ausführungen als Beutefische wahrscheinlich keine große Rolle spielen (so auch M. Klein von der Bayerischen Landesanstalt für Fischerei in Starnberg), ist auch nicht die Dichte der Renken, sondern u. E. ausschließlich die der Weißfische für die Anzahl und die Verweildauer der Taucher entscheidend. D. h. die Taucher überwintern nur dann in größerer Zahl, wenn die Dichte der Weißfische so groß ist, daß ein ausreichender Jagderfolg sichergestellt ist. Die Zunahme der Rothals- und Haubentaucher in den letzten Jahren ist wahrscheinlich auf die Zunahme der Weißfische, die zur gleichen Zeit erfolgte, zurückzuführen. Wie andererseits ein Zusammenbruch der Weißfischbestände am Bodensee in den Wintern 80/81 und 81/82 dazu führte, daß in diesen beiden Wintern die geringsten Überwinterungsbestände des Haubentauchers festgestellt und mindestens 120 Taucher wegen Nahrungsmangel tot aufgefunden wurden (Orn. Arb. Gem. Bodensee, 1983).

Aufgrund unserer Überlegungen kann vermutlich davon ausgegangen werden, daß die Taucher im Starnberger See (in anderen Seen kann dies u. U. anders sein) vorwiegend Weißfische, insbesondere Rotaugen erbeuten. Die wenigen Untersuchungen an Totfunden deuten in diese Richtung. So konnte M. Klein bei einem Prachttaucher, den er von den Fischern erhielt, feststellen, daß dieser im Magen ca. 15–20 Rotaugen mit einer Größe von ca. 5–6 cm (1. Lebensjahr) hatte. Dies wird auch durch Be-

richte von JÄCKEL aus dem vorigen Jahrhundert bestätigt, nach denen die Mägen in Bayern lebender Prachttaucher gewöhnlich Rotaugen enthielten (WÜST, 1981). Für die Haubentaucher ergab sich aufgrund einer Untersuchung, die in den Monaten Juni und Juli am Bieler See/Kt. Bern duchgeführt wurde, daß der Anteil der Weißfische an den erbeuteten Fischen 69% betrug (BAUER & Glutz von BLOTZHEIM, 1966). In den Wintermonaten dürfte aufgrund der genannten Gründe der Anteil der Weißfische noch erheblich höher sein. Fischermeister R. MÜLLER teilte uns z. B. mit, daß er am 4. 2. 89 bei einem Haubentaucher, der im Fischernetz verendete, ein 15 cm großes Rotauge im Magen feststellen konnte. Da sich M. KLEIN von der Bayerischen Landesanstalt für Fischerei bereit erklärte, die Mägen der in den Fischernetzen verendeten Taucher zu untersuchen, wäre es zu begrüßen, wenn möglichst viele Fischer die verendeten Vögel dort abliefern würden, damit hierzu noch genauere Aussagen gemacht werden könnten.

Neben den Weißfischen könnte, wenn diese nicht in ausreichender Dichte vorhanden sind, auch eine andere Fischgruppe, nämlich die Barsche, die sich im Winter als sogenannte „Warmwasserfische" ähnlich wie die Weißfische verhalten sowie einen ähnlichen Wachstumsverlauf aufweisen, als Beutefische in Frage kommen. Da der Anteil der Barsche im Starnberger See nach Aussagen von M. KLEIN zur Zeit ca. 15–20% der Weißfische beträgt, werden Barsche, wenn auch in geringerem Umfang, erbeutet. Es wurde auch von uns beobachtet, daß die See- und Lappentaucher gelegentlich Barsche erbeuten. Deshalb könnte insbesondere in Seen, in denen die Dichte der Barsche wesentlich höher liegt, der Anteil der Barsche neben den Weißfischen von Bedeutung sein.

6. Das Verhalten der See- und Lappentaucher

Da die See- und Lappentaucher im Spätherbst und Winter fast ausschließlich Fische fressen, wirkt sich das Verhalten der Fische zwangsläufig auf das Verhalten der Taucher aus. Die Taucher konzentrieren sich nämlich dort, wo sich auch die Fische aufhalten. Insbesondere das Verhalten der Weißfische und deren Jungfischschwärme beeinflußt das Verhalten der Taucher. Solange nämlich die Cypriniden die Uferbereiche bevorzugen, solange halten sich auch die Taucher, insbesondere die Lappentaucher, vorwiegend in den Uferbereichen bzw. Flachwasserbereichen auf. Besonders die Rothalstaucher, die sich zur Brutzeit meist von Wirbellosen ernähren (WOBUS, 1964), machen im Spätherbst und Winter fast ausschließlich Jagd auf die Jungfische im 1. Lebensjahr, die sich in

der Zeit von Oktober bis Dezember gerne in dichten Schwärmen in der Nähe der Häfen und der Bootshäuser aufhalten. Das Aufsuchen der Flachwasserbereiche (Buchten) und der Hafenanlagen durch die Rothalstaucher, wegen der dort bevorzugt anwesenden Kleinfischschwärme konnte auch S. SCHUSTER für den Bodensee feststellen (ORN. ARB. GEM. BODENSEE, 1983).

Da sich auf der Westseite des Starnberger Sees mehr Bootshäuser und Hafenanlagen als auf der Ostseite befinden, ist der Rothalstaucher vom Oktober bis Dezember auf der Westseite in höherer Zahl als auf der Ostseite anzutreffen. Von den Rothalstauchern wird die Pontonhafenanlage von Bernried besonders bevorzugt, da sich dort meist sehr viele Jungfische konzentrieren, die Schutz unter den Pontons und Booten suchen. Es konnten dort schon 42 Rothalstaucher (14.12.1986, A. MÜLLER) beobachtet werden.

Ein weiterer bevorzugter Platz ist die Hafenanlage von Possenhofen mit dem Bootshaus der Werft, das die Jungfische ebenfalls bevorzugen (siehe oben). Es wurde sogar schon beobachtet, daß die Taucher z. T. in den Bootshäusern jagen (M. GLAS, mündlich).

Die Haubentaucher, die im Spätherbst und Winter meist die größeren Weißfische im 2. und 3. Lebensjahr bevorzugen, halten sich im Spätherbst z. T. ebenfalls in Ufernähe auf, doch sind sie im allgemeinen weiter vom Ufer entfernt, als die Rothalstaucher. Dies ist wahrscheinlich darauf zurückzuführen, daß sich die Fischschwärme mit den größeren Fischen etwas weiter vom Ufer entfernt aufhalten.

Die Seetaucher verhalten sich ähnlich wie die Haubentaucher, tendieren aber mehr in Richtung Seemitte.

Ab etwa Mitte November bis Mitte Dezember ziehen sich mit den Fischen die See- und Haubentaucher immer weiter vom Uferbereich in Richtung Seemitte zurück, während die Rothalstaucher sich nur langsam vom Uferbereich entfernen, was wahrscheinlich damit zusammenhängt, daß sich auch die Jungfische langsamer vom Uferbereich zurückziehen. So konnte S. SCHUSTER am 1.1.87 noch 28 Rothalstaucher im Pontonsegelhafen von Bernried beobachten. Auch am Bodensee, bei dem die Verhältnisse auch anders sein können (weniger Bootshäuser), waren am 29.12.1971 noch große Jungfischschwärme an Cypriniden und Barschen (Größe 6–10 cm, = 1. und 2. Lebensjahr) im Flachwasserbereich (Fußacher Bucht) (JACOBY & SCHUSTER, 1972).

