

## DIE QUANTITATIVE BEDEUTUNG DER WASSERVÖGEL FÜR DAS ÖKOSYSTEM EINES INNSTAUSEES

J. REICHHOLF

### *Abstract*

The impoundments of the lower Inn river on the border of Lower Bavaria and Upper Austria belong to the most important wetlands in Central Europe. More than one fourth of the total of waterfowl and waders which are counted at the international wildfowl census in Bavaria or Austria may be found on these reservoirs, which are of comparable small size (some 10 km<sup>2</sup> each of the four reservoirs). Maximal concentrations may exceed 50 000 individuals of ducks, coots, gulls, and waders.

The ecological effects of these concentrations of birds were investigated during a three years period of study from 1971 to 1973. The available food resources for the water bird community were measured by means of quantitative sampling of the mud-dwelling fauna and the standing crop of submerged vascular plants. The seasonal distribution of the standing crop of biomass production usable for aquatic birds is shown in fig. 1. The total amount of biomass produced during the summer months exceeded 2,9·10<sup>6</sup> kg of mud-dwelling fauna and 0,6·10<sup>6</sup> kg of aquatic plants. These values indicate the highest level which is reached normally in August. The water bird community uses this amount during autumn with an efficiency of 15 to 90% of the available organic material from the first and the second trophic level. The difference is caused by the hunting pressure mainly. The protected regions of the reservoirs show the high percentages (90% or so) according to the concentration of ducks, coots, and swans in the undisturbed regions.

The two main food chains have considerable lag-phases in the seasonal pattern (fig. 2). Input of nutrients, production and consumption are well separated in the course of the year. Thus the high percentages of the consumption of the produced biomass are possible.

It may be concluded that the water bird community is of central importance for the biological energy flow in the ecosystem of the reservoirs of the lower Inn river.

### 1. Einleitung

Die Stauseen am unteren Inn sind herausragende Konzentrationspunkte für Wasservögel im nördlichen Alpenvorland (BEZZEL 1969). Rund ein Viertel aller anlässlich der Internationalen Wasservogelzählungen ermittelten Schwimmvögel bayerischer oder österreichischer Gewässer wird hier festgestellt. Pro Jahr kann mit einer Viertelmillion Wasservögel gerechnet werden, die sich mehr oder minder lange an den Innstauseen einfinden. Die Tageshöchstwerte betragen bis zu 50.000 Wasservögel aus den Gruppen der Enten, Taucher, Rallen und Laro-Limikolen.

Die Ursachen und Auswirkungen dieser Vogelkonzentrationen auf den verhältnismäßig kleinen Stauseen sind Gegenstand eines noch laufenden Forschungsprojektes, das von 1971 bis 1973 von der DFG und seither vom Bayerischen Staatsministerium für Landesentwicklung und Umweltfragen gefördert worden ist. Die Untersuchungen sind noch nicht abgeschlossen.

## 2. Untersuchungsgebiet, Material und Methoden

Die Stauseen befinden sich am unteren Inn im Bereich der Flußkilometer 20 bis 70 westlich von Passau an der oberösterreichisch-bayerischen Grenze. Sie sind etwa 10 km lange Stauhaltungen mit z.T. großflächigen Verlandungszonen und geringer Wassertiefe. Die Fläche der einzelnen Stauseen beträgt rund 10 km<sup>2</sup>.

Die Grundstruktur dieser Stauseen läßt sich in drei Abschnitte gliedern: den Hauptstau vor dem Kraftwerk, eine strukturarme, meist freie und von Dämmen gefaßte Wasserfläche; die Verlandungszone im mittleren Abschnitt mit ausgedehnten Inselgebieten, Flachwasserzonen und Seitenbuchten, die durch Leitdämme von der Hauptströmung abgegliedert sind; und die Stauwurzel, in der der Fluß in den Stauraum „eintaucht“ und ein Binnendelta bildet. Mit dieser Art der ökologischen Strukturierung der Stauräume ist eine teilweise bis weitgehende Regeneration des Flusses verbunden. Der ursprünglich kanalisierte, abfluß beschleunigte und abgesenkte Inn konnte innerhalb der Stauräume durch die Verlandungsprozesse ein neues hydrodynamisches und ökologisches Gleichgewicht zwischen Verlandung und Erosion ausbilden, das dem ursprünglichen Zustand vor der großen Regulierung weitgehend wieder entsprechen dürfte. Die Innstauseen sind daher durch eine Vielfalt an Wasser-Land-Interaktionen ausgezeichnet, wie sie (in noch höherem Maße) nur noch den völlig unregulierten Flüssen zu eigen ist.

