

Störungen von Wasservögeln während der Schwingemauser und deren Bedeutung für die Qualität eines Mauserquartieres – ein Vergleich zweier Gebiete am Bodensee

Markus Döpfner & Hans-Günther Bauer

Zusammenfassung

In der vorliegenden Untersuchung wurden von Juni bis Mitte September 2007 Störungen von Wasservögeln in zwei Gebieten am Bodensee (Markelfinger Winkel und Radolfzeller Aachmündung) erfasst. Hinsichtlich der Anzahl festgestellter Störungen unterschieden sich die beiden Areale kaum; motorisierte Boote und Segelboote waren stets für die Mehrzahl der Störungen verantwortlich. Die häufigste Reaktion der Wasservögel war Wegschwimmen in sichere Bereiche, bei den heftigsten Störungen kam es auch zu panikartigen Fluchtversuchen der Vögel. In beiden Gebieten wurden von den Vögeln störungsberuhigte Bereiche bevorzugt; diese waren an der Radolfzeller Aachmündung vor allem innerhalb des Naturschutzgebietes gegeben (Störungen meist außerhalb oder in den Randzonen des Schutzgebietes). Im Markelfinger Winkel war die geschützte Zone jedoch zu klein um für große Mauseransammlungen geeignet zu sein; die Störungen betrafen dort auch einen Großteil des Gesamtbestandes der anwesenden Wasservögel. Die höchste Störwirkung zeigten Faktoren, welche die Vögel in den offenbar als sicher angesehenen Bereichen störten; dies waren z.B. ein Zeppelin, kleine Passagierflugzeuge sowie Ruder- und Fischerboote. Insgesamt ist die Radolfzeller Aachmündung als Mauserquartier gut geeignet, wenn die Störereignisse bei Einhalten der Schutzgebietsgrenzen minimal bleiben. Der Markelfinger Winkel hat zwar das Potenzial, für Mauservögel attraktiver zu werden, doch müssen dazu weitere Bereiche von menschlicher Nutzung befreit werden und die vorhandenen Ruhezone strenger geschützt werden.

Disturbances of waterbirds during wing-feather moult and consequences for the quality of moulting sites – a comparison of two areas at Lake Constance

This paper presents results from a study of the factors causing disturbance in wing-moulting waterbirds at two sites of western Lake Constance during the moulting period from June to September 2007. The two areas, Markelfinger Winkel (MW) and Radolfzeller Aachmündung (RA) did not differ markedly in the number of observed disturbances; at both sites motor boats and sailing yachts were the main factors causing behavioural changes in moulting waterbirds. Waterbirds reacted to disturbances most often by swimming a small distance away from the

intruding object. In severe cases, however, they attempted to escape in panic. The birds preferred the little-disturbed parts at both study areas. At RA the least disturbance was found within the limits of the nature reserve, where many moulting birds gathered. At MW a similarly protected area was too small to hold a large number of waterbirds, and a larger proportion of birds were disturbed at any given incident, making this area much less suitable for wing-feather moult.

The factors causing greatest behavioural changes were usually associated with disturbances in protected areas or with unexpected situations. The highest "disturbance score" was caused by zeppelins, low-flying aircrafts, and by rowing boats and fishermen's boats entering the retreats. Area RA is regarded as well suited for wing-moulting waterbirds provided the disturbances can be minimized in the protected areas. On the other hand, area MW can only fulfil its potential for wing-moulting birds if human disturbance can be considerably reduced, the protected areas extended and intrusions strictly prohibited.

1 Einleitung

Die Schwingenmauser stellt für Wasservögel eine bedeutende Phase im Jahreszyklus dar. Durch den synchronen Abwurf der Schwungfedern werden in Mitteleuropa alle See- und Lappentaucher, Schwäne, Gänse, Entenvögel, Rallen und Alken für mehrere Wochen vollständig flugunfähig (Stresemann & Stresemann 1966). Als Konsequenz der verringerten Mobilität während der Schwingenmauser sind Wasservögel in dieser Zeit auf Gebiete mit ausreichender Nahrungsverfügbarkeit angewiesen; weiterhin ist es von Bedeutung, dass diese Gebiete vor Störungen geschützt sind, da die Vögel einen erhöhten Energieaufwand vermeiden müssen und nur gut geeignete, störungsarme Mauserflächen auch in den Folgejahren wieder aufsuchen (von Krosigk & Köhler 2000). Durch den Abbau von Proteinen und Körperfett reduzieren Wasservögel ihr Gewicht, was einerseits hilft, die Flächenbelastung der Flügel zu verringern, um damit ein schnelleres Wiedererlangen der Flugfähigkeit zu gewährleisten, und andererseits auch das Aufsuchen von nahrungsrärmeren, dafür jedoch prädatiungsgeschützten Mausergebieten ermöglichen könnte (Pehrsson 1987). Bedingt durch die Flugunfähigkeit reagieren die Vögel sensibler auf Störfaktoren und die Fluchtdistanzen vergrößern sich erheblich (Werner 2006); am Bodensee können sie bis zu 1000 m betragen (Gädtgens & Frenzel 1997). Problematisch ist die Tatsache, dass der Zeitpunkt der Flugunfähigkeit mit dem Höhepunkt der Tourismussaison an vielen Seen zusammenfällt und eine intensive Freizeitnutzung der Gewässer stattfindet; vor allem außerhalb entsprechend geschützter Gebiete besteht deshalb ein großes Potenzial anthropogener Störungen. Deren Auswirkungen sind unterschiedlich und können sich z.B. in einem veränderten Aktivitätsrhythmus der Vögel äußern, wie die störungsinduzierte Nachtaktivität von Schnatterenten (*Anas strepera*) im Ermatinger Becken am Bodensee zeigte (Gädtgens & Frenzel 1997). Diese Beispiel illustriert, dass sich menschliche Störungen vor allem auf die Nutzung wichtiger Ressourcen negativ auswirken (Gill 2007). Jede Störung muss als Stressfaktor für die Vögel angesehen werden und ist prinzipiell mit einem Energieverlust durch Flucht bzw. durch verringerte Zeit für die Nahrungsaufnahme verbunden (Bauer et al. 1992; Ringelmann 1990). Aufgrund der größeren Sensibilität und Prädatiungsanfälligkeit flugunfähiger Wasservögel ist die Mauserperiode eine Phase erhöhter Mortalität, die unter günstigen Nahrungs- und Ruhebedingungen ablaufen muss (Werner 2006). Zwar sind nicht alle Faktoren bekannt, die bestimmte Gewässer oder Bereiche eines Sees für die Großgefiedermauser geeignet machen. Doch zeichnen sich geeignete Mauserquartiere, die von Wasservögeln zum Teil auch aus großen

Entfernungen angefliegen werden, generell durch reiche Nahrungsquellen sowie Sicherheit vor Prädatoren und Störungen aus (Ringelmann 1990).

In dieser Arbeit wurden Störungen während der Schwingenmauserzeit in zwei Gebieten mit unterschiedlich hohem (anthropogenen) Störungspotential protokolliert. Hierzu wurden im Markelfinger Winkel und an der Radolfzeller Aachmündung (beide im Westteil des Bodensee-Untersees) vom 01.06.07 bis zum 13.09.07 die Verteilung der Wasservögel, die Anzahl und Intensität von Störungen sowie die Reaktion der Vögel untersucht.

2 Material und Methoden

2.1 Definitionen

In Hinblick auf mausernde Wasservögel werden folgende Definitionen vorgeschlagen.

Störfaktor: Jeder externe Einfluss, der bei mausernden Wasservögeln Störungen auslösen und dadurch potenziell seine Fitness verringern kann (Stock et al. 1994). Generell „entscheidet“ das Individuum, wann ein Faktor eine Störung auslöst. Um Reaktionsstärken der Tiere (Störungsintensitäten) auf verschiedene Einwirkungen vergleichen zu können, wurden auch natürliche Einflüsse (z.B. Großmöwen, Rabenvögel) als Störfaktoren gewertet, obwohl die Vögel Einflüsse natürlicher Faktoren gemeinhin kompensieren sollten.

Störeignis: Das Auftreten eines Störfaktors in der Nähe mausernder Wasservögel, das eine sichtbare Reaktion der Vögel (d.h. eine „Störung“), z.B. durch Ausweichen oder Flucht, bewirkt.

Störwirkung: Das Ausmaß der Verhaltensänderung der beobachteten Wasservögel, die durch den Störfaktor ausgelöst wurde. Hierbei wurden mehrere Bezugswerte berücksichtigt, z.B. auf welche Entfernung der Faktor eine Störung auslöst (< 200 m, 200 – 500 m, > 500 m) und wie viele Wasservögel in welcher Intensität reagieren.

2.2 Methodik und Protokollierung

Die Störungen wurden sowohl im Markelfinger Winkel als auch an der Radolfzeller Aachmündung auf gleiche Weise aufgenommen.