In den Monaten Januar bis Mitte März sind die großen Haubentaucherkonzentrationen nur noch im Freiwasser, Richtung Seemitte, zu beobachten. Dabei konzentrieren sich die Haubentaucher, wenn die Seeshaupter Bucht nicht zufriert, in der Regel in der Höhe zwischen Ambach und dem Erholungsparkgelände (bis zu 900 Exemplare) sowie in der Starnberger

Bucht, etwa in der Höhe zwischen Kempfenhausen und Berg (bis zu 150 Exemplare). Die Rothalstaucher tendieren in dieser Zeit, sofern sie den Starnberger See nicht verlassen, ebenfalls zur Seemitte, wobei sie sich gerne mit den Haubentauchern vergesellschaften. Einzelne Rothalstaucher können aber auch noch im Uferbereich beobachtet werden.

Die kleinen Lappentaucher (Ohren-, Schwarzhals- und Zwergtaucher), die nicht so tief wie die Rothals- und Haubentaucher tauchen und deshalb auch im Winter fast nur im Ufer- bzw. Flachwasserbereich jagen, überwintern nur in geringer Zahl (1–6 Exemplare), da sich vermutlich nur wenige Jungfische im Flachwasserbereich außerhalb der Bootshäuser aufhalten.

Die Seetaucher sind in dieser Zeit ebenfalls überwiegend im Freiwasser Richtung Seemitte anzutreffen.

Wenn die Weißfische und deren Jungfischschwärme wieder die Ufer- und Flachwasserbereiche aufsuchen, etwa ab Ende März, sind die Rothalstaucher und Haubentaucher überwiegend in diesen Bereichen und nicht mehr in der Seemitte anzutreffen. Auch die Seetaucher suchen zu dieser Zeit wieder häufiger die Flachwasserbereiche auf, sind aber auch noch in der Seemitte anzutreffen.

Im Frühjahr bevorzugen alle Taucher eher das Ostufer, was wahrscheinlich zum geringeren Teil damit zusammenhängt, daß sie dort weniger gestört werden, da das Ostufer weniger dicht besiedelt ist, und zum wohl überwiegenden Teil darauf zurückzuführen ist, daß sich das Wasser am Ostufer, wegen der geringeren Zuflüsse und der längeren Sonnenscheindauer, etwas schneller erwärmt und deshalb produktiver als auf der Westseite ist (BAYERISCHES LANDESAMT FÜR WASSERWIRTSCHAFT, 1982). Bei der Wasservogelzählung am 16.4.1989 wurden z. B. sämtliche Rothalstaucher (45 Exemplare) nur auf der Ostseite des Starnberger Sees gezählt. Auch von den Schwarzhalstauchern (81 Exemplare) hielt sich die überwiegende Mehrzahl (64 Exemplare) auf der Ostseite auf. Ähnlich waren die Verhältnisse bei den Seetauchern.

Außerdem bevorzugen die Taucher im Frühjahr den Südteil des Starnberger Sees (Seeshaupter Bucht), was vermutlich ebenfalls damit zusammenhängt, daß sich dieser flache Seeteil schneller erwärmt und damit produktiver (Planktonproduktivität) ist, als der übrige See und sich deshalb die Fische in dieser Zeit auch bevorzugt im südlichen Seeteil aufhalten (LENHART & STEINBERG, 1982); während sich die Fische im Spätherbst und Frühwinter in der Starnberger Bucht und der Seeshaupter Bucht konzentrieren.

Neben Fischen nehmen die Lappentaucher, insbesondere die Rothals- und Schwarzhalstaucher, im Frühjahr, etwa ab Mitte bis Ende März, sehr gerne Zuckmückenpuppen von der Wasseroberfläche auf. Die Entwick-

lung der Zuckmückenpuppen wird in den wärmeren Seeteilen ebenfalls begünstigt.

Zusammenfassend ist also festzustellen, daß die Taucher die Seeteile bevorzugt aufsuchen, die auch am fischreichsten bzw. nahrungsreichsten sind.

7. Ökologisch bedeutsame Faktoren für die Bevorzugung des Starnberger Sees durch die See- und Lappentaucher

Es gibt unseres Erachtens zwei ökologisch wichtige Faktoren, auf Grund derer sich der Starnberger See von den beiden anderen großen oberbayerischen Seen unterscheidet.

Wärmespeicherfaktor:

Einer dieser Faktoren ist der hohe Wärmespeicherfaktor. Dieser resultiert daraus, daß die Fläche, auf die die Ein- und Ausstrahlung wirkt, im Verhältnis zum Seevolumen viel geringer ist als beim Ammersee bzw. Chiemsee. Der unterschiedliche Wärmespeicherfaktor ist insbesondere an der mittleren Seetiefe ersichtlich, die beim

Chiemsee	25,6 m,
Ammersee	37,5 m,
und	
Starnberger See	53,2 m

beträgt. Ganz vereinfacht gilt, je größer die mittlere Seetiefe, um so größer ist der Wärmespeicherfaktor. Auf Grund seines günstigen Wärmespeicherfaktors speichert der Starnberger See von März bis August etwa annähernd 40 % der ihm durch Sonneneinstrahlung zugeführten Wärme $= 60{,}6 \times 10^{15}$ Joule (Bayerisches Landesamt für Wasserwirtschaft, 1982). Der Ammersee speichert nur $46{,}0 \times 10^{15}$ Joule, das sind rd. 25 % weniger Wärme als der Starnberger See speichert. Da die Wasserfläche des Starnberger Sees mit 56,362 km^2 größer ist als die des Ammersees mit 46,600 km^2, ist der Wärmespeicherfaktor umgerechnet auf die Fläche, aufgrund der größeren mittleren Seetiefe, um rd. 9,0 % höher als am Ammersee. Für den Chiemsee wurde die Wärmemenge nicht berechnet, doch speichert er, bezogen auf die Wasserfläche, noch weniger Wärme als der Ammersee, da er die geringste mittlere Wassertiefe besitzt.

Der Wärmehaushalt des Starnberger Sees wird noch durch einen weiteren wesentlichen Faktor gegenüber Chiemsee und Ammersee begünstigt, denn von dem großen Wärmeinhalt geht nur ein recht geringer Teil durch

Zufluß von kaltem Flußwasser oder durch Abfluß warmen Oberflächenwassers verloren. Die theoretische Wassererneuerungszeit, die beim Starnberger See 21 Jahre und beim Ammersee nur 2,7 Jahre beträgt, verdeutlicht dies. Wegen dieses hydrographischen Vorzuges ist sein Wärmehaushalt ein gegenüber anderen Seen begünstigter (BAYERISCHES LANDESAMT FÜR WASSERWIRTSCHAFT, 1982).

Aus diesen Gründen friert der Starnberger See weniger und später zu als die anderen Seen. Im Schnitt friert er alle 6–10 Jahre vollständig zu. Viel ungünstiger sind die Verhältnisse am Chiemsee, bei dem in den vergangenen zehn Wintern der Vereisungsgrad sechsmal zwischen 90 und 100% betrug (M. DEUTSCH, brieflich). Der Ammersee war in dieser Zeit viermal vollständig zugefroren (J. STREHLOW, brieflich), während der Starnberger See nach den Aufzeichnungen von J. JÄGERHUBER (Wetterfrosch von Starnberg) in diesem Zeitraum nur einmal völlig (Januar-März 1987) und einmal fast vollständig (Januar und Februar 1981) zugefroren war.