An den beiden ältesten Stauseen, den Stufen Eggfling-Obernberg und Ering-Frauenstein, die 1942/43 eingestaut worden sind, wurden vom Verfasser und Mitarbeitern seit 1960 Verteilung und Häufigkeit der Wasservögel durch möglichst genaue Zählungen registriert. Dabei werden von bestimmten Zählpunkten aus die Wasserflächen mit Hilfe leistungsstarker Fernrohre systematisch durchgezählt. Die Fehlerquellen bei dieser Zählmethodik dürften, mit kleineren Unterschieden bei den verschiedenen Arten, im Bereich von < 10% liegen (SCHUSTER 1975).

Die Nahrungsbasis der Wasservögel wurde vom Verfasser in den Jahren 1971 bis 1973 mittels quantitativer Probeaufnahmen parallel zu den Zählungen verfolgt. Zur Ermittlung des Siedlungsdichte der Schlammfauna stand ein Eckman'scher Bodengreifer zur Verfügung. Mit 10 bis 20 Probeentnahmen der obersten Schlammschichten (bis in ca 8 cm Tiefe greifend) pro Tiefenzone und Monat wurde das Nahrungsangebot untersucht. Mit einem Sieb von weniger als 1 mm Maschenweite wurden die Schlammproben durchgewaschen und die vorhandene Biomasse der Schlammfauna (Frischgewicht) bestimmt. Der Gesamtgehalt an organischem Material ergab sich aus Verbrennungsanalysen.

Entsprechend den Anpassungstypen der Wasservögel wurden die Tiefenzonen in folgende Bereiche aufgliedert:  $\pm 0$  cm bis 20 cm; bis 50 cm; bis 1 m und über 1 m Wassertiefe. Den Jahresgang der „Stehenden Ernte“, die mit dieser Methode ermittelt worden ist, zeigt die Abbildung 1.

Einfacher erwies sich die Erfassung der Wasserpflanzenbiomasse, da sich die Entwicklung submerser Flora praktisch auf die „Hagenauer Bucht“ und auf Niedrigwasserperioden beschränkt. Hier wurde im Zeitraum von April 1971 bis März 1974 die Entwicklung der Wasserpflanzenbestände quantitativ mit der Erntemethode bestimmt. Pro Monat wurden je 10 m<sup>2</sup> (in je 1 m<sup>2</sup> großen Teilflächen) in den beiden Tiefenzonen 0–0,5 m und > 0,5 m untersucht, abgeerntet und das Frischgewicht der Wasserpflanzen bestimmt. Daraus ließ sich anhand der Tiefenzonierung der Bucht die jeweilige „Stehende Ernte“ zum Ende der Vegetations-

periode bestimmen. Nicht erfaßt wurde in den Hauptstauräumen die Produktion des Algenaufwuchses auf dem Bodenschlamm. Abdriftende Algenplaggen und rasig ausgebildete Algen in Flachwasserzonen können jedoch eine wichtige Ausweichnahrung, z.B. für Schwäne und Bleßhühner darstellen (REICHHOLF 1973a).

Das beteiligte Artenspektrum ist selbst bei der Beschränkung auf die drei Hauptkomponenten Wasservogel, Schlammfauna und Wasserpflanzen sehr groß. Rund 100 Wasservogelarten kommen alljährlich an die Innstauseen. Doch die nachfolgend genannten 10 Arten stellen über 95% der gesamten Wasservogel-Biomasse im Jahreslauf. Es handelt sich um:

Stockente (*Anas platyrhynchos*), Krickente (*Anas crecca*), Schnatterente (*Anas strepera*), Reiherente (*Aythya fuligula*), Tafelente (*Aythya ferina*), Schellente (*Bucephala clangula*), Höckerschwan (*Cygnus olor*), Bläähuhn (*Fulica atra*), Kiebitz (*Vanellus vanellus*) und Lachmöwe (*Larus ridibundus*). Kiebitz und Lachmöwe ernähren sich allerdings nur zu einem sehr geringen Teil von der Eigenproduktion der Stauseen, so daß sie aus den nachfolgenden Erörterungen ausgeklammert bleiben können.

In der Schlammfauna dominieren – artmäßig nicht näher aufgeschlüsselt – Tubificiden- und Chironomidenlarven so sehr, daß die große Zahl anderer Organismen quantitativ keine Rolle spielt. Nur ganz lokal können Köcherfliegenlarven oder Erbsenmuscheln (Pisidien) für einige Spezialisten eine gewisse Bedeutung erlangen.