Die einzusehenden und bezüglich Störungen kontrollierten Areale entsprachen in etwa den Zählstrecken 92 (Markelfinger Winkel) bzw. 86 (Radolfzeller Aachmündung), wie sie für die jährliche Wasservogelzählung am See definiert sind (Stark et al. 1998/1999). Störungen wurden über den Tag verteilt jeweils über einen Zeitraum von einer Stunde registriert. Vor Beginn wurden vor Ort die Windstärke von 0 bis 12 anhand der Beaufort-Skala (Lenz 1980) ermittelt sowie die Sichtweite (über 1 km, unter 1 km, unter 300 m, unter 100 m) und die Wellenstärke (keine, schwach, stärker, Schaumkronen) notiert. Daneben wurde der Pegelstand des Sees in Radolfzell zum jeweiligen Untersuchungszeitpunkt nach Internetinformationen der Hochwasser-Vorhersage-Zentrale Baden-Württembergs (<http://www.hvz.baden-wuerttemberg.de>) festgehalten. Vor Beobachtungsbeginn erfolgten Zählungen des Gesamtbestandes der Wasservögel und der Anzahl der häufigsten Arten; die Verteilung der Vögel wurde auf einer Karte des jeweiligen Seeabschnittes aufgezeichnet. Während der einstündigen Beobachtungszeit wurden alle Störungen der Wasservögel mit Uhrzeit notiert. Hierbei wurde jede Verhalten-

sänderung der Vögel, die mit dem Auftreten eines Störfaktors in Zusammenhang gebracht werden konnte, als Störung gewertet. Als Störfaktoren wurden unterschieden:

An	= Angler	Pf	= Passagierflugzeuge
Ba	= Ballon	PmH	= Person mit Hund
Bb	= Behördenboot inkl. Passagierboot (mittelgroß, geschlossen)	Ra	= Rabenvögel
Fb	= Fischerboot (motorisiert, ± offen, mit Berufsfischern besetzt)	Rb	= Ruderboot
FgaW	= Fußgänger außerhalb des Weges	Sb	= Segelboot
FgW	= Fußgänger auf dem Weg	Sf	= Segelflieger
Fu	= Fuchs	Sp	= Sportler (Jogger, Radfahrer etc.)
Gm	= Großmöwen	SS	= Sonstige Säugetiere
Gr	= Greifvögel	Su	= Surfer
Hd	= Hund	Sw	= Schwimmer
Hu	= Hubschrauber	SV	= Sonstige Vögel (außer Artgenossen)
Ja	= Jagdausübende	Ta	= Taucher
Ka	= Kanu/Kajak	Tb	= Tretboot
Ke	= Katze	Ul	= Ultraleichtflugzeug
Mb	= Motorboot (± geschlossen)	US	= Unbekannter Störfaktor
		Ze	= Zeppelin
		Zu	= Zug (nur Markelfinger Winkel)

Neben der Art des Störfaktors wurden auch dessen geschätzte Entfernung zu den reagierenden Wasservögeln, die Herkunft (anhand der Himmelsrichtung) und die Störungsintensität festgehalten; der Bereich, in dem die Störung erfolgte, wurde auf der Karte markiert. Zur besseren Abschätzung der Distanzen dienten Gebietskarten, in denen Entfernungen zwischen mehreren Fixpunkten eingetragen waren. Die Störungsintensität einer einzelnen Störung wurde nach der Verhaltensänderung der Mehrzahl der auf den Störfaktor reagierenden Wasservögel bewertet, aber auch für einzelne Arten getrennt notiert. Die Einteilung erfolgte in vier Kategorien:

- I = Aufmerken (Unterbrechen der bisherigen Tätigkeit und Mustern der Umgebung)
- II = Wegschwimmen/Wegtauchen; Ortswechsel < 50 m
- III = Wassertreten/(versuchtes) Auffliegen; Ortswechsel < 50 m
- IV = Ortswechsel > 50 m (z.T. Verlassen des Untersuchungsgebietes)

Zur Beurteilung der Intensität des Bootsbetriebes wurden ab der vierten Pentade alle in den Untersuchungsgebieten zu Beginn der Störungsuntersuchungen ankernden und während den Untersuchungen fahrenden Boote gezählt, wobei für letztere aufgrund der Größe der Areale nur Mindestanzahlen ermittelt werden konnten.

Insgesamt wurden vom 01.06.07 bis zum 13.09.07 im Markelfinger Winkel an 24 Tagen und an der Radolfzeller Aachmündung an 26 Tagen Störungen protokolliert, wobei maximal drei Untersuchungen pro Tag und Ort mit höchstens einer Untersuchung pro Zeitkategorie stattfanden. In beiden Gebieten entfielen auf jede der drei Zeitkategorien 14 Störungsuntersuchungen, die alle Zeiten des Tages abdeckten; im Folgenden sind die Uhrzeiten, zu denen die Untersuchungen begannen (Dauer: 1 Stunde), und in Klammer die Anzahl, wie oft sie um diese Uhrzeit durchgeführt wurden, angegeben.

Markelfinger Winkel:

6.00 Uhr (3), 7.00 Uhr (4), 8.00 Uhr (3), 9.00 Uhr (4), 11.00 Uhr (3), 12.00 Uhr (3), 13.00 Uhr (3), 14.00 Uhr (4), 15.00 Uhr (1), 17.00 Uhr (3), 18.00 Uhr (4), 19.00 Uhr (4), 20.00 Uhr (3)

Radolfzeller Achmündung:

6.00 Uhr (3), 7.00 Uhr (4), 8.00 Uhr (4), 9.00 Uhr (3), 11.00 Uhr (3), 12.00 Uhr (2), 13.00 Uhr (4), 14.00 Uhr (2), 15.00 Uhr (3), 17.00 Uhr (4), 18.00 Uhr (4), 19.00 Uhr (3), 20.00 Uhr (3)

Zur Darstellung der Verteilung der Wasservögel und der Orte, wo Störungen auftraten, wurden die beiden Gebiete in je drei Zonen aufgeteilt. Im Markelfinger Winkel gliederten sich diese Zonen (I - III) wie folgt (Abb. 1):

Zone I umfasst den nordwestlichen Teil, in dem sich viele Wasservögel aufhielten, der aber (im Vergleich zu anderen, ebenfalls flachgründigen Bereichen des Markelfinger Winkels) seltener von Booten befahren wurde, und Zone II den südlichen Uferabschnitt entlang der Halbinsel Mettnau, der ebenfalls von Booten weniger besucht wurde und in dem vor allem gegen Ende des Untersuchungszeitraumes viele Wasservögel vorkamen. Alle anderen Bereiche (inkl. des Großteils der offenen Wasserfläche) entfallen auf Zone III, die damit die größte Fläche aufweist; sie wurde am stärksten von Booten befahren, die insbesondere den Hafen im Westen verließen oder ansteuerten, und war von Wasservögeln wenig frequentiert.

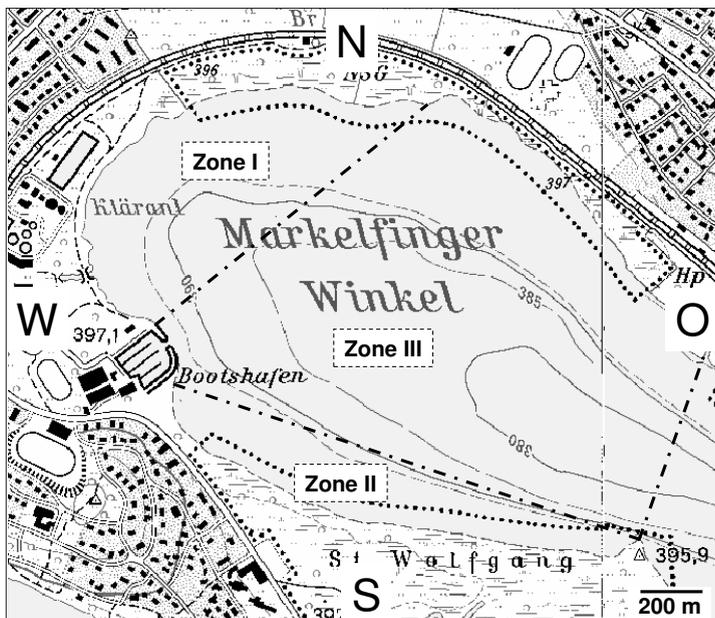


Abbildung 1. Gliederung des Untersuchungsgebietes im Markelfinger Winkel in drei Zonen (I - III); weitere Erläuterungen im Text. – *Division of study area Markelfinger Winkel into three zones (I, II, and III) with different accessibility and disturbance potential.* Quelle - source: Amtliche topographische Karten 1:25000; Landesvermessungsamt Baden-Württemberg (verändert).

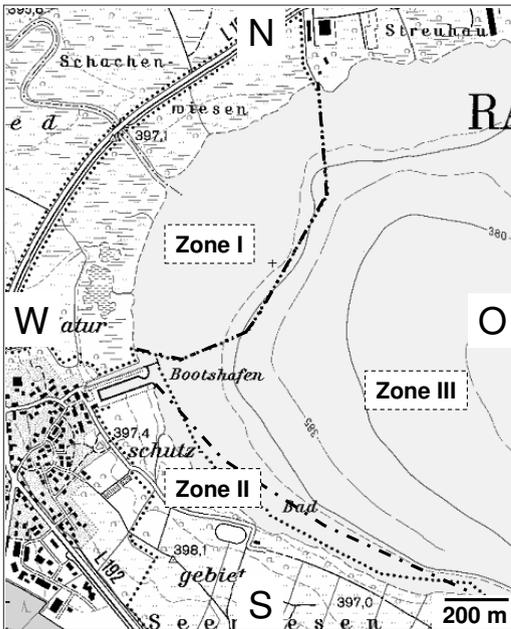


Abbildung 2. Gliederung des Untersuchungsgebietes an der Radolfzeller Aachmündung in drei Zonen (I - III); weitere Erläuterungen im Text. – *Division of study area Radolfzeller Aachmündung into three zones (I, II, and III) with different accessibility and disturbance potential.* Quelle - source: Amtliche topographische Karten 1:25000; Landesvermessungsamt Baden-Württemberg (verändert).

Die Zonierung an der Radolfzeller Aachmündung ist in Abbildung 2 dargestellt. Zone I umfasst den Kernbereich des Naturschutzgebietes um den Mündungsbereich der Radolfzeller Aach. Zone II beinhaltet die unmittelbar an den südlichen Uferabschnitt des Gebietes angrenzende Seefläche und besteht zum Großteil ebenfalls aus Schutzgebiet. Zone III stellt im Wesentlichen den Bereich des offenen Wassers außerhalb der Naturschutzgebiete dar.

Um die Bedeutung der Störfaktoren besser wiedergeben zu können und die Störungen richtig zu gewichten, wurde für jede Störung ein „Score“ durch Addition von vier Summanden berechnet: (1) der Störungsintensität als Maß der Reaktion auf die Störung, (2) der Zahl der gestörten Individuen der jeweiligen Art, (3) dem Anteil am Gesamtbestand der anwesenden Wasservögel, und (4) der Distanz der betroffenen Wasservögel zum Störfaktor. Alle Scorewerte lagen zwischen 0,2 und 2,6.

1.) Störungsintensität (I - IV) der reagierenden Art dividiert durch 5:

I	= 0,2
II	= 0,4
III	= 0,6
IV	= 0,8

2.) Anteil gestörter Individuen dieser Art:

< 5%:	+ 0,0
5% - 25%:	+ 0,3
> 25%:	+ 0,6

3.) Anteil gestörter Individuen dieser Art in Bezug auf den Bestand aller Wasservögel:

< 1%:	+ 0,0
1% - 10%:	+ 0,3
> 10%:	+ 0,6

4.) Distanz der betroffenen Wasservögel zum Störfaktor als dieser die Störung auslöste:

< 200 m:	+ 0,0
200 - 500 m:	+ 0,3
> 500 m:	+ 0,6

Wenn von einer Störung mehrere Arten betroffen waren oder Individuen einer Art unterschiedlich stark reagierten, wurden jeweils einzelne Scores berechnet und anschließend gemittelt, um den Score für diese Störung zu erhalten. Im Falle unbekannter Störfaktoren wurde hinsichtlich der Distanz zu den Wasservögeln eine mittlere Entfernung zum Störfaktor angenommen, d.h. stets 0,3 dazu addiert.