Der große Wärmeinhalt des Starnberger Sees läßt in normalen Wintern nur eine Vereisung der flachen Buchten zu, wie der Bucht bei St. Heinrich, der Seeseitenbucht, des Karpfenwinkels und im Bereich der Roseninsel. Bei längeren Kälteperioden vereist dann als nächstes der gesamte flachste Seeteil, nämlich die Seeshaupter Bucht bis etwa auf die Höhe Bernried/Ambach. Darauf folgt dann die Vereisung der gesamten Starnberger Bucht bis etwa auf die Höhe Possenhofen/Berg. Der übrige tiefste Teil des Sees vereist selbst bei langanhaltenden Frostperioden nur sehr langsam und zwar von Süden nach Norden, bis das Eis schließlich die Starnberger Bucht erreicht und sich mit dem dortigen Eis vereint. Da insbesondere der tiefste Seeteil zwischen Ammerland und Leoni äußerst selten vereist, bleibt den rastenden Wasservögeln selbst in kalten Wintern genügend Wasserfläche zur Verfügung. Dies begünstigt unter Umständen auch das Ausbilden von Rasttraditionen wie z.B. Rothalstaucher (BEZZEL, 1985).

Sichttiefe

Ein weiterer, unseres Erachtens ökologisch sehr bedeutender Unterschied zum Ammersee und Chiemsee besteht in der unterschiedlichen Sichttiefe (Transparenz des Wassers), die mit einer weißen Scheibe von 30 cm Durchmesser, der sogenannten Secchi-Scheibe, gemessen wird. Sie ist die Größe, bei der die Umrisse der Secchischeibe, die an einer markierten Leine langsam in die Tiefe versenkt wird, eben verschwinden (SCHWOERBEL, 1980). Die Sichttiefe (Secchi-Scheiben-Tiefe) des Starnberger Sees liegt weit über den Sichttiefen des Ammersees bzw. Chiemsees. Die unterschiedlichen Sichttiefen sind in der Abbildung 2 dargestellt.

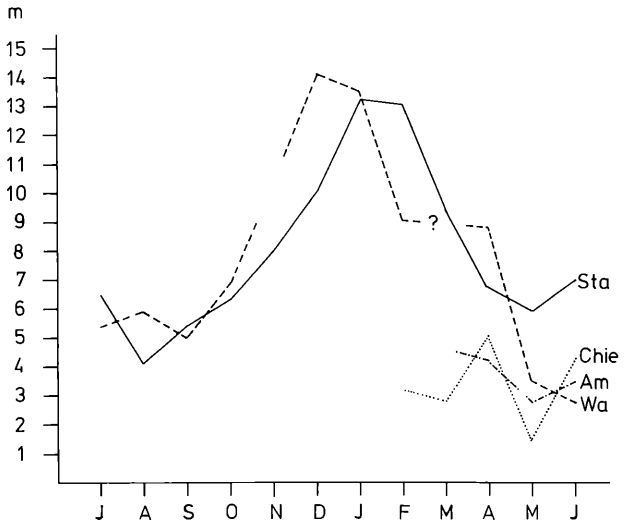

Abb. 2:
Monatsmittelwerte der Sichttiefen, gebildet aus den einzelnen Monats- bzw. Monatsmittelwerten der Jahre 1986–1988 für Ammersee (Am), Chiemsee (Chie) und Starnberger See (Sta), sowie der Jahre 1982 und 1983 für den Walchensee (Wa). Für die Monate Dezember, Januar und Februar liegen vom Chiemsee, für November und März liegen vom Walchensee keine Werte vor. – *Monthly average values of secchi dephts as derived from individual monthly or monthly average values, in the years 1986–1988 for the (Am), (Chie), (Sta), and in the years 1982 and 1983 for the (Wa). There are no data available for the (Chie) concerning the month of December, January and February and for the (Wa) concerning the month of November and March.*

Aus der Abbildung wird deutlich, daß die Sichttiefen in den Wintermonaten Dezember–März am größten sind. Die Sichttiefen des Starnberger Sees sind in den Wintermonaten ca. doppelt so hoch wie die des Ammersees bzw. ca. dreimal so hoch wie die des Chiemsees. Dies ist u. E. auch der Grund für die Bevorzugung des Sees durch die See- und Lappentaucher in den Wintermonaten. Der Starnberger See hat Sichttiefenwerte, wie sie nur bei oligotrophen Seen anzutreffen sind, obwohl der Starnberger See eindeutig mesotroph ist (Lenhart & Steinberg, 1982).

Die guten Sichttiefenwerte des Starnberger Sees ergeben sich einmal dadurch, daß wegen der unbedeutenden Zuflüsse keine Trübungen durch Gesteinsmehl oder andere Einschwemmungen auftreten. Zum anderen auch dadurch, daß sein trophischer Zustand besser ist als der des Chiemsees oder des Ammersees (weniger trübendes Algenplankton). So wird der

Chiemsee mit der schlechtesten Sichttiefe, als eutroph eingestuft (BAYERISCHES LANDESAMT FÜR WASSERWIRTSCHAFT, 1982), während der Ammersee, dessen Sichttiefe besser ist, durch abwassertechnische Sanierungsmaßnahmen (Ringkanalisation) inzwischen den mesotrophen Zustand erreicht hat, den es aber langfristig zu sichern gilt (LENHART & STEINBERG, 1987).

Die Sichttiefe ist für die Tauchvögel ein nicht zu unterschätzender Faktor, denn von der Sichttiefe hängt die Entdeckbarkeit der Beute und damit der Jagderfolg ab. Je tiefer die Vögel tauchen müssen, um so wichtiger wird die Sichttiefe. In flachen Gewässern spielt deshalb die Sichttiefe keine so entscheidende Rolle. Es besteht aber auch in flachen Gewässern wahrscheinlich ein Zusammenhang zwischen dem Jagderfolg der Tauchvögel und der Fischdichte bzw. der Sichttiefe.

Aufgrund einer Untersuchung, die M. ERIKSSON an skandinavischen Seen durchführte, wird nämlich in den Fällen, in denen der Fischbestand wegen der Versauerung des Gewässers zurückgeht, der Jagderfolg der Prachttaucher nicht geringer, wenn diese durch die damit verbundene höhere Transparenz des Gewässers unter Wasser besser sehen und somit die Beute auf größere Distanz erkennen und deshalb sicherer erbeuten können (ERIKSSON, 1985). Für den Jagderfolg der Taucher ist also die frühzeitige optische Wahrnehmung der Beute sehr wichtig.