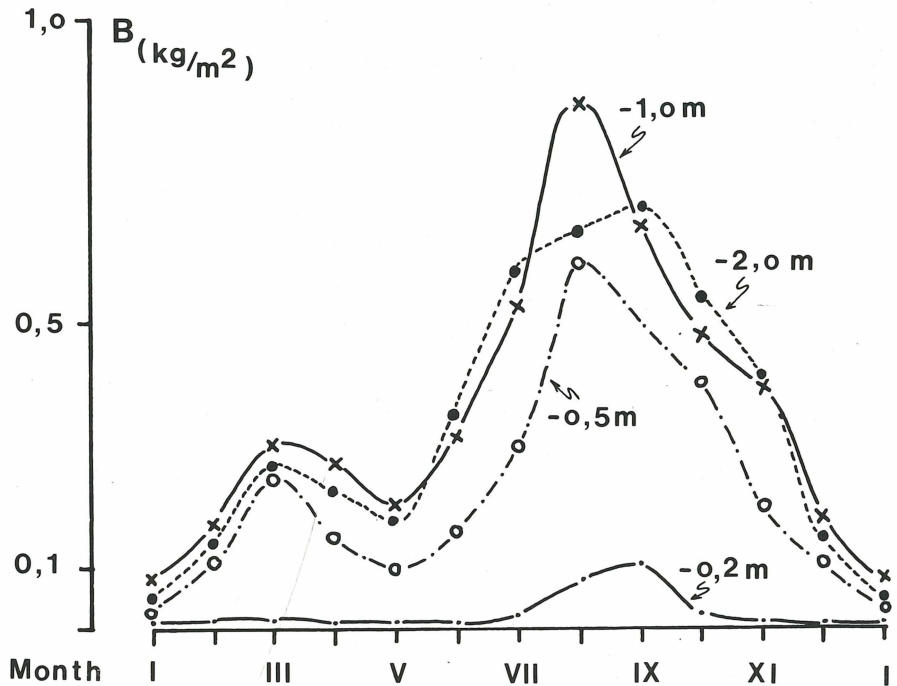


Abb. 1. Jahresgang der „Stehenden Ernte“ der Schlammfauna-Biomasse (B) in den verschiedenen Tiefenzonen des Innstausees Egglfing-Oberberg für die Niedrigwasserjahre 1971 bis 1973 (Monatsmittel).

Die submerse Flora der „Hagenauer Bucht“ ist hauptsächlich aus folgenden Arten zusammengesetzt: *Potamogeton perfoliatus*, *P. crispus*, *P. pectinatus*, *Myriophyllum spicatum*, *Elodea canadensis* und *Characeen*. Ihre Entwicklung ist in starkem Maße vom Eindringen des durch extrem hohe Schwebstofffracht stark getrübbten Innwassers in die Bucht abhängig. In Jahren mit Frühjahrshochwässern (von mehr als 1000 m<sup>3</sup>/sec) entwickelt sich praktisch keine submerse Flora, da die Sichttiefe (als Maß für die Lichtdurchlässigkeit) beim Eindringen der „Gletschermilch“ auf wenige cm absinkt.

Für den Nahrungsverbrauch schließlich wurde bei den einzelnen Wasservogelarten nach Angaben aus der Literatur ein täglicher Bedarf von 20% des Körpergewichtes bei animalischer Ernährung kalkuliert und für die Hauptpflanzenfresser Bläßhuhn (0,5 kg/Tag) und Höckerschwan (3 kg/Tag) an Verbrauch angenommen (REICHHOLF 1973a).

### 3. Ergebnisse

#### 3.1. Jahresdynamik des Nahrungsangebotes

Die Abb. 1 zeigt den Jahrgang der „Stehenden Ernte“ des Nahrungsangebotes, das von der Schlammfauna repräsentiert wird. Für die Gesamtfläche des Eggfingertausees ließ sich ein Wert von durchschnittlich 2 920 Tonnen pro Jahr auf 7 km<sup>2</sup> kalkulieren. Die unterschiedliche Dichte der Schlammfauna in den verschiedenen Tiefenzonen ist darin berücksichtigt. In der Niedrigwasserperiode von 1971 bis 1973 schwankte der Wert mit 3200 bis 2700 t recht wenig, doch ändert sich dies stark unter dem Einfluß von Hochwässern, die hier jedoch nicht berücksichtigt werden können.