3 Ergebnisse

3.1 Störungen der Wasservögel

In beiden Gebieten konnte eine vergleichbar hohe Anzahl Störungen beobachtet werden (Abb. 3). Im Mittel traten $1,71 \pm 1,76$ Störungen pro Stunde im Markelfinger Winkel und $1,57 \pm 1,55$ Störungen pro Stunde an der Radolfzeller Achmündung auf.

Insgesamt wurden im Markelfinger Winkel 72 Störungen festgestellt, von denen 70,9% durch verschiedene Boote (44,5% durch motorisierte Boote/Segelboote und 26,4% durch Kanus, Kajaks und Ruderboote) und 12,5% durch motorisierte Flugobjekte verursacht worden sind. Störungen durch Vögel (6,9%), Züge (5,6%), Personen (2,8%) und unbekannte Störfaktoren (1,4%) machten zusammen 16,7% aller Störfaktoren aus.

Auch an der Radolfzeller Achmündung lösten motorisierte Boote/Segelboote mit 60,6% die meisten aller Störungen ($n = 66$) aus, gefolgt von motorisierten Flugobjekten mit 13,6%; zusammen waren diese Störfaktoren für 74,2% der festgestellten Störungen verantwortlich. Die anderen Störfaktoren verursachten jeweils weniger als 10% der Störungen (Vögel: 9,1%, Kanus, Kajaks, Ruderboote: 6,1%, Personen: 6,0% und unbekannte Störfaktoren: 4,5%).

Die Mehrzahl (41,7%) der im Markelfinger Winkel während des Untersuchungszeitraumes festgestellten Störungen hatte die Intensität II; diese wurden zumeist von Motorbooten, aber auch von Segel- und Ruderbooten ausgelöst. Störungen, die der Intensität I zugeordnet werden konnten, kamen mit 27,8% am zweithäufigsten vor und waren auf verschiedenste Faktoren zurückzuführen, vor allem auf Motor- und Ruderboote sowie Passagierflugzeuge (Kleinflugzeuge in einer Höhe von ca. 1 km bis 2 km). Der Anteil an Störungen der Intensität IV lag bei 16,7%, wobei in 1/3 der Fälle Ruderboote verantwortlich waren. Mit 13,9% machten Störungen der Intensität III den geringsten Anteil aus; sie wurden hauptsächlich durch Motor- und Segelboote verursacht.

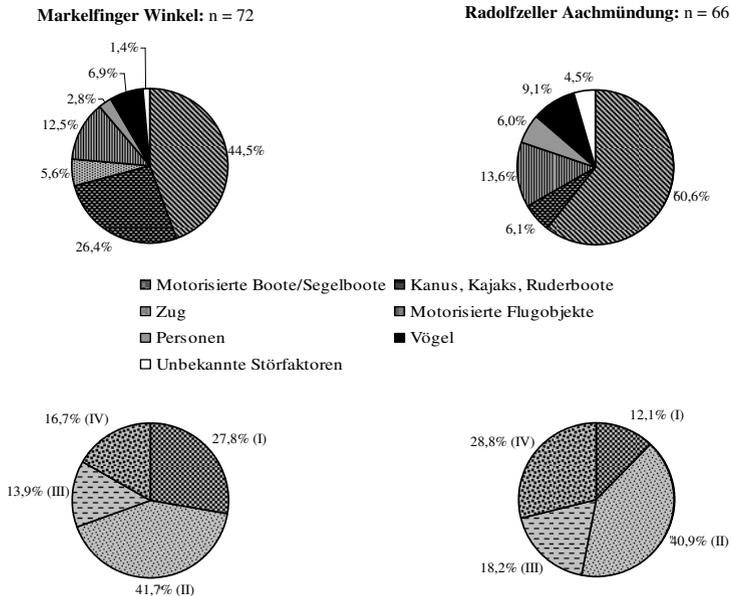


Abbildung 3. Prozentuale Aufteilung der Faktoren, die im Markelfinger Winkel und an der Radolfzeller Aachmündung im Zeitraum vom 01.06.07 bis zum 13.09.07 Störungen verursacht haben (obere Reihe mit Legende) und Aufteilung dieser Störungen (Anzahl n = 100%) nach der Störungsintensität von I - IV (untere Reihe). – *Relative abundance of various external factors leading to disturbances of wing-moulting waterbirds at study sites Markelfinger Winkel and Radolfzeller Aachmündung during the period June 1st to September 13th 2007 (upper graphs with legend), and allocation of these impacts to four disturbance categories [defined in text] (lower graphs).*

An der Radolfzeller Aachmündung wurden ebenfalls vorwiegend Störungen der Intensität II festgestellt (40,9%), mehrheitlich durch Motorboote bedingt. Störungen der Intensität IV traten mit einem Anteil von 28,8% auf. Verursacher waren unterschiedliche Störfaktoren, wobei hervorzuheben ist, dass alle unbekanntes Störfaktoren, beide Störungen durch den Zeppelin und die einzelne Störung durch eine Person mit Hund Störungen der höchsten Intensität darstellten. Die Störungsintensität III wurde bei 18,2% aller Störungen festgestellt, bei über der Hälfte davon waren Motor- und Segelboote die Auslöser. Am seltensten konnten Störungen der Intensität I registriert werden (12,1%); in diesen Fällen waren zumeist Passagierflugzeuge (Kleinflugzeuge in einer Höhe von ca. 1 km bis 2 km) die Störfaktoren.

Sowohl an der Radolfzeller Aachmündung als auch im Markelfinger Winkel wurden bei der Mehrzahl der Untersuchungen unter 5% des Gesamtbestandes gestört (Abb. 4). Im Markelfinger Winkel kamen häufiger Erfassungen vor, bei denen ein höherer Anteil des Gesamtbestandes von Störungen betroffen war als an der Radolfzeller Aachmündung, jedoch zeigten sich hinsichtlich der Aufteilung der 42 Untersuchungen in jedem Gebiet in solche, bei denen < 5% des Bestandes, 5% 10%, > 10% 20% und > 20% des Bestandes gestört wurden, keine signifikanten Differenzen ($\chi^2 = 2,02$; $df = 3$; n.s.). Bei Erfassungen an der Radolfzeller Aachmündung mit einem Anteil gestörter Wasservögel über 20% waren vor allem die zwei beobachteten Zeppelinüberflüge sowie ein Kajakfahrer und ein Fischerboot, die beide durch

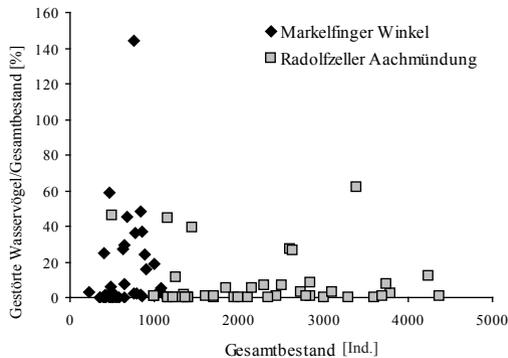


Abbildung 4. Auftragung des Wasservogelanteils am Gesamtbestand [in %], der innerhalb einer Stunde von Störungen betroffen war, gegen den Gesamtbestand [Ind.]. Jeder Datenpunkt resultiert aus einer einzelnen Störungsuntersuchung im Markelfinger Winkel bzw. an der Radolfzeller Aachmündung im Zeitraum vom 01.06.07 bis zum 13.09.07. Werte über 100% entstanden, wenn jeder Wasservogel im Mittel mehr als einmal pro Stunde gestört wurde. – *Percentage of individuals disturbed by external factors in relation to total number of waterbirds present at the two study sites Markelfinger Winkel and Radolfzeller Aachmündung during the period June 1st to September 13th 2007. Each data point represents a single observation period (1 h). Data points above 100% occur if each waterbird was disturbed more than once per hour, on average.*

das Naturschutzgebiet im Mündungsbereich führen, hauptverantwortlich für den hohen Anteil gestörter Vögel; diese Störfaktoren führten bei den jeweiligen Untersuchungen auch allein (d.h. ohne Berücksichtigung anderer Störungen) dazu, dass über 20% der anwesenden Wasservögel gestört wurden. Im Markelfinger Winkel traten in Untersuchungen, bei den über 20% des Gesamtbestandes gestört wurden, als Verursacher besonders Ruderboote hervor (mehrfach bereits auf über 200 m Entfernung), aber auch bei einer einzelnen Störung durch eine Großmöwe, einen Helikopter und einen sich auf unter 200 m an einen Wasservogeltrupp annähernden Kajakfahrer waren über 20% des Bestandes betroffen. Beachtenswert ist auch der Extremfall, bei dem innerhalb einer Stunde jeder Wasservogel im Mittel 1,44-mal gestört wurde.

3.2 Verteilung der Wasservögel

Im Markelfinger Winkel hielten sich im Juni und Juli die meisten Wasservögel in Zone I auf (80% - 85%), gefolgt von Zone II (ca. 10%) und Zone III (5% - 10%). Bevorzugte Aufenthaltsorte waren stets ufernahe Bereiche bis in etwa 100 m Entfernung vom Ufer; Hauben- und Schwarzhalstaucher (*Podiceps cristatus*, *P. nigricollis*) sowie teilweise kleinere Stockenttrupps (*Anas platyrhynchos*) kamen auch auf der offenen Wasserfläche vor. Im Laufe des Augusts konnten zunehmend mehr Wasservögel in Zone II und damit einhergehend prozentual weniger Vögel in Zone I beobachtet werden, während Zone III weiterhin kaum frequentiert war. In der letzten Augustdekade bis zum 13.09.07 waren in Zone II zeitweise vergleichbar viele oder mehr Wasservögel als in Zone I vorhanden. Der Gesamtbestand an Wasservögeln nahm während des Untersuchungszeitraumes von anfangs unter 500 Ind. auf über 1000 Ind. gegen Ende der Beobachtungen im September zu. Unter den Wasservögeln im Markelfinger Winkel dominierten im gesamten Zeitraum Blässhühner (*Fulica atra*), die meist etwa 60% bis über 80% des Gesamtbestandes ausmachten, gefolgt von Haubentauchern mit ca. 5% bis 10%.