Aus diesem Grunde ist gerade in den Wintermonaten, wenn sich die Weißfische in die Tiefe zurückziehen, die Sichttiefe für den Jagderfolg von besonderer Bedeutung. Bei den Tiefen (abhängig vom Gewässer), in die sich die Weißfische zurückziehen, müssen die Taucher vermutlich bis an die Grenzen ihrer Seh- und Tauchfähigkeit tauchen, wobei sie die Fische von der Wasseroberfläche aus, z. B. durch das Unter-Wasser-Spähen (HÖHN, 1982), das die Seetaucher oft praktizieren, nicht erkennen können, sondern vermutlich erst auf kürzere Distanz, wenn sie die Tiefen erreicht haben, in der die Fische stehen. Hier kommt den Tauchern entgegen, daß die Augen durch eine sehr weiche Linse, deren Wölbung durch besonders stark entwickelte Muskeln gesteigert werden kann, auch ein scharfes Sehen unter Wasser ermöglichen. Die Taucher können dadurch auch unter Wasser ihre sehr bewegliche Beute auf kurze Distanz im Auge behalten, zumal die Nickhaut, die vermutlich unter Wasser als Augenschutz vorgeschoben wird, ein linsenartiges, durchsichtiges, zentrales Fenster von beträchtlicher Brechkraft besitzt (HÖHN, 1982).

Für den Jagderfolg in der Tiefe ist die Sicht, die neben der Klarheit des Wassers besonders von der Lichtintensität im Wasser abhängt, entscheidend. Mit zunehmender Tiefe nimmt die Lichtintensität im Wasser exponentiell ab. Dabei spielt die Sichttiefe eine wichtige Rolle, denn je größer die Sichttiefe, um so höher ist die Lichtintensität in der Tiefe. Die Abnahme der Lichtintensität wird durch den vertikalen Lichtgradienten be-

stimmt. Der vertikale Lichtgradient und die Lichtintensität an der Wasseroberfläche bestimmen die Lichtintensität in der Tiefe. Bisher galt als Grundregel, daß die Lichtintensität im Wasser ganz grob bei einfacher Sichttiefe 1% der Lichtintensität an der Wasseroberfläche beträgt (SCHWOERBEL, 1980). Empirische Untersuchungen, z. B. von W. KOPF von der Landesanstalt für Wasserforschung in München und anderen kommen allerdings zu dem Ergebnis, daß erst bei zweieinhalb- bis dreifacher Sichttiefe die Lichtintensität im Wasser 1% der Oberflächenintensität erreicht (KOPF, PÖHLMANN & REIMANN, 1988). Im Mittel beträgt die Lichtintensität im Wasser bei der 2,7fachen Sichttiefe 1% der Oberflächenintensität.

Die Abnahme der Lichtintensität bei zunehmender Tiefe stellt sich, wenn im gesamten Wasserkörper die gleichen Bedingungen angetroffen werden (gleiche Schwebstoffanteile etc.) vereinfacht wie folgt dar (Formel siehe KOPF, 1983):

- bei ½ (halber) Sichttiefe sind noch 42%
- bei 1facher Sichttiefe sind noch 18%
- bei 2facher Sichttiefe sind noch 3%
- bei 2,7facher Sichttiefe sind noch 1%
- bei 4facher Sichttiefe sind noch 0,01%

  und
- bei 5facher Sichttiefe sind noch 0,02%

der Strahlungsintensität (gemessen direkt unter der Wasseroberfläche) vorhanden. Dies sind allerdings nur grobe Anhaltswerte.

Welche Lichtmenge (Helligkeit) in einer bestimmten Wassertiefe vorhanden ist, hängt neben der Sichttiefe entscheidend von der Lichtintensität in der Wasseroberfläche ab. Diese schwankt sehr stark, je nachdem ob die Sonne durch Wolken verdeckt ist oder nicht. Die Lichtintensität in der Wasseroberfläche kann z. B. an einem bedeckten Wintertag ca. 1000–5000 Lux und an einem sonnigen, vollständig wolkenfreien Wintertag ca. 50000 Lux betragen (W. KOPF, mündlich). Die Schwankungsbreite ist also extrem groß. Bedenkt man außerdem, daß die Lichtintensität in der Wasseroberfläche auch noch von der Tageszeit abhängig ist, dann wird deutlich, daß optimale Lichtverhältnisse selten, und dann nur kurzfristig, angetroffen werden.

Die vorstehenden Ausführungen treffen nicht mehr zu, wenn nicht im gesamten Wasserkörper die gleichen Bedingungen herrschen. Insbesondere in Seen kommt es zur Zeit der Algenblüte oft vor, daß die oberen Wasserschichten durch Phytoplankton stark getrübt sind, während darunter relativ klare Wasserschichten angetroffen werden. Da die Sichttiefe immer in der obersten, also der am stärksten mit Phytoplankton be-

lasteten Wasserschicht gemessen wird, ist die Sichttiefe gering. Diese geringe Sichttiefe bzw. der hohe Extinktionskoeffizient gilt jedoch nur für den entsprechenden Trübungshorizont und nicht für die gesamte Wassersäule. Die Abnahme der Lichtintensität durch Absorption und Streuung ist in den darunterliegenden, klareren Wasserschichten nicht mehr so stark. Dies führt dazu, daß es in der Tiefe sehr viel heller ist als man nach der Schätzmethode aufgrund der Sichttiefe annehmen könnte. Besonders in Seen mit starker Phytoplanktonentwicklung oder mit Zuflüssen, die eine hohe mineralische Trübung aufweisen, ist hierauf zu achten. Zu beachten ist außerdem, daß die Sichttiefe in Zeiten des Algenwachstums (Frühjahr–Herbst) sehr stark schwanken kann, da die verschiedenen Algenarten unterschiedliche Wachstumszyklen haben und dazwischen auch Klarwasserstadien liegen. Im Spätherbst und Winter, wenn die Phytoplanktonproduktivität geringer ist, ist die Sichttiefe viel konstanter (s. Abb. 2). Daneben kann die Sichttiefe auch in den einzelnen Seeteilen, z. B. durch Zuflüsse etc., sehr unterschiedlich sein. All diese Faktoren sind bei Sichttiefenauswertungen zu berücksichtigen.

Im Zusammenhang mit der Abnahme der Helligkeit bei zunehmender Tiefe wäre wichtig zu wissen, bei welcher Lichtintensität die Taucher noch erfolgreich jagen können. Geht man davon aus, daß bei einer Lichtintensität im Wasser von ca. 5–10 Lux (E. BOHL, mündlich) das menschliche Auge noch die Großbuchstaben einer Tageszeitung lesen kann, dann reicht diese Lichtintensität u. E. auch den Tauchvögeln, um in entsprechenden Tiefen im Nahbereich noch Fische auszumachen und dadurch erbeuten zu können; zumal wenn diese, wie die Weißfische im Winter, nicht besonders aktiv sind. Es ist allerdings auch möglich, daß das Auge der Vögel empfindlicher ist als das menschliche Auge, so daß die Taucher möglicherweise bei noch geringerer Lichtintensität sehen können.

Leider finden sich in der einschlägigen Literatur keine Angaben über spezielle Anpassungen der Taucheraugen an die Lichtverhältnisse unter Wasser. So fehlen Angaben zum Verhältnis von Stäbchen und Zapfen in der Netzhaut (hohe Stäbchendichte bedingt hohe Lichtempfindlichkeit; z. B. bei Eulen die Voraussetzung für das gute Sehen in der Nacht). Es gibt auch keine Angaben über die Eigenschaften der Sehfarbstoffe in den Zapfen, was Rückschlüsse darauf zulassen würde, welche Farben unter Wasser noch gesehen werden können. Fische z. B. besitzen Sehfarbstoffe, die besonders gut auf blau-grünes Licht reagieren, gerade diese Lichtwellenlängen sind in Süßwasser in einer Tiefe von ca. 30 m und darunter vorherrschend (LEVINE & MACNICHOL, 1982).

