

ZUM EINFLUSS VON MILITÄRISCHEN HUBSCHRAUBERÜBERFLÜGEN AUF DIE VOGELWELT IM FEUCHTGEBIET INTERNATIONALER BEDEUTUNG "WESERSTAUSTUFE SCHLÜSSELBURG"

(On the Influence of Military Helicopter Crossings on the Avifauna of the Nature Reserve of International Importance "Weserstaustufe Schlüsselburg")

von JUTTA NIEMANN und ROLAND SOSSINKA, Bielefeld

Zusammenfassung: Über einen Zeitraum von zwei Jahren (Herbst 1989 bis Herbst 1991) wurde das Verhalten von Wat- und Wasservögeln im Feuchtgebiet internationaler Bedeutung "Weserstaustufe Schlüsselburg" beobachtet. Anhand der Reaktion der Vögel wurde der Einfluß militärischer Übungen, besonders in Form von Hubschrauberüberflügen, ermittelt.

Insgesamt traten 10 verschiedene Reaktionsgrade graduiert bei Vögeln auf. Für die Auslösung dieser Reaktionen waren 5 Faktoren verantwortlich, die z.T. regelmäßig gekoppelt vorkommen: 1. Die horizontale Distanz der Flugkörper, 2. Die Überflughöhe, 3. Der erzeugte Schallpegel, 4. Der Flugkörpertyp und 5. Die jahreszyklischen Phasen der Vögel. Bei 45 % aller Einzelüberflüge waren die Reaktionen der Vögel stark bzw. extrem. Bei Mehrfachüberflügen betrug dieser Prozentsatz sogar 55 %.

Die Untersuchung hat gezeigt, daß die hier praktizierten Hubschrauberüberflüge eine Störung darstellen, die nicht im Sinne der RAMSAR-Konvention zum Schutz von international bedeutsamen Feuchtgebieten und deren Wat- und Wasservögeln ist.

Summary: Over a period of 2 years (autumn 1989 until autumn 1991) the behaviour of waders and waterfowl in the Nature Reserve of International Importance "Weserstaustufe Schlüsselburg" has been observed. By the reaction of the birds the influence of military exercises, especially in form of helicopter crossings, has been investigated.

Altogether 10 different reaction grades occurred with different intensities for different birds. These reactions were triggered by 5 factors which were occasionally coupled: 1. Horizontal distance of the aircraft, 2. Crossing altitude 3. Noise level, 4. Type of aircraft and 5. Annual cycle of the birds.

In 45 % of single crossings birds showed heavy resp. extreme reaction; for multiple crossings the percentage was even 55 %.

The investigation proved that these helicopter crossings induce disturbances which are not within the scope of the RAMSAR-convention for protection of International Nature Reserves , their waders and waterfowl.

1. Einleitung

Unsere Naturschutzgebiete stellen kleine Überlebensoasen in der industrialisierten westlichen Welt für viele Pflanzen und Tiere dar.

Eine dieser Oasen ist das Feuchtgebiet von internationaler Bedeutung "Weserstaustufe Schlüsselburg", dessen ornithologischer Wert ausführlich im Heft 2/91 beschrieben wurde (Niemann und Ziegler 1991).

Von den Betreuern dieses Gebietes sind seit Jahren Einzelbeobachtungen gemeldet worden, wonach Flugbewegungen und andere Übungstätigkeiten der Bundeswehr und der alliierten Streitkräfte sich störend auf die rastenden und brütenden Wat- und Wasservögel auswirken sollen. Militärische Nutzungen finden im Gebiet zum einen auf dem Pionier-Wasserübungsplatz bei Jössen statt, und zum anderen wird die Weseraue aufgrund ihrer geringen menschlichen Siedlungsdichte häufig von Flugkörpern, besonders Hubschraubern der Bundeswehr, vorwiegend der Heeresfliegerwaffenschule Achum, überflogen bzw. als Übungsraum genutzt.

Um das Ausmaß und die möglichen Folgen solcher potentiellen Störungen in Erfahrung zu bringen, hat die Landesanstalt für Ökologie, Landschaftsentwicklung und Forstplanung im Auftrag des Ministeriums für Umwelt, Raumordnung und Landwirtschaft des Landes Nordrhein-Westfalen die vorliegende Untersuchung in Auftrag gegeben.