Tabelle 1. Verteilung der insgesamt 72 Störungen, die im Zeitraum vom 01.06.07 bis zum 13.09.07 im Markelfinger Winkel beobachtet worden sind, auf die Zonen I - III, differenziert nach der Störungsintensität (I - IV). - *Distribution of all 72 disturbances observed from 1 June to 13 Sept. 2007 at study site Markelfinger Winkel with respect to intensity of reactions (categories I-IV) and zonation of study area (zones I, II, and III).*

Störungsintensität - disturbance intensity	I	II	III	IV	Σ
Zone I	13	9	1	10	33
Zone II	2	4	2	0	8
Zone III	5	17	7	2	31
Σ	20	30	10	12	72

Die Mehrzahl der insgesamt 72 Störungen, die innerhalb des Untersuchungszeitraumes im Markelfinger Winkel beobachtet wurden, traten in Zone I (n = 33) und Zone III (n = 31) auf (Tab. 1). In Zone I kamen am häufigsten Störungen der Intensität I vor (n = 13), aber auch Störungen der höchsten Intensität (IV) waren nicht unbedeutend (n = 10). Da sich gleichzeitig auch der Großteil des Wasservogelbestandes in Zone I aufhielt und die gesamte Wasserfläche bis in den hinteren Teil des Markelfinger Winkels befahren werden darf, wurde in einigen Fällen eine relativ große Anzahl an Wasservögeln gestört. Störungen in Zone III waren zumeist von der Intensität II (n = 17) und betrafen besonders Vögel im Bereich um die Hafeneinfahrt der Werft im Westen des Markelfinger Winkels. In Zone II wurden nur 8 Störungen festgestellt, von denen die Hälfte die Intensität II hatte. Auch hier traten die meisten Störungen im Zusammenhang mit in den Bootshafen ein- oder von dort auslaufenden Schiffen auf.

An der Radolfzeller Aachmündung hielt sich bei allen Störungsuntersuchungen die Mehrzahl der Wasservogel (80% - 90%) in Zone I auf. Während der meisten Zeit des Tages wurden Bereiche in meist unter 200 m Abstand vom Ufer, vor allem in direkter Umgebung der Mündung und südlich davon aufgesucht. Eine besonders ufernahe Konzentrierung war bei starkem Westwind sehr auffällig und ausgeprägt. Auf der offeneren Wasserfläche von Zone I in über 200 m Entfernung vom Ufer war in der Regel nur früh morgens und abends eine große Anzahl Wasservogel vorhanden, tagsüber hielten sich dort vorwiegend einzelne Haubentaucher und zum Teil Schwarzhalstaucher auf. Auf einer schilfumstandenen Teichfläche nordwestlich der Gemeinde Moos ruhten zeitweise mindestens 250 Reiherenten (*Aythya fuligula*). Während der abendlichen Zählungen nutzten die Wasservogel ein größeres Areal von Zone I und waren eher flächig verteilt; nahe der äußeren Naturschutzgebietsgrenze auf offenem Wasser waren jedoch kaum größere Trupps. In Zone II hielten sich deutlich weniger Vögel (ca. 10% - 15%) zumeist in dem Bereich zwischen dem Bootshafen der Gemeinde Moos und dem in Abbildung 2 vermerkten „Bad“ auf, wo sie auch das Festlandufer zum Ruhen aufsuchten. An den noch weiter südlich gelegenen Uferabschnitten waren nur vereinzelt Wasservogel zu finden. Mit Abstand am wenigsten Wasservogel (ca. 5%) waren in Zone III zu finden, obwohl diese die größte Fläche einnimmt. Auf der offenen Wasserfläche kamen vor allem Haubentaucher vor, während sich in den ufernahen Bereichen von Zone III einzelne Blässhuhntrupps, Stockenten und zeitweise Reiherenten aufhielten. Da sich der Gesamtbestand an Wasservögeln während des Untersuchungszeitraumes von unter 2000 Vögeln auf deutlich über 3000 erhöhte, konzentrierten sich vor allem in Zone I und II im Laufe der Zeit immer mehr Wasservogel. Die am

Tabelle 2. Verteilung der insgesamt 66 Störungen, die im Zeitraum vom 01.06.07 bis zum 13.09.07 an der Radolfzeller Aachmündung beobachtet worden sind, auf die Zonen I - III, in denen die Vögel gestört wurden, differenziert nach der Störungsintensität (I - IV). - *Distribution of all 66 disturbances observed from 1 June to 13 Sept. 2007 at study site Radolfzeller Aachmündung with respect to intensity of reactions (categories I-IV) and zonation of study area (zones I, II, and III).*

Störungsintensität - disturbance intensity	I	II	III	IV	Σ
Zone I	5	6	1	11	23
Zone II	2	1	2	0	5
Zone III	1	20	9	8	38
Σ	8	27	12	19	66

häufigsten vertretenen Arten als Prozent des Gesamtbestandes waren Blässhühner (etwa 40% - 60%), Schnatterenten (etwa 15% - 25%) und Reiherenten (meist etwa 10% - 15%, im September aber zum Teil über 40%).

Tabelle 2 zeigt, dass an der Radolfzeller Aachmündung die Mehrzahl der insgesamt 66 Störungen (n = 38) Wasservögel in Zone III betraf (häufig Vögel, die im Fahrkorridor zum Bootshafen der Gemeinde Moos schwammen), in der sich der geringste Anteil des Gesamtbestandes aufhielt. Störungen in Zone III hatten meist die Intensität II (n = 20), stärkere und schwächere Störungen traten seltener auf. In Zone I wurden Wasservögel insgesamt 23-mal gestört; davon waren fast die Hälfte (n = 11) Störungen der höchsten Intensität (IV). In vielen Fällen waren jedoch nur Vögel betroffen, die sich im Bereich der Naturschutzgebietsgrenze aufhielten, während der Großteil der Vögel im Kernbereich davon unberührt blieb. Am wenigsten Störungen (n = 5) wurden in Zone II beobachtet, vor allem im Bereich um die Einfahrt in den Bootshafen der Gemeinde Moos.

3.3 Die Wirkung der Störfaktoren

Zur Beschreibung der Störwirkung wurden in den Tabellen 3 und 4 der mittlere Score pro Störung für alle Störfaktoren dargestellt, die im Markelfinger Winkel und an der Radolfzeller Aachmündung Störungen verursachten.

Im Markelfinger Winkel erreichten Hubschrauber den höchsten mittleren Score pro Störung (1,60), gefolgt von Passagierflugzeugen (1,43) und Zügen (1,40). Störungen durch diese Faktoren bewirkten zwar vielfach nur Aufmerken, sie lösten aber einerseits bereits auf große bis sehr große (> 500 m) Entfernung Reaktionen aus. Zudem reagierten zum Teil sehr viele der anwesenden Wasservogelarten und bei offenbar besonders sensiblen Arten (z.B. Reiherente, Graugans [*Anser anser*]) war häufig ein großer Individuenanteil von der Störung betroffen. Gerade beim Faktor „Hubschrauber“ muss jedoch auch berücksichtigt werden, dass der mittlere Score pro Störung auf nur zwei Beobachtungen beruht. Unter den Booten erzielten Ruderboote mit 1,25 den höchsten mittleren Score pro Störung und waren für 15 von 72 Störungen verantwortlich. Demgegenüber war beispielsweise der mittlere Score pro Störung von Segelbooten mit 0,65 um 48,0% und der von Motorbooten mit 0,77 um 38,4% geringer. Fischerboote verursachten dreimal Störungen und hatten mit 1,03 ebenfalls einen vergleichsweise hohen mittleren Score pro Störung, da sie im Gegensatz zu den meisten anderen Booten auch weit in den hinteren Bereich des Markelfinger Winkels vordrangen, wo sich ein

Tabelle 3. Auflistung der im Markelfinger Winkel im Zeitraum vom 01.06.07 bis zum 13.09.07 festgestellten Störfaktoren, die Störungen ausgelöst haben. Diesen Störfaktoren ist jeweils die Anzahl verursachter Störungen, der insgesamt erreichte Score (Gesamtscore) und der mittlere Score pro Störung zugeordnet. - *List of external impacts affecting moulting waterbirds at study site Markelfinger Winkel during the period 1 June to 13 Sept. 2007. The four columns denote (from left to right): description of factor; number of observed disturbances; total "reaction score" (as defined in text); average "reaction score" per disturbance.*

Störfaktor - <i>Disturbance factor</i>	Anzahl Störungen - <i>N disturbances</i>	Gesamtscore - <i>total reaction score</i>	Score pro Störung - <i>average score per disturbance</i>
Fischerboote – <i>Fishing boats</i>	3	3,1	1,03
Motorboote – <i>Motor boats</i>	18	13,9	0,77
Segelboote – <i>Sailing boats</i>	11	7,2	0,65
Ruderboote – <i>Rowing boats</i>	15	18,7	1,25
Kanus/Kajaks – <i>Canoes/Kayaks</i>	4	3,9	0,98
Züge – <i>Trains</i>	4	5,6	1,40
Passagierflugzeuge – <i>Small planes</i>	7	10,0	1,43
Hubschrauber – <i>Helicopters</i>	2	3,2	1,60
Fußgänger außerhalb des Weges - <i>Pedestrians off the track</i>	2	1,1	0,55
Großmöwen – <i>Large gulls</i>	5	5,0	1,00
Unbekannte Störfaktoren - <i>Unknown factors</i>	1	1,2	1,20
Insgesamt – total	72	72,9	1,01

Größteil der Vögel aufhielt. Kanus/Kajaks lösten viermal Störungen aus. Der in diesen Fällen festgestellte mittlere Score pro Störung (0,98) war etwas niedriger als der von Ruderbooten. Die Störwirkung von Großmöwen, den einzigen „tierischen“ Verursachern von Störungen, lag mit einem mittleren Score pro Störung von 1,00 im gleichen Bereich.