Die Bedeutung der Sichttiefe und der Lichtintensität in der Wasseroberfläche (Sonnen- oder Wolkentag) für die vertikale Lichtverteilung im Wasser und damit für die Tauchtiefe ergibt sich aus der Abbildung 3.

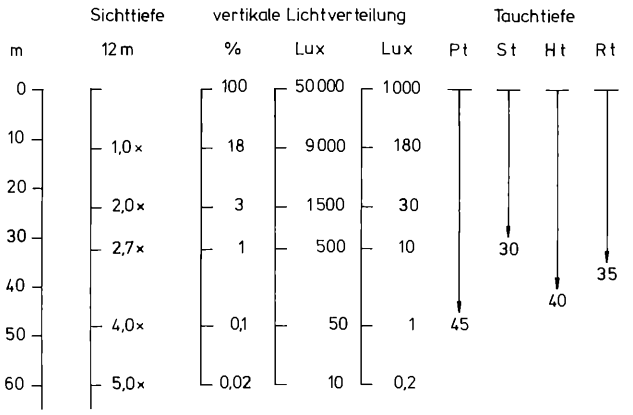

Abb. 3:
Die vertikale Lichtverteilung bei einer Sichttiefe im Starnberger See von 12 m (Jan. 89) von der Wasseroberfläche bis zur fünffachen Sichttiefe an Sonnentagen (50 000 Lux) und Wolkentagen (1000 Lux Lichtintensität in der Wasseroberfläche); sowie Darstellung der bisher maximalen Tauchtiefen des Prachttauchers (Pt) und Sterntauchers (St), des Haubentauchers (Ht) und Rothalstauchers (Rt). – *Vertical distribution of light intensity at a Secchi depth of 12 m (Jan. 89) between surface and a fivefold Secchi depth on sunny (50.000 Lux) and on cloudy days (1.000 Lux light intensity directly below surface). Maximum of depths achieved by the Black-throated Diver (Pt), the Red-throated Diver (St), the Great crested Grebe (Ht) and the Red-necked Grebe (Rt).*

Eine Sichttiefe von 12 m im Winter führt, wie aus Abb. 3 ersichtlich, dazu, daß aufgrund der Lichtverhältnisse unter Wasser, Tauchtiefen zwischen 30–60 m möglich sind, wenn unterstellt wird, daß eine Lichtintensität von 10 Lux den See- und Lappentaucher zum Jagen auf jeden Fall ausreicht, wobei die Bedingungen dann, wenn die Sonne scheint, mit 60 m fast um das Doppelte günstiger sind als an Wolkentagen mit ca. 30 m.

Der Einfluß der Sichttiefe auf die Tauchtiefe wird ebenfalls deutlich, wenn davon auszugehen ist, daß die See- und Lappentaucher für eine erfolgreiche Jagd auf ihre Beute diese optisch wahrnehmen müssen und deshalb eine bestimmte Mindesthelligkeit benötigen. Die Feststellung von J. Hofer, daß die Sichttiefe keinen Einfluß auf die Tauchtiefe des Haubentauchers auszuüben scheint (Hofer, 1969), muß deshalb relativiert werden. Die Sichttiefen, die er für seine Aussage anführte, wurden zu Zeiten ermittelt, in denen eine Massenentwicklung der Burgunderblutalge (*Oscillatoria rubescens*) vorlag, also die Konzentrationen der Algen am höchsten waren. In Zeiten der Algenblüte ist die Sichttiefe allerdings kein Maß für die Lichtverteilung in den darunterliegenden Wasserschich-

ten und damit für die Tauchtiefe. Es ist deshalb ohne weiteres möglich, daß es bei einer Sichttiefe von 1 m in einer Tiefe von 20 m nicht unbedingt sehr dunkel sein muß, wie HOFER vermutete, sondern in dieser Tiefe durchaus Lichtintensitäten von ca. 5 Lux vorhanden sein können. Dies hängt davon ab, wie mächtig der durch Algen verursachte Trübungshorizont und wie klar die darunterliegenden Wasserschichten sind. Wie die Lichtverhältnisse in den von HOFER aufgeführten Fällen in einer Tiefe von ca. 20 m tatsächlich waren, hätte nur durch Messungen festgestellt werden können. Es ist außerdem die unterschiedliche Lichtintensität an Sonnen- und Wolkentagen zu berücksichtigen, worauf in allen Fällen, in denen Rückschlüsse von der Sichttiefe auf die Tauchtiefe gezogen werden, zu achten ist.

Die Feststellung von HOFER (l. c.), daß die Sichttiefe keinen Einfluß auf die Tauchtiefe auszuüben scheint, würde nur zutreffen, wenn die Tauchtiefe unabhängig von der optischen Orientierung der Taucher wäre. Im allgemeinen ist die Sichttiefe jedoch in etwa ein Maß für den vertikalen Lichtgradienten, der zusammen mit der Lichtintensität in der Wasseroberfläche die Helligkeit in der Tiefe bestimmt. Je höher die Sichttiefe, desto günstiger sind die Lichtverhältnisse in der Tiefe, d. h. desto besser können die Vögel unter Wasser sehen. Wenn jedoch Inhomogenitäten, wie z. B. Trübungshorizonte auftreten, kann aufgrund einer oberflächennahen Messung die Lichtintensität in der Tiefe nur unzureichend abgeschätzt werden. Doch auch in diesem Fall hat die Sichttiefe einen Einfluß auf die Lichtverteilung in der Tiefe und damit auf die Tauchtiefe.

Eine aufgrund der Sichttiefe zu erwartende vertikale Lichtverteilung wird auch durch Aussagen von Sporttauchern bestätigt, die im Winter im Starnberger See in Tiefen von 35–50 m und mehr zum Teil noch gut oder zumindest noch soviel sehen, daß sie zwar ihre Armaturen nicht mehr ablesen, aber Gegenstände bzw. Fische noch erkennen können. Die Unterschiede zwischen Sonnen- und Wolkentagen wurden ebenfalls durch Taucher bestätigt, die am 6. 7. und 9. 7. 1989 im Starnberger See tauchten und am 6. 7., einem herrlichen Sonnentag, in einer Tiefe von 35 m (tiefer sind sie nicht getaucht) ohne Beleuchtung noch gut sehen konnten, während am 9. 7., einem Wolkentag mit Regenschauern, die Sicht nur bis 20 m gut war und sich dann immer weiter verschlechterte, bis es in einer Tiefe von 25 m völlig dunkel war. Die Tauchgänge wurden beide zur Mittagszeit, also zur Zeit des höchsten Sonnenstandes, durchgeführt. Die Taucher bestätigen auch, daß die obere Wasserschicht durch Algen getrübt, während die darunterliegende sehr klar war.

8. Tauchtiefen bei überwinternden Tauchvögeln

Das Vordringen der Taucher in große Tiefen bei hohen Sichttiefen bestätigen die Tauchtiefen der verschiedenen Arten, die im Starnberger See festgestellt wurden. Am meistbefischten See Oberbayerns kann es nicht ausbleiben, daß sich gelegentlich Taucher in Fischernetzen verfangen und verenden. Auf Grund intensiver Kontakte mit den Fischern teilen uns diese zum Teil die sogenannten „Beifänge" zumindest dann mit, wenn die Vögel in großer Tiefe verenden.