2. Material und Methode

Über den Verlauf von zwei Jahren (Herbst 1989 bis Herbst 1991) wurde anhand der Reaktionen der Vögel der Einfluß von Hubschrauberüberflügen bzw. Flugzeugen ermittelt. Von getarnten Ansitzern aus wurden die Aktionen der Tiere auf Video aufgezeichnet und anschließend quantitativ ausgewertet. Bei den Überflügen der militärischen Flugkörper wurde deren Flugroute sowie der Standort der Vögel kartiert, daraus die horizontale Distanz der Flugkörper bestimmt, sowie die Überflughöhe und der Schallpegel gemessen. Die gleichzeitig mit dem Auftreten der potentiellen Störquelle beobachteten Aktionen der Vögel wurden dann als Reaktionen bezeichnet, wenn sich die Mehrzahl der im Sichtfeld befindlichen Tiere gleich verhielten, und wenn eine solche Verhaltensweise bei ebensoviele Tieren in weniger als 5 % der Stichproben "spontan", d.h. ohne wahrnehmbare Störquelle auftrat. Stichprobenunterschiede wurden mit einem zweiseitigen Man-Whitney U-Test auf statistische Signifikanz untersucht.

3. Ergebnisse und Diskussion

Während der Überwinterungsphasen wurden die Tiere insgesamt 497 Stunden beobachtet. Dabei wurden 1724 Überflüge registriert, von denen 1463 ausgewertet werden konnten. Diese gliedern sich in 924 Einzelüberflüge, 185 Mehrfachüberflüge (an denen 542 Flugkörper beteiligt waren, 2-13 gleichzeitig oder kurz hintereinander) und 30 mit der Heeresfliegerwaffenschule abgesprochene Überflüge. Nach den Überflugraten in dem o.g. Zeitraum ergab sich, daß pro Stunde 3,5 Flugkörper die Weseraue überflogen.

Während der Brutphase 1991 wurden die Tiere 40,5 Stunden beobachtet und dabei 93 Flugkörper registriert. In der Mauserphase 1991 wurden Reiherenten 17 Stunden beobachtet. In dieser Beobachtungszeit konnten 34 Hubschrauber registriert werden.

Es konnten 10 verschiedene Reaktionsgrade (Rg) definiert werden, die vom Innehalten (Rg 1) über Sichern und Recken (Rg 2, Rg 3, Rg 4), Umher- und Fortgehen bzw. -Schwimmen (Rg 5, Rg 6), Abtauchen (Rg 8) bis zum Auf- und Fortfliegen (Rg 9, Rg 10) reichten. Sie wurden in die Reaktionsgrad-Klassen leicht (Rg 1 und 2), mittel (Rg 3, 4 und 5), hoch (Rg 6, 7 und 8) und extrem (Rg 9 und 10) eingeteilt. Diese Verhaltensweisen traten graduiert auf.

Die Auswertung der Daten hat ergeben, daß 5 Faktoren für die Auslösung einer Reaktion verantwortlich sind, die z.T. regelmäßig gekoppelt auftraten.

3.1 Die horizontale Distanz

Wenn ein Überflug in einer horizontalen Distanz von < 150 m über den Tieren stattfand, wurde dieser als direkter Überflug definiert. Als indirekter Überflug wurde definiert, wenn ein Flugkörper in einem horizontalen Abstand größer als 150 m die Tiere passierte.

Insgesamt führten 66 % aller direkten Einzelüberflüge und 32 % aller indirekten Einzelüberflüge in der Überwinterungsphase zu einer Reaktion der Tiere. Von den dabei ausgelösten Reaktionen der Vögel waren 45 % hoch bzw. extrem, bei Mehrfachüberflügen lag dieser Prozentsatz bei 55 % aller registrierten Reaktionen (Abb. 1). Die mittlere Reaktionsdauer stieg mit dem aufgetretenen Reaktionsgrad signifikant an (Abb. 2). Die Reaktionsdauer lag im Mittel bei direkten Überflügen: leichte Reaktion: 27 Sekunden, mittlere Reaktion: 54 Sekunden, hohe Reaktion: 1 Min. 43 Sekunden und extreme Reaktion: 2 Min. 57 Sekunden. Ähnliche Zeiten wurden auch bei den reaktionsauslösenden indirekten Überflügen gemessen. Horizontale Distanzen, die größer als 700 m zu den Tieren maßen, führten in der Regel nicht mehr zu einer Reaktion (Ausnahme: Graue Gänse. Diese reagierten bereits, wenn der Flugkörper 1,5 km entfernt war).