An der Radolfzeller Aachmündung verursachten Motorboote einen Großteil der Störungen, deren mittlerer Score pro Störung war jedoch mit einem Wert von 0,75 geringer als der vieler anderer Störfaktoren. Besonders auffällig sticht der Zeppelin hervor, der zwar nur zweimal registriert wurde, in beiden Fällen jedoch starke Störungen verursachte und mit einem mittleren Score pro Störung von 2,10 die stärkste Störwirkung hatte. Ebenfalls einen recht hohen mittleren Score pro Störung erreichten unbekannte Störfaktoren (1,67), Fischerboote (1,10), Großmöwen (1,05) und Passagierflugzeuge (1,03), was sich aus der Tatsache erklärt, dass diese Störfaktoren auch innerhalb der Kernzone des Naturschutzgebietes im Bereich der Mündung der Radolfzeller Aach, wo sich der Großteil des Gesamtbestandes aufhielt, störend wirkten und somit eine größere Anzahl Wasservögel betroffen war. Einen mittleren Score über 1,0 erzielten zudem Personen mit Hund, die jedoch nur einmal festgestellt wurden, weshalb hier keine definitive Aussage über die Störwirkung möglich ist. Nach Fischerbooten hatten Kanus/Kajaks die höchste Störwirkung unter den Booten; mit einem mittleren Score von 0,90 war dieser 20% höher als der von Motorbooten (0,75) und 25% höher als der von Segelbooten (0,72).

Tabelle 4. Auflistung der an der Radolfzeller Aachmündung im Zeitraum vom 01.06.07 bis zum 13.09.07 festgestellten Störfaktoren, die Störungen ausgelöst haben. Diesen Störfaktoren ist jeweils die Anzahl verursachter Störungen, der insgesamt erreichte Score (Gesamtscore) und der mittlere Score pro Störung zugeordnet. - *List of external impacts affecting moulting waterbirds at study site Radolfzeller Aachmündung during the period 1 June to 13 Sept. 2007. The four columns denote (from left to right): description of factor; number of observed disturbances; total "reaction score" (as defined in text); average "reaction score" per disturbance.*

Störfaktor – <i>Disturbance factor</i>	Anzahl Störungen – <i>N disturbances</i>	Gesamtscore – <i>total reaction score</i>	Score pro Störung – <i>average score per disturbance</i>
Behördenboote – <i>Administrative boats</i>	1	0,7	0,70
Fischerboote – <i>Fishing boats</i>	5	5,5	1,10
Motorboote – <i>Motor boats</i>	25	18,7	0,75
Segelboote – <i>Sailing yachts</i>	9	6,5	0,72
Kanus/Kajaks – <i>Canoes/Kayaks</i>	4	3,6	0,90
Passagierflugzeuge – <i>Small planes</i>	7	7,2	1,03
Zeppelin - <i>Zeppelins</i>	2	4,2	2,10
Schwimmer - <i>Swimmers</i>	1	0,5	0,50
Fußgänger außerhalb des Weges – <i>Pedestrians off the track</i>	2	1,5	0,75
Personen mit Hund – <i>Persons with dog</i>	1	1,1	1,10
Großmöwen – <i>Large gulls</i>	4	4,2	1,05
Sonstige Vögel – <i>Other birds</i>	2	1,8	0,90
Unbekannte Störfaktoren – <i>Unknown factors</i>	3	5,0	1,67
Insgesamt - total	66	60,5	0,92

4 Diskussion

4.1 Die Störfaktoren und ihre Wirkung

Sowohl an der Radolfzeller Aachmündung als auch im Markelfinger Winkel wurde bezogen auf den gesamten Tag die Mehrzahl der Störungen durch motorisierte Boote/Segelboote verursacht. Störungen durch Boote kommen nicht nur in den Sommermonaten häufig vor, in denen Gewässer wie der Bodensee intensiver Freizeitzutzung unterliegen, sondern können das ganze Jahr über als wichtiger Auslöser von Störungen gelten; viele weitere Untersuchungen belegen Störungen von Wasservögeln durch Bootsbetrieb (z.B. Bauer et al. 1992, Bellebaum et al. 2003, Dietrich & Koepff 1986, Frenzel & Schneider 1987, Gädtgens & Frenzel 1997; Jacoby 1981, Koepff & Dietrich 1986, Putzer 1983, Reichholf 1975, Schneider-Jacoby et al. 1993, Schneider 1986, Tuite et al. 1983). Hinsichtlich der Störwirkung von Booten konnten in dieser Arbeit Unterschiede zwischen verschiedenen Bootstypen festgestellt werden. Die Wirkung von Behörden-, Motor- und Segelbooten, dargestellt als mittlerer Score pro Störung, lag in beiden

Untersuchungsgebieten zwischen 0,65 und 0,75 und war damit bedeutend geringer als die von Ruderbooten (im Markelfinger Winkel 1,25), Fischerbooten (im Markelfinger Winkel 1,03, an der Radolfzeller Aachmündung 1,10) und Kanus/Kajaks (im Markelfinger Winkel 0,98, an der Radolfzeller Aachmündung 0,90). Eine relativ hohe Störwirkung von Ruderbooten und Kanus/Kajaks konnte auch in anderen Studien nachgewiesen werden (z.B. Bauer et al. 1992, Bellebaum et al. 2003) und lässt sich dadurch erklären, dass es sich um offene Bootstypen handelt, in denen die Personen für Wasservögel sichtbar sind und zudem noch Paddel- bzw. Ruderbewegungen ausführen. Ein weiterer Grund lag darin, dass die im Markelfinger Winkel beobachteten Ruderboote zu einem großen Teil Sportrunderboote waren, die einerseits mit relativ hoher Geschwindigkeit fuhren und andererseits auch verhältnismäßig oft bis in den hinteren Teil des Areals fuhren, in dem sich ein Großteil des Wasservogelbestandes aufhielt. Störungen durch diese Art von Ruderbooten wurden bereits früher im Markelfinger Winkel beschrieben; so scheuchte ein Rennrunderboot am 5. Oktober 1990 fast alle Wasservögel (> 5000) auf, weil es erst 150 m vor dem Schilf wendete, um anschließend zurückzufahren (Schneider-Jacoby et al. 1993). Eine größere Zahl derartiger Ereignisse kann die Qualität des Gebietes als Rast- und Mauserplatz für Wasservögel erheblich mindern. So existiert bislang auf dem Bodensee kein großes Mauserquartier der auf dem freien Wasser mausernden Tafelente (*Aythya ferina*), was auf die auch in geschützten Bereichen stattfindenden Störungen durch Ruderboote und privilegierte Berufsfischer zurückgeführt wird (Schuster 2008).

Demgegenüber fuhren Motor- und Segelboote im Markelfinger Winkel hauptsächlich auf der offenen Wasserfläche oder steuerten den Bootshafen an bzw. verließen diesen und waren damit zumeist weit genug entfernt (> 400 m) von den größeren Wasservogeltrupps. Störungen betrafen daher in vielen Fällen nur kleinere Wasservogelgruppen, die sich in Hafennähe aufhielten. An der Radolfzeller Aachmündung war die Situation ähnlich; die meisten Motor- und Segelboote fuhren innerhalb des Fahrkorridors in den/aus dem Hafen der Gemeinde Moos, was den Großteil des Wasservogelbestandes, der sich in der Kernzone des Naturschutzgebietes aufhielt, nicht störte. Die dennoch häufigen Störungen durch Motor- und Segelboote erklären sich durch deren starke Präsenz, vor allem an Wochenenden, an denen während einzelner Untersuchungen bis zu 38 fahrende Boote pro Stunde gezählt wurden.

Neben der meist ausreichend hohen Distanz (> 300-400 m) zwischen Booten und größeren Wasservogeltrupps ist in diesem Zusammenhang auch ein Gewöhnungseffekt an regelmäßig oder oft auftretende Störfaktoren in Form verringerter Fluchtdistanz oder Ausbleiben von Ausweichreaktionen möglich (Bauer et al. 1992). Zwar konnten Bellebaum et al. (2003) bei überwinterten Gänsesägern (*Mergus merganser*) keine Gewöhnung feststellen, doch werden von diesen Autoren auch mehrere Gegenbeispiele zitiert. An der Radolfzeller Aachmündung, dessen Naturschutzgebiet in unmittelbarer Nähe des Hafens der Gemeinde Moos liegt, konnte am 24.08.07 ein Motorboot beobachtet werden, das sich dem Hafen näherte und dabei die Grenze des Naturschutzgebietes schnitt. Das hatte zur Folge, dass mindestens 50 Schnatterenten, die sich im Randbereich des Schutzgebietes aufhielten, wegflogen; andere Boote, die auf dem erlaubten Korridor fuhren, führten dagegen kaum zu Störungen von Vögeln im Naturschutzgebiet. Dieses Beispiel illustriert, dass sich Wasservögel innerhalb des Schutzgebietes offenbar sicher fühlten und Störfaktoren außerhalb tolerierten bzw. an diese gewöhnt waren. Bei flugfähigen Schnatterenten im Ermatinger Becken/Bodensee wurde zur Mauserzeit eine Fluchtdistanz zu Booten von ca. 300 m festgestellt (Gädtings & Frenzel 1997) – eine Entfernung, die sicherlich größer ist als die Distanz zwischen Wasservögeln in der Peripherie

des Schutzgebietes an der Radolfzeller Achmündung und Booten im Fahrkorridor zum Hafen der Gemeinde Moos. Damit weist auch die verringerte Fluchtdistanz der Wasservögel an der Radolfzeller Achmündung auf eine Gewöhnung an fahrende Boote hin.

Die höhere Störwirkung von Fischerbooten gegenüber Motor- und Segelbooten erklärt sich in erster Linie dadurch, dass diese häufiger auch in Bereiche vordrangen, in denen sich viele Wasservögel aufhielten. Auch das Auslegen und Einholen der Netze, d.h. generell das Bewegen einer offen sichtbaren Person, dürfte mit ein Grund für die starke Störwirkung sein. An der Radolfzeller Achmündung fuhren einzelne Fischerboote (mit Erlaubnis) in das Naturschutzgebiet im Mündungsbereich, und im Markelfinger Winkel wurden auch die hinteren ufernahen Bereiche befahren. Eine damit einhergehende stärkere Störung der Wasservögel im Gegensatz zu Booten, die auf der offenen Wasserfläche in größerer Entfernung verkehren, ist offensichtlich. Da die Netze vor allem in windgeschützten Flachwasserzonen mit Makrophytenbeständen und in Ufernähe aufgestellt werden, und damit in den auch von Wasservögeln bevorzugten Bereichen, müssen Fischerboote, die in ufernahe, von Freizeitsuchenden weniger frequentierte Zonen eindringen, als besonders störend angesehen werden. Zudem finden Einwirkungen auch häufig zu Zeiten statt, in denen Wasservögel besonders sensibel sind (vor allem morgens) bzw. sich in großen Zahlen auf der Wasserfläche aufhalten (vor allem abends). Hinzu kommt die im Vergleich zu vorbeifahrenden Freizeitbooten längere Verweildauer von Fischerbooten in den betroffenen Gebieten durch das Aufstellen, Kontrollieren und Ausräumen der Netze. Schneider-Jacoby et al. (1993) nennen ein Beispiel, in dem ein Berufsfischer alle Wasservögel zum Aufliegen und die Kolbenenten (*Netta rufina*) zum Verlassen des Gebietes veranlasste.