Die folgenden maximalen Tauchtiefen wurden uns bekannt:

Sterntaucher, *Gavia stellata*, 30 m am 29.11.1988 (Die Tauchtiefe wurde auf Grund der Klaftertiefe*, in der das Fischernetz gesetzt war, von Fischermeister R. Müller ermittelt).

Prachttaucher, *Gavia arctica*, 45 m am 12. 1. 1989 (Die Tauchtiefe wurde ebenfalls auf Grund der Klaftertiefe* von Fischermeister S. Huber aus Ammerland ermittelt).

Haubentaucher, *Podiceps cristatus*, 39–40 m am 3. 2. 1989 (Die Tauchtiefe wurde von Fischermeister R. Müller mit dem Lot exakt nachgemessen und schwankt um ca. 1 Meter, da der Seeboden zur Seemitte leicht abfällt). Am 4. 1. 1989 wurden außerdem noch 4 Haubentaucher (2 Alt- und 2 Jungvögel) in 35 Meter Tiefe von Fischermeister S. Huber gefangen. Diese Tauchtiefe wurde auf Grund der Klaftertiefe* ermittelt.

Rothalstaucher, *Podiceps grisegena*, mindestens 35 m am 18. 1. 1989 (Müller, 1989). Außerdem wurden uns noch zwei Fälle bekannt, in denen Rothalstaucher in mindestens 30 m Tiefe (Klaftertiefe*) im Fischernetz verendeten.

Da die Fische in den Wintermonaten erheblich tiefer stehen als in der übrigen Jahreszeit (vgl. Abb. 1), werden zwangsläufig im Winter die größten Tauchtiefen festgestellt, wobei die hohen und relativ konstanten Sichttiefen große Tauchtiefen ermöglichen, weshalb die Vögel durchaus noch größere Tauchtiefen als die bisher bekannten erzielen könnten.

Wie groß die Verluste durch Ertrinken im Fischernetz sind, können wir leider nicht sagen, da uns nicht alle Fälle bekannt werden. Lediglich vom Prachttaucher, bei dem wir intensiver nachforschten, kann gesagt werden, daß innerhalb der letzten 10 Jahre mindestens 8 Prachttaucher in Fi-

---

* = Individuelles Maß = Länge zwischen den waagerecht ausgestreckten Armen eines erwachsenen Menschen bei angewinkelten Fingern (liegt i. d. R. zwischen 160 und 175 cm). Die Länge eines Klafters wurde von den beteiligten Fischern zur Ermittlung der Tauchtiefe exakt nachgemessen.

schernetzen verendeten. Beim Sterntaucher sind uns insgesamt zwei Fälle bekannt geworden.

Es bleibt aber festzustellen, daß es Verluste von See- und Lappentauchern durch Fischernetze schon immer gab. Trotz der großen Intensität mit der am See durch die Berufsfischer gefischt wird, ist es aber nicht so, daß die See- und Lappentaucher besonders durch Fischernetze gefährdet wären. Wir können immer wieder beobachten, daß sich Seetaucher monatelang am See aufhalten, ohne in die Fischernetze zu geraten. Es dürfte sich bei den Tauchern, die sich unglücklicherweise in den Fischernetzen verfangen, wohl meist um unerfahrene Jungvögel bzw. um Taucher handeln, die bis an die Grenze ihres Sehvermögens tauchen und dann das Fischernetz zu spät wahrnehmen. Dies zeigen vermutlich auch die folgenden Beispiele vom Bodensee:

Am 29. 12. 1971 sahen H. JACOBY, S. SCHUSTER u. a. in der Fußacher Bucht (Vorarlberg/Rheindelta) einen Berufsfischer seine Grundnetze einholen, die kaum Fische, dafür aber 69 Tauchvögel (davon 42 Haubentaucher) enthielten. Die Netze waren nach Angaben des Fischers vor drei Tagen in etwa 5 m Wassertiefe auf Barsche ausgelegt worden, da sich ein großer Jungfischschwarm in der Bucht aufhielt. In einer Tiefe von etwa 5 m haben die Haubentaucher bei ausreichender Sichttiefe normalerweise keine Probleme, Fischernetze zu erkennen und diesen auszuweichen. Es müssen hier also besondere Gründe vorgelegen haben, die den Tauchvögeln zum Verhängnis wurden, denn nach Aussage des Fischers ist ihm in seiner dreißigjährigen Praxis ein ähnlicher Fall noch nie vorgekommen. Normalerweise verfangen sich nämlich keine bzw. wenn überhaupt, dann nur einzelne Tauchvögel in den Fischernetzen. Die Sicht bzw. Sichttiefe in der Fußacher Bucht hat sich aber durch starken Nordwind (Windstärke 6) am 28. und 29. 12. 1971, der das Wasser durch die aufgewühlten Schwebstoffe stark trübte (JACOBY & SCHUSTER, 1972), innerhalb kurzer Zeit drastisch verschlechtert. Dies führte wohl dazu, daß die Taucher die Netze, obwohl sie auf kurze Entfernung sehr scharf sehen, nicht wahrnahmen bzw. nicht rechtzeitig wahrnehmen konnten und sich darin verfingen. Die Sicht der Taucher kann also durch Witterungsumstände im Flachwasserbereich innerhalb kurzer Zeit durch Trübung des Wassers stark eingeschränkt und damit u. U. den Vögeln zum Verhängnis werden.

Im Rahmen eines Versuchsprogrammes zur Erprobung eines neuen Netztyps (dreiblättriges Spiegelnetz = drei Netze mit 80 mm, 32 mm und 80 mm Maschenweite, die zu einem Netz zusammengefaßt sind, das deshalb im Wasser sehr gut sichtbar ist) im Bodensee zum Fang von Rutten (*Lota lota*), durch die staatliche Fischbrutanstalt Nonnenhorn, wurden auch alle Vögel, die sich bei den Versuchsfängen in den Netzen verfingen und verendeten, notiert. Außerdem wurde beim Auslegen der Netze an

der Halde der jeweilige Tiefenbereich, in dem die Netze ausgelegt wurden, mit dem Echolot gemessen und notiert. Eine Kontrolle des Tiefenbereiches nach dem Absinken der Netze erfolgte allerdings nicht mehr. Da es sich bei den Spiegelnetzen um sehr schnell sinkende Netze handelt, sind nur geringfügige Verschiebungen im Tiefenbereich, wie z. B. durch den Absinkvorgang, möglich (M. KLEIN, mündlich). Die folgenden beiden Totfunde wurden im Rahmen des Versuchsprogrammes, das von Anfang Januar bis Ende März durchgeführt wurde, notiert:

Haubentaucher, 5. 1. 89, Tiefenbereich beim Auslegen der Netze 30–40 m

Haubentaucher, 9. 1. 89, Tiefenbereich beim Auslegen der Netze 40–57 m (M. KLEIN, mündlich).