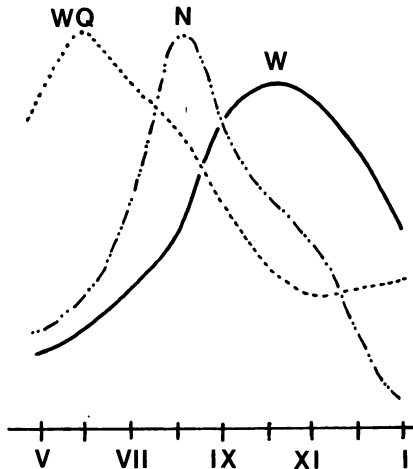


Abb. 2. Zeitliche Abfolge von Wasserführung (WQ), Nahrungsangebot (N) und Menge der nahrungssuchenden Wasservögel (W) in den Monaten Mai (V) bis Januar (I) am Innstausee Eggfing-Obernberg. Es ergibt sich daraus die Zeitstruktur der Nutzungsfolge in den Nahrungsketten (vgl. REICHHOLF 1973c).

Im Gegensatz zur Schlammfauna, die praktisch ganzjährig, allerdings mit stark unterschiedlicher Biomasse, vorhanden ist, besteht bei der submersen Flora nur ein saisonelles Angebot, das seinen Gipfel mit 600–800 Tonnen zum Ende der Vegetationsperiode im August/September erreicht. Die Wasserpflanzen wachsen in der Bucht von Mai bis August auf. Im Winter und Frühjahr ist die Bucht pflanzenleer. Die Regeneration der Bestände erfolgt über Samen bzw. Winterknospen, die im April/Mai auskeimen.

In der Gesamtproduktion an Biomasse führt die Überlagerung der pflanzenlichen und der Schlammfauna-Produktion zu einem charakteristischen Jahresgang mit einem ausgeprägten Maximum im August. Die Kurve (Abb. 2) folgt dabei mit zeitlicher Verzögerung um rund 2 Monate der Kurve der Wasserführung, die im Frühsommer in der Regel das Maximum erreicht. Die Wasserführung bedingt die Einschwemmung sowohl der anorganischen Nährstoffe für die Wasserpflanzen, als auch des organischen Detritus, der Nahrungsgrundlage für die Schlammfauna.

### 3.2. Jahresdynamik der Wasservögel

Die Kurve der Wasservogel-Bestandsdynamik folgt nun der Kurve des Nahrungsangebotes ebenfalls mit Verzögerung. Sie erreicht erst im Oktober/November ihren Höchstwert (Abb. 3). Dabei ist es gleichgültig, ob die monatlichen Wasservogelzählungen der Internationalen Zählung oder die zusätzlich ermittelten Zwischenzählungen in kürzeren Zeitabständen herangezogen werden (WINKLER 1975).

Da die Wasservögel die Konsumenten der Schlammfauna bzw. der Wasserpflanzen darstellen, ist die Kurve der Wasservögel gleichzeitig als Nutzungskurve analog den trophischen Beziehungen zwischen Schlammfauna und Wasserführung (als Maß für die Zufuhr der organischen Substanzen). Die drei Kurven zeigen daher das zeitliche Muster der Abfolge der biologischen Energie-Umsetzungen in den beiden wichtigsten Nahrungsketten:

Wasserführung – anorganische Nährstoffe – Wasserpflanzen – Wasservögel und  
Wasserführung – organischer Detritus – Schlammfauna – Wasservögel (REICHHOLF 1973c).

Bezogen auf die Menge der genutzten Biomasse ergeben sich aber recht unterschiedliche Werte, die im Zusammenhang mit äußeren Störeinflüssen interpretiert worden sind (REICHHOLF 1973b). Hier sei nur festgehalten, daß die Wasservögel in der als Naturschutzgebiet nicht bejagten „Hagenauer Bucht“ die im Laufe des Sommers produzierte Wasserpflanzen-Biomasse in Herbst und Frühwinter praktisch vollständig abweiden. Bis auf etwa 10% Detritus, der während des Abweidens unvermeidlicherweise entsteht, wird die gesamte Biomasse von den Tausenden von Bläßhühnern und Hunderten von Enten und Schwänen verwertet. Die Aufteilung unter die wichtigsten Konsumenten ist bei REICHHOLF (1973a) in Prozent der produzierten Gesamtbiomasse, die 1971 ca 600.000 kg, 1972 ca 781.250 kg Wasserpflanzen-Frischgewicht betragen hatte, dargestellt. Die Bucht produzierte unter der Voraussetzung optimaler Lichtversorgung 0,95 bis 1,25 kg Wasserpflanzen pro m<sup>2</sup>. Die Werte erniedrigen sich drastisch bei mittleren Hochwässern (auf 1/10 bis 1/20). Bei starken Hochwässern, wie 1975 z.B., fällt die Produktion an Wasserpflanzen (von kleinen Beständen in strömungsgeschützten Kolken abgesehen) völlig aus.