Neben Booten waren auch andere Störfaktoren von Bedeutung, die zwar weniger Störungen verursacht haben, deren Störwirkung aber recht hoch war. Passagierflugzeuge hatten einen mittleren Score pro Störung von 1,43 im Markelfinger Winkel bzw. 1,03 an der Radolfzeller Achmündung, für Hubschrauber und Züge lag der mittlere Score pro Störung bei 1,60 bzw. 1,40 (nur im Markelfinger Winkel). Die hohe Störwirkung erklärt sich aus der Tatsache, dass diese Faktoren nicht nur (wie z.B. Motor- oder Segelboote) lokal wirksam waren, sondern bereits auf große Entfernungen auf das ganze Gebiet einwirkten. In vielen Fällen reagierten die betroffenen Vögel zwar nur durch Aufmerken, aber durch die teils recht hohe Anzahl gestörter Vögel, besonders innerhalb einzelner Arten wie Reiherente oder Graugans, muss das Störungspotenzial als nicht unerheblich angesehen werden; Graugänse, die sich vorübergehend im Markelfinger Winkel aufhielten, flogen bei auftretenden Zügen und Passagierflugzeugen sogar auf. Vor allem für sensible Arten wäre bei regelmäßigem Auftreten derartiger Störereignisse die Nutzung solcher Gebiete als Mauseerplatz nicht oder nur eingeschränkt möglich. Dies ist umso bedeutender, da gerade auch unter den seltenen Arten störungsempfindliche vorkommen können, deren Verschwinden bei ausschließlicher Betrachtung des Wasservogelgesamtbestandes als Maß für die Qualität eines Mauseergebietes nicht auffällt. Intensive Störungen können vermutlich nicht nur während der Großgefiedermauser, sondern generell während der Mauser zur Aufgabe von Mauseerquartieren führen. So wird diskutiert, dass die Aufgabe des Mindelsees (auf dem Bodanrück, Landkreis Konstanz) als früher traditionell von Reiherenten zur Pränuptialmauser (d.h. zur Kleingefiedermauser vom Schlicht- ins Prachtkleid) aufgesuchter Platz in Zusammenhang mit einer mehrtägigen Suchaktion durch einen Polizeihubschrauber steht (S. Schuster, pers. Mitt.). Zwar müssen die Wasservögel ein gewisses Maß an externen Einflussfaktoren tolerieren können, dazu zählen besonders „fliegende“ Objekte wie Großmöwen, Greifvögel, Rabenvögel, die als Prädatoren oder Nahrungsparasiten in Betracht

kommen, und die hohen Wasservogelzahlen an der Radolfzeller Aachmündung scheinen dies zu bestätigen. Dennoch besteht offensichtlich eine Empfindlichkeit gegenüber technischen Flugobjekten wie Passagierflugzeuge und Hubschrauber, deren Gefahrenpotenzial für die Vögel offenbar schlecht einschätzbar ist (z.B. aufgrund von Größe, Geschwindigkeit, Lärm etc.) oder die beunruhigende Geräusche machen. In den vorliegenden Untersuchungen wurde Aufmerken als häufigste Reaktion auf motorisierte Flugobjekte festgestellt, wenn die Überflüge in ausreichender Entfernungen (> 1 km) stattfanden. Können Einwirkungen im Nahbereich vermieden werden, sollte der Großteil der Wasservögel von solchen Faktoren demzufolge nur wenig gestört werden.

Einen besonderen Status unter den motorisierten Flugobjekten hat offensichtlich der Zeppelin mit Flughöhen von ca. 300 m, der insgesamt unter allen Faktoren die höchste Störwirkung zeigte (mittlerer Score pro Störung: 2,10). Beide beobachteten Überflüge an der Radolfzeller Aachmündung führten zu Störungen der höchsten Intensität (IV). Entsprechend starke Reaktionen der Wasservögel zeitigten Zeppeline auch an der Unteren und Oberen Güll bei Konstanz, wo im Rahmen einer anderen Untersuchung allein im August 2007 mindestens sechs Überflüge beobachtet werden konnten. Artspezifische Unterschiede der Reaktionen wurden am 05.08.07 deutlich, als sich Reiher- und Kolbenenten, die morgens am Schilfrand ruhten, in den Schilfgürtel zurückzogen, einige Reiherenten aufflogen, sich Höckerschwäne (*Cygnus olor*) von der „Gefahrenzone“ wegbewegten, Blässhühner gerichtet zum Ufer schwammen und Haubentaucher aufmerkten. Es liegt nahe, dass ein überfliegender Zeppelin von allen Wasservögeln als Störung empfunden wird. Welche Eigenschaft des Zeppelins ihn für Wasservögel bedrohlich erscheinen lässt, ist jedoch unklar. Neben der Form und Größe des Flugkörpers könnte auch, bedingt durch die langsame Fluggeschwindigkeit, dessen lange „Verweildauer“ über einem Gebiet zur hohen Störwirkung beitragen, wahrscheinlich aber auch das Fluggeräusch. Ebenso ist noch unbekannt, weshalb sich Wasservögel bislang nicht an den Zeppelin gewöhnt haben, während im Gegensatz dazu Boote, die an Hafeneinfahrten verkehren, von den Vögeln zumeist als ungefährlich eingestuft werden. Vielleicht ist in diesem Zusammenhang von Bedeutung, dass der Zeppelin als Störfaktor erst in den letzten Jahren verstärkt in Erscheinung trat und das auch nur am Bodensee. Es ist davon auszugehen, dass die Mehrzahl der am Bodensee mausernden Wasservögel während des restlichen Jahres kaum mit einem Zeppelin „Erfahrung“ sammeln können. Zudem können zwischen den einzelnen Überflügen des Zeppelins etliche Stunden oder Tage vergehen, wohingegen bei den nachgewiesenen Gewöhnungseffekten, z.B. an Großflughäfen oder auch Hafeneinfahrten, die Störfaktoren in kürzeren Abständen oder ständig präsent sind, was eine Gewöhnung ermöglichen oder beschleunigen kann. Die vorliegenden Beobachtungen deuten aber darauf hin, dass Störungen durch den Zeppelin derart heftig sind, dass auch bei noch häufigeren Zeppelinflügen über Mauserplätzen kein Gewöhnungseffekt einsetzen wird, da Wasservögel das Gebiet vermutlich verlassen werden noch bevor eine Gewöhnung eintritt. Im Vorarlberger Rheindelta wurde eine neu entstandene Mausertradition von Kolbenenten sehr wahrscheinlich aufgrund der permanenten Störwirkung überfliegender Zeppeline inzwischen wieder aufgegeben (A. Schönenberger, pers. Mitt.).

Aufgrund dieser hohen Störwirkung des Zeppelins ist davon auszugehen, dass sich gerade auch regelmäßige Zeppelinflüge über einem Mausergebiet für Wasservogelbestände stark negativ auswirken. Aus Sicht des Naturschutzes ist ein Verbot von Zeppelinflügen im Umfeld wichtiger Mauserquartiere zu fordern, da häufige starke Störungen zur Aufgabe eines

Mauserquartiers führen können und daher nicht auf eine Gewöhnung der Wasservögel an den Zeppelin spekuliert werden darf.

Die im Vergleich zu Motor- und Segelbooten sehr hohe Störwirkung von Großmöwen (mittlerer Score pro Störung im Markelfinger Winkel 1,00, an der Radolfzeller Aachmündung 1,05) ist darauf zurückzuführen, dass diese bei ihren Rundflügen größere Flächen patrouillierten und dabei auch in unmittelbarer Nähe der Wasservögel auftauchten, bei denen sie Nahrung schmartzten und die sie zum Teil auch direkt angreifen und zu töten versuchen. In wieweit sich mausernde Wasservögel auf diesen „natürlichen“ Faktor einstellen können – Mittelmeermöwen (*Larus michahellis*), die Wasservögel attackieren, sind am Bodensee erst seit etwa zwei Jahrzehnten bekannt – bleibt unklar. Denkbar ist, dass Mausertraditionen sich auch aufgrund des hohen Störungspotenzials der Großmöwenangriffe verlagern könnten.

4.2 Verteilung und Aufenthalt der Wasservögel

Das Auftreten starker Störereignisse zwingt Wasservögel dazu, sich in geschützte Areale zurückzuziehen. Sowohl im Markelfinger Winkel als auch an der Radolfzeller Aachmündung zeigte sich während des gesamten Beobachtungszeitraumes eine auffällige Konzentration der Wasservögel in bestimmten Bereichen; im Markelfinger Winkel war dies im Juni und Juli die Zone I, später auch zunehmend Zone II (Abb. 1), an der Radolfzeller Aachmündung stets Zone I (Abb. 2). In den Zonen III hielten sich, obwohl sie flächenmäßig am größten sind, in beiden Gebieten am wenigsten Wasservögel auf, was vermutlich neben dem (vor allem an der Radolfzeller Aachmündung) ausgedehnten Freiwasser- und geringen Uferanteil auch durch das höhere Störungspotenzial zu erklären ist. Nahrungsökologische Gründe und das Vorhandensein eines schützenden Schilfgürtels (was vor allem beim Vorhandensein vieler Störfaktoren von Bedeutung ist) beeinflussen mit Sicherheit die Wahl des Aufenthaltsortes. Die Analyse der Beziehung zwischen Nahrungsressourcen, Wasservogelverteilung und menschlichen Aktivitäten erfordert einen nicht unerheblichen Aufwand (O'Connell et al. 2007). Dennoch erscheint es aufgrund der vorliegenden Ergebnisse wahrscheinlich, dass die festgestellte Verteilung der Wasservögel das Bedürfnis nach Störungsarmut widerspiegelt, denn viele der vom Nahrungsangebot her günstigen Regionen sind während der Mauserzeit störungsbedingt nicht nutzbar (Stark et al. 1999). Auch die Untersuchungen von Schneider-Jacoby et al. (1993) weisen darauf hin, dass großräumige Verlagerungen von Wasservögeln am Bodensee häufig störungs- und nicht nahrungsökologisch bedingt sind; die starke Zunahme der Mauserbestände in einigen Gebieten nach deren Unterschutzstellung, z.B. an der Radolfzeller Aachmündung seit 1996, bestätigt dies (Werner 2006). Qualitativ hochwertige Mauserplätze mit einer großen Wasservogeldichte entstanden jedoch nur in Gebieten, für die neben einem Betretungs- auch ein Befahrungsverbot gilt, was wesentlich zur Beruhigung der Gewässerflächen beiträgt und sie somit für Mauservögel besonders geeignet macht.