Im Zusammenhang mit den Totfunden sind die möglichen Gründe, weshalb sich die Haubentaucher in dem ausgesprochenen gut sichtbaren Spiegelnetz verfingen, interessant. Aufgrund der angegebenen Tiefenbereiche müssen die Haubentaucher unter Berücksichtigung eventueller Verschiebungen mindestens

25 m am 5. 1. 89
und
35 m am 9. 1. 89

getaucht sein. Es ist auch durchaus möglich, da beide Taucher das gut sichtbare Netz übersahen, daß sie sich an beiden Tagen in etwa dem gleichen Tiefenbereich, der dann vermutlich im Grenzbereich der Sehfähigkeit lag, verfingen. Leider sind uns die genauen Sichttiefen aus dem Bereichen Nonnenhorn-Wasserburg, in dem die Netze ausgelegt wurden, nicht bekannt. Die Sichttiefen im Bodensee variieren, insbesondere wegen der Zuflüsse, in den einzelnen Seeteilen sehr stark. Aufgrund der Werte der Meßstellen Langenargen (10. 1. 89 = 5,3 m und 23. 1. 89 = 6,4 m) und Fischbach (24. 1. 89 = 8,5 m), die unterschiedlich durch die Zuflüsse Argen und Rhein belastet sind, lagen die Sichttiefen vermutlich zwischen 5,5 m und 7,0 m.

Bei diesen Sichttiefen sind u. E. aufgrund der vertikalen Lichtverteilung (vgl. Abb. 3) nur an Sonnentagen (5. und 9. 1. waren nach Aufzeichnungen der Wetterwarte Konstanz Sonnentage) Tauchtiefen im Bereich von 35–40 m möglich. Aufgrund der Sichttiefen ist bei diesen Tauchtiefen allerdings erforderlich, daß die Haubentaucher in Bereiche vorgedrungen sind, die unter der 5-fachen Sichttiefe, d. h. unter 10 Lux lagen.

Dies wäre eine plausible Erklärung dafür, daß die Haubentaucher die gut sichtbaren Netze nicht wahrnahmen, da sie vermutlich beim Tauchen an der Halde in Tiefenbereiche vorgedrungen sind, in denen die Sicht immer geringer wurde bis etwa in den Bereichen, in denen es völlig dunkel

wird und wo sie vermutlich nicht mehr erfolgreich jagen können. Eine weitere Gefahr für die Vögel während der Tauchphase besteht auch darin, daß die Sonne plötzlich durch Wolken verdeckt werden kann, was die Sichtverhältnisse unter Wasser drastisch verschlechtert und dazu führen kann, daß die Vögel, die noch bei Sonne getaucht sind, die Fischernetze übersehen.

Diese beiden Beispiele zeigen, daß immer dann, wenn die Sichtverhältnisse, sei es im Flachwasser oder in der Tiefe, schlecht sind, die Gefahr für die Vögel sich in Fischernetzen zu verfangen am größten ist.

9. Tauchzeiten bei überwinternden Tauchvögeln

Die Unterwassergeschwindigkeit (über die keine Literaturdaten existieren) der jagenden Taucher dürfte zu allen Jahreszeiten gleich sein. Deshalb sind im Winter, wenn die Fische tiefer stehen, auch längere Tauchzeiten als im Sommer zu beobachten.

Im Januar und Februar 1989 haben wir versucht, bei möglichst vielen der am Starnberger See überwinternden Taucherarten Tauchzeiten zu ermitteln. Dabei ergaben sich folgende Probleme: Da die Taucher zwischen den einzelnen Tauchgängen häufig Pausen einlegen (Rothalstaucher bis zu 30 Min.), benötigt man viel Zeit, um mehrere Messungen durchführen zu können. Bei kalter Witterung mit einigen Minusgraden fällt es aber auch idealistischen Ornithologen schwer, lange ruhig auf einem Steg am Wasser zu stehen und Messungen durchzuführen. Nebel und Schneefall machen es unmöglich, Vögel, die sich oft weit vom Ufer entfernt aufhalten (also in Gebieten mit großer Wassertiefe), so intensiv zu beobachten, daß man keinen Abtauch- und Auftauchvorgang verpaßt. Die Seeoberfläche muß glatt sein, man ist also auf windstille Tage angewiesen. All dies beschränkt die Beobachtungsmöglichkeiten im Winter meist auf wenige Tage. Bei den meist in großer Zahl anwesenden Haubentauchern ist es außerdem schwer, exakt den gleichen Vogel beim Ab- und Auftauchen im Auge behalten zu können.

Aus den vorstehend genannten Gründen stellen unsere Messungen nur vorläufige Ergebnisse dar, die wir noch weiter ergänzen werden. Da sich aber bei manchen Arten schon Unterschiede zu Literaturdaten gezeigt haben, wollen wir unsere Werte trotzdem vorstellen.

Rothalstaucher:

Insgesamt ermittelten wir 44 Tauchzeiten. Die drei kürzesten Werte: 45 Sek., 40 Sek. und 50 Sek. (Flachwasser), die längsten drei Werte (von

Bernried aus gemessen) lagen bei 125 Sek., 127 Sek. und 130 Sek. Der Mittelwert aller Zeiten beträgt 94 Sek. (n=44, s=21,1 Sek.).

Bisher waren für den Rothalstaucher keine Tauchzeiten über zwei Minuten bekannt. Nach diesen langen Tauchgängen werden Pausen von bis zu 30 Minuten Dauer eingelegt; wahrscheinlich muß in diesen Pausen, in denen häufig Gefiederpflege zu beobachten ist, Laktat (Milchsäure), das beim Tauchen mit angehaltenem Atem entsteht, vom Organismus abgebaut werden (Kooyman 1989, pp. 91–108). Da Seetaucher nach Tauchgängen um die 2 Minuten keine langen Pausen machen, ist anzunehmen, daß die Rothalstaucher bei diesen Tauchzeiten bereits an der Grenze ihrer Leistungsfähigkeit sind.

Die kurzen Tauchzeiten von durchschnittlich ca. 45 Sekunden, die im Flachwasser erzielt wurden, zeigen den Einfluß der Wassertiefe auf Tauchzeiten und -tiefen.

Haubentaucher:

Es liegen 20 Werte vor (Bereich: 38 bis 124 Sekunden). Der Mittelwert der Tauchzeiten der von uns beobachteten Haubentaucher liegt bei 71,4 Sek. (s=22,1 Sek.)

Bauer & Glutz von Blotzheim (1966) erwähnen, daß Haubentaucher, wenn sie verfolgt werden, länger als die als Maximalwert angegebenen (l. c.) 56 Sekunden tauchen können. Wir konnten bei ungestörten Haubentauchern Tauchzeiten von 100 Sek., 102 Sek. und 124 Sekunden messen.

Seetaucher:

Auch bei den am Starnberger See überwinternden Seetauchern konnten einige Tauchzeiten gemessen werden. Diese Werte stimmen gut mit den Daten in der Literatur überein, die zum Teil auch von überwinternden Vögeln stammen (z. B. Kinnear 1978).

Sterntaucher: Acht Werte, im Durchschnitt 75 Sekunden.

Prachttaucher: Elf Werte, Durchschnitt: (ebenfalls) 75 Sekunden.

Eistaucher: Von Mitte Februar bis zum zweiten Aprildrittel 1989 hielt sich auf dem Starnberger See ein Eistaucher (*Gavia immer*) auf, bei dem ebenfalls einige Tauchzeiten gemessen werden konnten: Im tiefen Wasser betrug die durchschnittliche Tauchdauer von 10 Tauchgängen (kürzester: 75 Sek., längster: 114 Sek.) 98,5 Sekunden, im Flachwasser konnten wir nur zwei Tauchgänge mit ca. 32 Sekunden messen.