Von den 3200 bzw 2700 Tonnen der Schlammfauna-Produktion von 1971 und 1972 am Eggflinger Stausee werden dagegen nur 10–15% von den Enten verwertet.

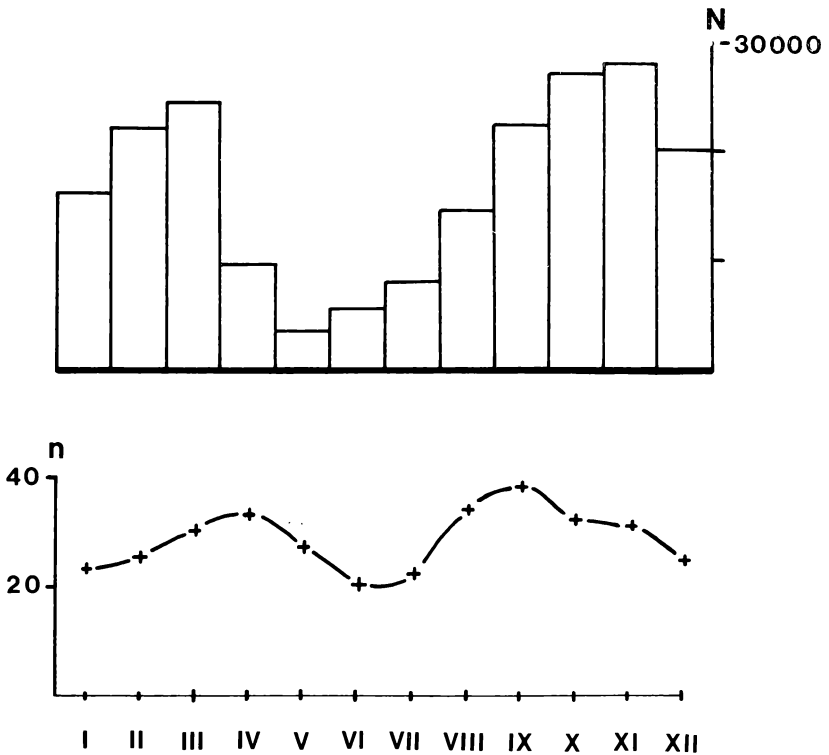


Abb. 3. Jahresgang von Individuenmenge (N) und Artenreichtum (n) der Wasservögel an den vier Stauseen am unteren Inn nach den Ergebnissen der Internationalen Wasservogelzählungen von 1968/69 bis 1974/75. (Abszisse = Monate).

Die Untersuchungen von WILLI (1970) am Klingenauer Stausee in der Schweiz und eigene Untersuchungen in den Flachwasserzonen von 0 bis 20 cm Tiefe, die besonders von den Krickenten genutzt werden (REICHHOLF 1974), zeigten jedoch, daß auch die Schlammfauna durchaus in hohem Maße von den Wasservögeln verwertet werden kann. Um störungsfreie Inseln im Eggfingert Stausee erreichte die Krickente Nutzungsgrade von bis zu 90% der „Stehenden Ernte“ der Schlammfauna (REICHHOLF 1.c.). Äußere Störungen, insbesondere durch die herbstliche Bejagung der Enten (Bläßhühner und Schwäne werden selten oder garnicht bejagt und können sich zudem zur Nahrungssuche in das Schutzgebiet mit Jagdruhe in der „Hagenauer Bucht“ zurückziehen!), sind für diese unterschiedlichen Nutzungsgrade verantwortlich (REICHHOLF 1973b).

#### 4. Diskussion

Bei diesen hohen Nutzungsgraden ist es klar, daß die Wasservögel wesentliche Elemente im Gefüge des Ökosystems der Innstauseen darstellen müssen. Sie greifen

quantitativ in bedeutsamen Maße in die Nahrungsketten ein und bestimmen dadurch nicht zuletzt Ausmaß und Geschwindigkeit des Energieflusses durch das Nahrungsnetz.