An der Radolfzeller Aachmündung sind insbesondere im Schutzgebiet um den Mündungsbereich (= Zone I) gute Voraussetzungen für mausernde Wasservögel gegeben (Abb. 2). Innerhalb dieses mit Bojen markierten Naturschutzgebietes können sich Wasservögel in Areale zurückziehen, in denen sie relativ selten Störungen ausgesetzt sind. Daher waren auch von den 23 Störungen, die an der Radolfzeller Aachmündung in Zone I registriert wurden, vielfach nur Vögel in den Randbereichen, d.h. in Nähe der Naturschutzgebietsgrenze, betroffen. In Zone III traten deutlich mehr Störungen auf (insgesamt 38) als in Zone I, obwohl sich hier nur wenige Wasservögel aufhielten. Der intensive Bootsbetrieb in Zone III verursacht eine stärkere Be-

unruhigung dieses Areals, und vermag auch die Konzentration der Wasservögel in Zone I zu erklären, die sich dorthin zurückziehen müssen. Der kleine Schilfgürtel, mehrere anthropogene Zugänge zum Wasser (darunter ein offizieller Badeplatz) sowie das Fehlen bojenmarkierter Schutzgebietsgrenzen sind vermutlich Grund für die geringere Präferenz von Zone II; es ist davon auszugehen, dass dort das Potential anthropogener Störungen höher ist als in Zone I. Die geringe Anzahl festgestellter Störungen in Zone II ist demnach kein Zeichen für ein besonders störungsarmes Gebiet, sondern vielmehr eine Folge der niedrigen Wasservogelbestände, die sich dort aufgrund der Beunruhigungen einstellen.

Durch die Kombination aus relativer Sicherheit vor Störungen in Zone I, einem möglichen Gewöhnungseffekt an häufige, als harmlos erkannte Störfaktoren (wie die in erkennbar festgelegten Sektoren verkehrenden Boote), dem Vorhandensein eines breiten Schilfgürtels als Zufluchtsort und einem offensichtlich guten Nahrungsangebot, kann die Qualität des Schutzgebietes um die Mündung der Radolfzeller Aach als hoch eingestuft werden. In diesem Zusammenhang lässt sich das Auftreten von insgesamt 11 Störungen der höchsten Intensität (IV) in Zone I, gegenüber 8 in der direkt angrenzenden Zone III, als eine mögliche Folge dieser Verhältnisse interpretieren. Wasservögel fühlen sich in Zone I sicher und sind es „gewohnt“ innerhalb des Schutzgebietes nicht gestört zu werden; wenn ein Störfaktor die Schutzgebietsgrenze verletzt, ist die Reaktion dafür umso heftiger. Umgekehrt traten in Zone III 20 Störungen der schwächeren Intensität II auf (in Zone I waren es 6), was darauf hinweisen könnte, dass Wasservögel außerhalb des als sicher angesehenen Bereichs eher auf Störungen „eingestellt“ sind und bei zusätzlicher Gewöhnung an dort öfter auftretende Störfaktoren auch häufig nur schwach reagieren. Als Konsequenz dieser Verhaltensanpassungen muss daher ein strenges Einhalten der Naturschutzgebietsgrenzen gefordert werden, um zu verhindern, dass die bedeutsame Zone I an Qualität für Mauseervögel einbüßt.

Im Markelfinger Winkel waren die Wasservogelbestände deutlich niedriger als an der Radolfzeller Aachmündung und konzentrierten sich vorwiegend im hinteren nordwestlichen Teil (Zone I, s. Abb. 1); hier waren die Bedingungen für Mauseervögel, relativ zu den anderen Teilen dieses Gebietes, am besten. Positiv hat sich die Zubetonierung eines Durchgangs unter der nahe gelegenen Bahnlinie im Jahr 2002 ausgewirkt, weil sich dadurch die Anzahl der Badegäste reduzierte und eine generelle Beruhigung eintrat (S. Schuster, pers. Mitt.). Trotzdem unterliegt der Markelfinger Winkel intensiver Freizeitnutzung und wurde von mehr Booten befahren (vor allem auch von mehr Ruderbooten) als das Gebiet an der Radolfzeller Aachmündung. In Zone I traten 33 von insgesamt 72 beobachteten Störungen auf und damit mehr als in Zone II (8 Störungen) und Zone III (31 Störungen). Der intensive Bootsbetrieb in Zone III führte dort zu unruhigen Verhältnissen, was als Hauptgrund für den Rückzug der Wasservögel in den hinteren Teil des Markelfinger Winkels gelten kann. Im Vergleich dazu war Zone II weniger beunruhigt, da vorbeifahrende Boote in der Regel einen ausreichend großen Uferabstand einhielten und meist nicht an der gesamten Uferlinie, sondern nur im äußeren südlichen Bereich des Untersuchungsgebietes ankerten. Dennoch hielt sich aus unklaren Ursachen in Zone II erst ab August eine zunehmende Anzahl von Wasservögeln auf. Insgesamt hat der stärkeren Freizeitnutzung unterliegende Markelfinger Winkel für mausernde Wasservögel nicht dieselbe Qualität wie die Radolfzeller Aachmündung, denn es fehlen großflächige Schutzgebietsbereiche, in die sich die Vögel zurückziehen können und vor Störungen relativ sicher sind. Die bereits geschützten Areale erfüllen diesen Zweck nur unzureichend, da sie einen zu geringen Teil der Seefläche umfassen. Somit waren die Wasservögel selbst in der bevorzugten Zone I

noch häufig sehr starken Störungen ausgesetzt. Die Bedeutung von Zone II als Aufenthaltsort für Mauerseeschwäne tritt aufgrund der erst späteren Präferenz weniger klar hervor; da jedoch auch entlang der angrenzenden Halbinsel Mettnau nur ein kleiner Seeteil unter Schutz steht (ohne Markierung durch Bojen), ist hier ein höheres Potential anthropogener Störungen zu erwarten als in der Kernzone des Schutzgebietes der Radolfzeller Aachmündung. Somit ist nachvollziehbar, dass bei der gegenwärtigen Situation im Markelfinger Winkel kaum ein großer Schwimmenmauserplatz von Wasservögeln entstehen kann.

Zusammenfassend lässt sich festhalten, dass Störungen höchster Intensität vor allem in den Zonen auftraten, in denen sich die meisten Wasservögel aufhielten; als Konsequenz davon hatten auch diejenigen Störfaktoren die höchste Störwirkung, welche die Vögel innerhalb dieser, offenbar als sicher angesehenen, Bereiche störten.

4.3 Folgerung

Mauernde Wasservögel sind insbesondere während der mit Flugunfähigkeit verbundenen Schwimmenmauser auf prädatationsgeschützte, störungsarme und gleichzeitig nahrungsreiche Gewässer angewiesen.

Die Bedeutung proteinreicher Nahrung zeigte Pehrsson (1987) in Versuchen mit Stockenten, in denen Vögel mit proteinarmer Nahrung kürzere Schwungfedern entwickelten als solche, die mit proteinreicher Nahrung versorgt waren. Als Konsequenz stellte er die Vermutung auf, dass Vögel mit kürzeren Schwungfedern im Herbst keine so großen Fettdepots aufbauen können, da dies zu stark auf Kosten der Flugfähigkeit gehen würde; die Folge davon wäre eine verminderte Überlebensfähigkeit in harten Wintern. Die Nahrungsbedingungen innerhalb des Mauserquartiers hätten demnach auch einen indirekten Einfluss auf die Individuen außerhalb der Mauserzeit.

Die Ergebnisse der Störungsuntersuchungen weisen aber auch darauf hin, wie wichtig für Wasservögel störungsberuhigte Bereiche z.B. innerhalb von Naturschutzgebieten sind. Der Abwesenheit von Störungen könnte sogar eine noch höhere Bedeutung zukommen als einem sehr guten Nahrungsangebot. Für die Federsynthese werden nicht nur mit der Nahrung aufgenommenen Nährstoffe verwendet, sondern auch körpereigene Reserven genutzt, d.h. Fette und Proteine abgebaut (Bub 1995; Pehrsson 1987; Ringelmann 1990). Damit wäre die Möglichkeit gegeben auch Gebiete aufzusuchen, die nahrungsökologisch nicht optimal sind, dafür aber Schutz vor Störungen bieten (Pehrsson 1987). Durch die Reduktion von Körpermasse erlangen schwimmenmausernde Wasservögel schneller wieder ihre Flugfähigkeit (nach Ringelmann (1990) bei einer Länge der Handschwinge von 75% bis 85% der Endlänge bzw. 25 bis 32 Tage nach Abwurf der alten Schwungfedern); danach können sie bei Notwendigkeit auch in andere Gebiete abwandern, um die Schwimmenmauser zu beenden (Pehrsson 1987). Ein etwas schlechteres Nahrungsangebot, das in einem geschützten Habitat jedoch ständig genutzt werden kann, könnte zudem für Wasservögel attraktiver sein als ein reiches Nahrungsangebot, das aber aufgrund von störungsbedingten Vertreibungen kaum zugänglich ist (siehe z.B. Gädtgens & Frenzel 1997). Bei verschiedenen Wasservögeln konnten Zusammenhänge zwischen Bestandszunahmen und Störungsberuhigung durch Einstellen der Jagd aufgezeigt werden, so z.B. bei überwinternden Singschwänen (*Cygnus cygnus*) (Schneider-Jacoby et al. 1991) und Spießenten (*Anas acuta*) im Ermatinger Becken/Bodensee (Stark et al. 1999) oder bei Pfeifenten (*Anas penelope*) in einem dänischen Feuchtgebiet (Madsen 1998). Auch die Unterschutzstellung schilfumstandener Uferabschnitte und die damit verbundene Beruhigung

der Gewässerfläche erhöht die Attraktivität eines Mauserquartieres erheblich. So stieg z.B. im Eriskircher Ried (am Nordufer des Bodensee-Obersees) der Mauserbestand des Haubentauchers nach der Ausweisung von 330 Hektar als Naturschutzgebiet Ende 1983 von etwa 500 Vögeln auf über 2700 im Jahr 2003 an (S. Schuster, unveröff. Ms.). Diese Beispiele demonstrieren die enorme Bedeutung der Abwesenheit von Störungen.