Es sei an dieser Stelle darauf hingewiesen, daß die fehlende Übereinstimmung unserer Tauch-Daten mit den in der Literatur zu findenden nicht als Kritik verstanden werden soll. Wir möchten aber anregen, auf

diesem Gebiet mehr als bisher ökologische Gegebenheiten bei der Interpretation von Beobachtungen zu berücksichtigen.

Gerade die langen Tauchzeiten und großen Tauchtiefen zeigen, daß die Überwinterung hohe Anforderungen an das Leistungsvermögen der Tauchvögel stellt. Deshalb ist es sehr wichtig, daß sie dafür geeignete Gewässer finden. Als Überwinterungsgebiet in Bayern ist der Starnberger See, wie wir dargelegt haben, von besonderer Bedeutung. Wenn allerdings, wie wir 1989 beobachten konnten, schon im Januar und Februar Windsurfer oder Ruderer erhebliche Störungen verursachen, führt dies zu einer starken Beunruhigung, vielleicht sogar zur Abwanderung der Vögel. Der Starnberger See ist im Sommer aufgrund der enormen Belastung durch Erholungssuchende für Vögel wenig attraktiv. Daher müssen Maßnahmen dafür getroffen werden, daß er gerade im Winter seine Funktion als Rast- und Überwinterungsplatz trotz der auch zu dieser Jahreszeit zunehmenden Inanspruchnahme durch den Menschen behalten kann.

Zusammenfassung

1. Der Starnberger See speichert mehr Wärme als die anderen großen oberbayerischen Seen (Ammersee und Chiemsee).
2. Der Starnberger See weist im Winter höhere Sichttiefen auf (max. 13,5 m) als Ammersee und Chiemsee.
3. Echolotuntersuchungen zeigen eine deutlich unterschiedliche Vertikalverteilung der Fische in Sommer und Winter.
4. Die Fischverteilung zwingt die Taucher, im Winter tiefer zu tauchen als im Sommer, was durch die Sichttiefen begünstigt wird. Die Tauchzeiten sind deshalb länger als in der Literatur angegeben.
5. Seen mit hohen Sichttiefen werden zur Überwinterung bevorzugt.
6. Geeignete Überwinterungsgewässer sind durch Schutzmaßnahmen vor Wassersport im Winter zu bewahren.

Summary

1. There is a greater retention of heat in the Lake of Starnberg (Starnberger See) than in the other larger lakes of Southern Bavaria (Ammersee and Chiemsee)
2. The Lake of Starnberg displays a higher Secchi depth in winter (13.5 m maximum) than the other large prealpine Bavarian Lakes.
3. The vertical distribution of fish as shown by sonor surveys varies significantly between summer and winter.
4. Because of the vertical distribution of fish the divers are compelled to greater depths in winter as compared to summer. This is favoured by greater Secchi dephts in winter.

5. Lakes with greater Secchi depths are preferred for hibernation.
6. Lakes important for hibernation have to be protected against disturbances caused by water sports in winter.

Literatur

BAUER, K. & U. GLUTZ VON BLOTZHEIM (1966): Handbuch der Vögel Mitteleuropas Bd. 1, Frankfurt/M.

BAYERISCHES LANDESAMT FÜR WASSERWIRTSCHAFT (1982): Verzeichnis der Seen in Bayern. Teil 1, München.

BEZZEL, E. (1985): Eine Rastplatztradition des Rothalstauchers (*Podiceps grisegena*) in Südbayern. Die Vogelwelt 106: 202–211.

BOHL, E. (1979): Mechanismen der Nahrungsselektivität planktivorer Cypriniden. Dissertation Universität München.

EBER, G. & H. NIEMEYER (1982): Dokumentation der Schwimmvogelzählung in der Bundesrepublik Deutschland von 1966/67 bis 1975/76. Bonn.

ERIKSSON, M. (1985): Prey detectabiltity for fish-eating birds in relation to fish density and water transparency. Ornis Scandinavica 16: 1–7.

HOFER, J. (1969): Zur Tauchtiefe des Haubentauchers. Orn. Beob. 66: 1–6.

HÖHN, E. O. (1982): Die Seetaucher. Die Neue Brehm-Bücherei, A. Ziemsen, Wittenberg Lutherstadt.

JACOBY, H. & S. SCHUSTER (1972): Maße, Gewichte und Nahrung von im Dezember 1971 im Vorarlberger Rheindelta in Fischernetzen ertrunkenen Wasservögeln. Anz. orn. Ges. Bayern 11: 176–180.

KINNEAR, P. K. (1978): Diving times of Great Northern Divers on the sea. British Birds 71: 126–127.

KLEIN, M. (1987): Die Bedeutung von Besatzmaßnahmen zur Stabilisierung und Steigerung von Renkenerträgen im Starnberger See. Fischer und Teichwirt, Jahrgang 38: 370–374.

KOOYMAN, G. L. (1989): Diverse Divers. Springer, Berlin, Heidelberg, New York.

KOPF, W. (1983): Some aspects of the underwater lightclimate of a regulated river. Zeitschrift für Wasser- und Abwasserforschung 16: 168–172.

KOPF, W. PÖHLMANN, W. & K. REIMANN (1988): Grundlagen der Eutrophierung von Fließgewässern, dargestellt am Beispiel von Main und Regnitz, Teil I. Bayerische Landesanstalt für Wasserforschung, München.

LENHART, B. & C. STEINBERG (1982): Zur Limnologie des Starnberger Sees. Bayerisches Landesamt für Wasserwirtschaft, München.

LENHART, B. & C. STEINBERG (1987): Limnologische Studien am Ammersee 1984–1986. Bayerisches Landesamt für Wasserwirtschaft, München.

LEVINE, J. S. & MACNICHOL E. F. (1982): Das Farbensehen der Fische. Spektrum der Wissenschaft 4/82: 16–26.

LOHMANN, M. & K. HAARMANN (1989): Vogelparadies Bd. 2. Parey, Hamburg und Berlin.

MADSEN, F. J. (1957): On the food habits of some fish-eating birds in Denmark. Danish Rev. Game Biol. 3: 19–83.

ORN. ARB. GEM. BODENSEE (1983): Die Vögel des Bodenseegebietes. Konstanz.
SCHWOERBEL, J. (1980): Methoden der Hydrobiologie. UTB, Gustav Fischer, Stuttgart.
WOBUS, U. (1964): Der Rothalstaucher. Die Neue Brehm-Bücherei, A. Ziemsen, Wittenberg Lutherstadt.
WÜST, W. (1981): Avifauna Bavariae Bd. I. Altötting.

Anschriften der Verfasser:
Andreas Müller, Höllriegelskreuther Weg 18, 8021 Baierbrunn-Buchenhain
Andreas Lange, Konrad-Celtis-Straße 6, 8000 München 70
Franziska Pilstl, Lindenstraße 13 b, 8000 München 90

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: Ornithologischer Anzeiger

Jahr/Year: 1989

Band/Volume: 28_2-3

Autor(en)/Author(s): Müller Andreas, Lange Andreas, Pilstl Franziska

Artikel/Article: Der Starnberger See als Rast- und Überwinterungsgewässer für See- und Lappentaucher (Teil I) 85-115