Es ist jedoch bisher der Anteil der Fische nicht diskutiert worden, die in einem Gewässer-Ökosystem in der Regel die mittleren und höheren trophischen Ebenen besetzt halten. Im Falle der Innstauseen ist festzustellen, daß gerade diejenigen Stauräume mit der größten Produktion an Schlammfauna (z.B. der Eggfänger Stau) außerordentlich geringe Fischproduktion zeigen. Dies äußert sich in augenfälliger Weise in der geringen Frequentierung durch Angler und im unverhältnismäßig geringen Anteil fischfressender Wasservogeltypen (Taucher, Kormorane, Reiher und Seeschwalben sowie von Sägern im Winter) im Artenspektrum (REICHHOLF, in Vorbereitung). Die Ursache für den geringen Fischbestand, der durch Einsetzungen immer wieder aufge bessert werden muß, liegt in der Abwasserbelastung (Wassergüte II–III) und der geringen Eigenstruktur der Hauptstauräume, die kaum Turbulenzen zulassen). Die ökologische Funktion der Fische als Konsumenten der Schlammfauna fällt daher weitgehend aus. Dies geht so weit, daß für Wasservögel nicht zugängliche, den Fischen aber frei zur Verfügung stehende Schlammzonen mit mittlerer Wassertiefe (um 0,7 m) keine meßbaren Unterschiede zeigen, wenn man mittels Drahtgitter den Fischen auch den Zugang verwehrt.

Die Wasservögel scheinen daher einen wesentlichen Teil der ursprünglich von den Fischen ausgeübten ökologischen Funktionen übernommen zu haben. Sie schließen durch ihre Freßtätigkeit das Pflanzenmaterial auf und führen es nach erfolgter Verdauung in einen Zustand über, der offensichtlich leichter und rascher abbaubar ist, als die absterbenden Wasserpflanzen selbst. Gerade die Wasserpflanzen, aber auch große Teile der Schlammfauna in den Flachwassergebieten, würden ohne die Verwertung durch die Wasservögel im Laufe des Winters absterben und Faulschlamm erzeugen. Die intensive Beweidung der organischen Produktion in diesen eutrophen Stauseen durch die Wasservögel ist damit ein wichtiger Faktor im Funktionsgefüge und nicht zuletzt auch ein Beitrag zur biologischen Verbesserung der Wasserqualität, zur Selbstreinigung (REICHHOLF 1973c). Menge und Artenspektrum der Wasservögel können sogar als Indikatoren für den ökologischen Zustand der Gewässer herangezogen werden (UTSCHICK 1976).

## LITERATUR

- BEZZEL, E. (1969): Die Bedeutung der Gewässer Bayerns als Durchzugs- und Rastbiotope für Schwimmvögel. *Anz. orn. Ges. Bayern* 8: 556–577.
- REICHHOLF, J. (1973a): Die Bestandsentwicklung des Höckerschwans (*Cygnus olor*) und seine Einordnung in das Ökosystem der Innstauseen. *Anz. orn. Ges. Bayern* 12: 15–46.
- REICHHOLF, J. (1973b): Begründung einer ökologischen Strategie der Jagd auf Enten (Anatidea). *Anz. orn. Ges. Bayern* 12: 237–247.
- REICHHOLF, J. (1973c): Wasservogelschutz auf ökologischer Grundlage. *Natur u. Landschaft* 48: 274–279.
- REICHHOLF, J. (1974): Der Einfluß des Nahrungsangebotes auf das Zugmuster der Krickente (*Anas crecca* L.). *Egretta* 17: 4–14.
- SCHUSTER, S. (1975): Fehlerquellen bei Wasservogelzählungen am Beispiel baden-württembergischer Gewässer. *Anz. orn. Ges. Bayern* 14: 79–86.
- UTSCHICK, H. (1976): Wasservögel als Indikatoren für den ökologischen Zustand der Gewässer. Diplomarbeit Univ. München.

- WILLI, F. (1970): Zugverhalten, Aktivität, Nahrung und Nahrungserwerb auf dem Klingenuer Stausee häufig auftretender Anatiden, insbesondere von Krickente, Tafelente und Reiherente. *Orn. Beob.* 67: 141–217.
- WINKLER, M. (1975): Untersuchungen zur Statistik und Dynamik von Ökosystemen. *Mitt. zool. Ges. Braunau* 2: 51–150.

Anschrift des Verfassers:

Dr. J. REICHHOLF, Zoologische Staatssammlung, D–8 München 19, Maria-Ward-Str. 1b.