Die Situation an der Radolfzeller Aachmündung zeigt, dass ein strenges Einhalten der Schutzgebietsgrenzen nötig ist, da Übertretungen zu gravierenden Störungen führen. Die vorliegenden Daten legen zudem nahe, dass eine Pufferzone von mindestens 200 m zwischen Schutzgebietsgrenze und Nutzungsfläche liegen muss, um die Zahl der Störungen weiter zu minimieren. Das Fehlen großer (häufiger) Störungen kann als eine der wichtigsten Voraussetzungen für ein gutes Mauserquartier angesehen werden, was auch durch die hohen Wasservogelzahlen in der gut geschützten Kernzone um den Mündungsbereich bestätigt wird. Für die Zukunft wäre jedoch wichtig, dass noch stärkerer Wert auf die Einhaltung der Schutzgebietsgrenzen (auch durch Berufsfischer) gelegt wird und keine direkten Zeppelinüberflüge stattfinden.

Im Markelfinger Winkel sind gegenwärtig die Bedingungen für die Schwingenmauser von Wasservögeln erheblich schlechter. Eine Ausweitung der bestehenden Schutzgebiete, insbesondere eine größere geschützte Seefläche im hinteren nordwestlichen Teil des Markelfinger Winkels, wäre eine wichtige Voraussetzung um geeignete Bedingungen für mausernde Vögel zu schaffen. Da die Großgefiedermauser eine bedeutende Phase im Jahreszyklus der Wasservögel darstellt, was auch durch die teils ausgeprägten Mauserwanderungen zum Ausdruck kommt (siehe z.B. Wernham et al. 2002), ist die Unterschutzstellung geeigneter Mausergebiete ein wichtiger Beitrag zum Artenschutz. Dass sich im nordwestlichen Teil des Markelfinger Winkels während des Untersuchungszeitraumes auch Moorenten (*Aythya nyroca*) aufhielten, eine global bedrohte Art (Schäffer & Schäffer 1999) und eine der seltensten Brutvögel Deutschlands (Schneider-Jacoby 2002), bestätigt, dass dieser Bereich durchaus für Wasservögel attraktiv ist. Das Gebiet könnte aber durch bessere Schutzmaßnahmen noch weiter profitieren und dann eventuell zu einem bedeutenden traditionellen Mauserplatz für Wasservögel werden, wie auch andere Gebiete am Bodensee, die derzeit einer zu starken anthropogenen Nutzung unterliegen.

5 Danksagung

Wir danken dem Ausschuss für Forschungsfragen (AFF) der Universität Konstanz herzlich für die finanzielle Unterstützung; weitere materielle Hilfe wurde uns dankenswerter Weise von der Familie Döpfner gewährt. Schließlich sind wir Jörg Günther für die Durchsicht der Arbeit und wichtige Anmerkungen und Verbesserungsvorschläge sehr zu Dank verpflichtet.

6 Literatur

- Bauer, H.-G., H. Stark & P. Frenzel (1992). Der Einfluss von Störungen auf überwinternde Wasservögel am westlichen Bodensee. Ornithol. Beob. 89: 93-110.
- Bellebaum, J., M. Sell & B. Gebke (2003). Fünfzehn Jahre und kein bisschen zahmer: Gänsesäger (*Mergus merganser*) und Freizeitbetrieb in einem westdeutschen Winterquartier. Natur u. Landschaft 78: 455-462.
- Bub, H. (1995). Kennzeichen und Mauser europäischer Singvögel, Allgemeiner Teil, 2. unver. Auflage. Westarp Wissenschaften, Magdeburg.
- Dietrich, K. & C. Koepff (1986). Wassersport im Wattenmeer als Störfaktor für brütende und rastende Vögel. Natur u. Landschaft 61: 220-225.

- Frenzel, P. & M. Schneider (1987). Ökologische Untersuchungen an überwinternden Wasservögeln im Ermatinger Becken (Bodensee): Die Auswirkungen von Jagd, Schifffahrt und Freizeitaktivitäten. *Ornithol. Jh. Bad.-Württ.* 3: 53-79.
- Gädgins, A. & P. Frenzel (1997). Störungsinduzierte Nachtaktivität von Schnatterenten (*Anas strepera* L.) im Ermatinger Becken/Bodensee. *Ornithol. Jh. Bad.-Württ.* 13: 191-205.
- Gill, J. A. (2007). Approaches to measuring the effects of human disturbance on birds. *Ibis* 149, Suppl. 1: 9-14.
- Jacoby, H. (1981). Naturschutz und Wassersport auf dem Bodensee. DNR, Beitr. Natur- u. Umweltschutz 1 (Sonderdruck Wassersport und Naturschutz): 12-15.
- Koepff, C. & K. Dietrich (1986). Störungen von Küstenvögeln durch Wasserfahrzeuge. *Vogelwarte* 33: 232-248.
- Krosigk, E. von & P. Köhler (2000). Langfristige Änderungen von Abundanz und räumlicher Verteilung mausernder Wasservogelarten nach Änderung von Trophiestatus, Fischbesatz und Wasserstand im Ramsar-Gebiet "Ismaninger Speichersee mit Fischteichen". *Ornithol. Anz.* 39: 135-158.
- Lenz, W. (1980). Kleines Handlexikon, Praesentverlag, Gütersloh.
- Madsen, J. (1998). Experimental refuges for migratory waterfowl in Danish wetlands. II. Tests of hunting disturbance effects. *J. Appl. Ecol.* 35: 398-417.
- O'Connell, M.J., R.M. Ward, C. Onoufriou, I.J. Winfield, G. Harris, R. Jones, M.L. Yallop & A.F. Brown (2007). Integrating multi-scale data to model the relationship between food resources, waterbird distribution and human activities in freshwater systems: preliminary findings and potential uses. *Ibis* 149, Suppl. 1: 65-72.
- Pehrsson, O. (1987). Effects of body condition on molting in Mallards. *Condor* 89: 329-339.
- Putzer, D. (1983). Segelsport vertreibt Wasservogel von Brut-, Rast- und Futterplätzen. *Mitteilungen der LÖLF* 8: 29-34.
- Reichholz, J. (1975). Der Einfluß von Erholungsbetrieb, Angelsport und Jagd auf das Wasservogel-Schutzgebiet am unteren Inn und die Möglichkeiten und Chancen zur Steuerung der Entwicklung. *Schr.R. Landschaftspf. Naturschutz* 12: 109-116.
- Ringelmann, J. K. (1990). Habitat management for molting waterfowl. *Fish and Wildlife Leaflet* 13: 1-6.
- Schäffer, N. & A. Schäffer (1999). Weltweit bedrohte Vogelarten in Europa: Die Moorente. *Der Falke* 46(1): 12-18.
- Schneider-Jacoby, M. (2002). Ferruginous Duck in Germany - distribution and protection of Germany's rarest breeding bird. In: *Ferruginous Duck: From Research to Conservation* (BirdLife International Conservation Series No 6), International Meeting Proceedings, Sofia.
- Schneider-Jacoby, M., H.-G. Bauer & W. Schulze (1993). Untersuchungen über den Einfluß von Störungen auf den Wasservogelbestand im Gnadensee (Untersee/Bodensee). *Ornithol. Jh. Bad.-Württ.* 9: 1-24.
- Schneider-Jacoby, M., P. Frenzel, H. Jacoby, G. Knötzsch & K.-H. Kolb (1991). The impact of hunting disturbance on a protected species, the Whooper Swan *Cygnus cygnus* at Lake Constance. *Wildfowl*, Suppl. 1: 378-382.
- Schneider, M. (1986). Auswirkungen eines Jagdschongebietes auf die Wasservogel im Ermatinger Becken (Bodensee). *Ornithol. Jh. Bad.-Württ.* 2: 1-46.
- Schuster, S. (2008). Die Flügelmauser bei Wasservögeln am Bodensee: Konsequenzen für den Naturschutz. *Ornithol. Anz.* 47: 3-22.
- Stark, H., H.-G. Bauer, W. Suter & H. Jacoby (1999). Internationale Wasservogelzählung am Bodensee. Ergebnisse aus den Zählperioden 1961/62 bis 1996/97. Dynamik der Zugrast- und Überwinterungsbestände und der Einfluß von Umweltbedingungen. In G. Heine et al. (Hrsg.): *Die Vögel des Bodenseegebietes*. *Ornithol. Jh. Bad.-Württ.* 14/15: 64-122.
- Stock, M., H.-H. Bergmann, H.-W. Helb, V. Keller, R. Schmidrig-Petrig & H.-C. Zehnter (1994). Der Begriff Störung in naturschutzorientierter Forschung: ein Diskussionsbeitrag aus ornithologischer Sicht. *Z. Ökol. Natursch.* 3: 49-57.
- Stresemann, E. & V. Stresemann (1966). Die Mauser der Vögel. *J. Ornithol.* 107 (Sonderh.): 1-447.
- Tuite, C. H., M. Owen & D. Paynter (1983). Interaction between wildfowl and recreation at Llangorse Lake and Talybont Reservoir, South Wales. *Wildfowl* 34: 48-63.
- Werner, S. (2006). Schwingenmauser - eine gefährliche Zeit für Wasservogel. Ms. für Arbeitsgruppe Bodenseeufer (AGBU e.V.).
- Wernham, C. V., M. P. Toms, J. H. Marchant, J. A. Clark, G. M. Siriwardena & S. R. Baillie (2002). *The Migration Atlas: movements of the birds of Britain and Ireland*. T. & A. D. Poyser, London.