3.2 Die Überflughöhe

Die Messungen der Überflughöhe haben ergeben, daß ein signifikanter Unterschied zwischen den Höhen der Überflüge, die Reaktionen auslösen und denen, die keine Reaktionen auslösen, besteht (Abb. 3). Im Mittel lag die Flughöhe für direkte Überflüge, die eine Reaktion hervorriefen, bei 102 m, für jene, die keine Reaktion auslösten, betrug die mittlere Höhe 151 m. Bei den indirekten Überflughöhen lagen die Werte sehr ähnlich (106 m versus 133 m). Je niedriger die Überflughöhe war, desto häufiger trat eine Reaktion auf. Die Reaktionsklassen waren bei den verschiedenen Höhenklassifizierungen annähernd gleich verteilt. Es darf jedoch nicht übersehen werden, daß die Streuungen erheblich waren; und daß auch Flughöhen von ca. 300 m durchaus noch zu Reaktionen führen konnten, die z.T. hoch bzw. extrem waren.

3.3 Der erzeugte Schallpegel

Den dritten reaktionsrelevanten Faktor stellt die von den Flugkörpern erzeugte Lautstärke dar (Abb. 4). Die Messungen des Schallpegels zeigten einen signifikanten Unterschied zwischen den Werten bei reaktionsauslösenden und nicht reaktionsauslösenden Überflügen. Im Mittel lag der Schallpegel, der bei direkten Überflügen zu einer Reaktion führte, bei 89,9 dB(A), für jene die keine Reaktion auslösten bei 79,9 dB(A). Bei indirekten Überflügen lagen die mittleren Schallpegelwerte, die eine Reaktion auslösten, bei 80,5 dB(A), für jene, die keine Reaktion auslösten, bei 71,5 dB(A). Bei grauen Gänsen scheint die erzeugte Lautstärke sogar allein hinreichender Auslöser zu sein, um eine Reaktion hervorzurufen. Nur so ist es zu erklären, daß die Tiere schon bei Distanzen von 1,5 km auf die Hubschrauber reagierten, Distanzen, bei denen die Flugkörper zum Teil nicht zu sehen waren.

3.4 Der Flugkörpertyp

Hubschrauber vom Typ CH53G und Bell UH-1D sowie das Transportflugzeug Transall stellen einen wesentlich stärkeren Reaktionsauslöser dar als Maschinen vom Typ BO 105 und Alouette. Die Verteilung der ausgelösten Reaktionsklassen ergab, daß 94,7 % aller reaktionsauslösenden direkten Überflüge der CH53G zu hohen bzw. extremen Reaktionen führten. Bei der Transall waren es 78,6 % und bei der Bell UH-1D immerhin noch 54,3 %. Demgegenüber wurden hohe und extreme Reaktionen bei der Alouette in 35,3 % und bei der BO 105 in 50 % aller reaktionsauslösenden Direktüberflüge registriert (Abb. 5). Die Messung der Reaktionsdauer ergab wiederum, daß es vor allem die Hubschrauber vom Typ CH53G, Bell UH-1D und des Transportflugzeug Transall sind, die lange

Reaktionen bewirken. Die von ihnen ausgelöste Reaktionsdauer war im Mittel **signifikant länger** als die der Alouette und BO 105. (Bell UH-1D: 1 Min. 34 Sek., CH53G: 2 Min. 32 Sek., Transall: 3 Min. Alouette: 48 Sek., die BO 105: 55 Sek. und kleine Flugzeuge: 59 Sek.).

3.5 Jahreszyklische Phasen der Vögel

Die Beobachtungen zur Brutzeit ergaben, daß Hubschrauber in der Regel für brütende Austernfischer, Kiebitze und Möwen keine sichtbare Störung darstellen. Leider war es nicht möglich, brütende Entenvögel zu beobachten, da der Beobachter dann selbst eine zu große Störgröße gewesen wären und die Tiere u.U. aufgrund seiner Anwesenheit ihre Nester verlassen hätten. Die Beobachtungen lassen den Schluß zu, daß Störungen durch Krähen und Möwen eine wesentlich größere Belastung für die brütenden Vögel und letztlich auch für den Bruterfolg darstellen, als Hubschrauberüberflüge. Dies gilt zumindest für die wenigen Paare, die sich trotz der Überflüge in den betroffenen Regionen angesiedelt haben.

Die Datenerhebung während der Mauserzeit der Reiherenten hat gezeigt, daß die Tiere zu diesem Zeitpunkt wesentlich stärker auf Hubschrauber reagieren, als dies während der Überwinterungsphase der Fall war. Die Tiere scheinen aufgrund der zeitweiligen geringeren Beweglichkeit ihre Reizschwelle herabzusetzen, so daß sogar Überflüge in 200 m Höhe zu hohen Reaktionen führten. 40 % der direkten Einzelüberflüge bewirkten bei den Reiherenten eine Reaktion, wobei die Reaktionsgrade zu 25 % im mittleren Bereich, und zu 75 % im hohen Bereich angesiedelt waren. In der Überwinterungsphase führten dagegen nur 11 % aller direkten Überflüge zu einer Reaktion, trotz im Mittel geringer Flughöhen, wobei die Reaktionsklassen leicht und mittel auftraten.

Die beobachteten Vogelarten lassen sich in sehr empfindlich reagierende, mittel reagierende und weniger reagierende einteilen. Während zur letzteren Gruppe vor allem die Reiher- und Tafelenten, Höckerschwäne, Krick- und Löffelenten und bedingt auch die Stockenten zählen, gehören zu den extrem reaktiven Tieren die Singschwäne, Schellenten, einige Limikolenarten (außer Austernfischer), Kormorane, Pfeifenten und vor allem Graue Gänse. Innerhalb der Arten ist eine mitunter ausgeprägte interindividuelle Variabilität in der Reaktionsschwelle der Tiere festzustellen.

Die Ergebnisse entsprechen in den meisten Punkten den zum Teil fragmentarischen Angaben zu Störungen von Wat- und Wasser- und anderen Vögeln durch Flugverkehr, wie ein Vergleich mit der zugänglichen relevanten Literatur belegt.

Besonders die Aussage, daß Hubschrauber in der Regel stärker stören als Düsenjäger, daß niedrigere Flughöhen mehr und größere Reaktionen provozieren als höhere, daß direkte Überflüge deutlich stärker stören als indirekte, und daß unterschiedliche Hub-

schraubertypen unterschiedliche Reaktionen hervorrufen, wird in einer Vielzahl von Untersuchungen bestätigt (BECKER et al. 1987, HEINEN 1986, IUCN/WWF 1984, KUHL 1979, LUGERT 1988, MOSBECH und GLAHDER 1991). Auch deutliche Artunterschiede und die Existenz von besonders reaktiven Arten wird mehrfach unabhängig belegt (HEINEN 1986, IUCN/WWF 1984, KÜSTERS u. VAN RADEN 1986). Widersprüchlich sind Angaben zum Habituationseffekt, besonders zur kurz- oder langfristigen Gewöhnung. Wir haben keine Bestätigung solcher Effekte und können somit Aussagen von KÜSTERS und VAN RADEN (1986, 1987) und die Schlußfolgerung von BECKER et al. (1987 nach Daten von SMIT u. VISSER 1984) nicht teilen. Langfristige Gewöhnung, wie sie von HEINEN (1986) und anderen beschrieben werden, deuten sich in unseren Daten durch interindividuelle Unterschiede innerhalb einer Art an, sofern man unterstellt, die stärker reagierenden Individuen seien die adaptierten. Dies führt aber in der Regel nur zu einer Minderung von Reaktionsgrad und -dauer, nicht zu einem Ausbleiben der Reaktion, wie die immer noch hohen Reaktivitäten zeigen.

4. Folgen der Störungen

Eine Vielzahl von Überflügen führte bei Wat- und Wasservögeln in dem international bedeutsamen Feuchtgebiet "Weserstaustufe Schlüsselburg" eindeutig zu einer Reaktion, von der nachteilige Folgen ausgehen können. Grundsätzlich sind Nachteile folgender Art möglich:

1. Direkter Energieverlust durch Verhaltensweisen mit relativ großem Kalorienbedarf, relativ zum nicht gestörten Zustand. Hierzu liegen einige relevante Angaben aus der Literatur vor, die zeigen, daß die Verhaltensweisen, die sich als Reaktion auf eine potentielle Störung auszeichnen, einen relativ hohen Energieverbrauch bedeuten (ASCHOFF u. POHL 1970, BERGER u. HART 1974, CUSTER u. PITELKA 1972, GALHOFF 1987, KING 1973, ORIANS 1961, WALSBERG 1983, WOAKES u. BUTLER 1983, WOOLEY u. OWEN 1978).

2. Indirekter Energieverlust durch verminderte Futteraufnahme. Auch hierzu sind Meßwerte bekannt, besonders was den zeitlichen Aufwand für die notwendige Energieversorgung via Nahrungsaufnahme angeht (HÖTKER 1984, MAXSON u. ORING 1980). GALHOFF (1987) beschreibt einen täglichen Nahrungsbedarf für eine Tafelente von ca. 240 ± 105 g Chironomidenlarven und Tubificiden. Für die Aufnahme von Dreissena sind Werte von 875 - 1050 g bekannt, abzüglich eines Schalenanteils von 51 % (SUTER 1982). An Tagen mit Störungen kann bei diesen Tieren mit einer Erhöhung des Nahrungsbedarfs um 5 % gerechnet werden (GALHOFF 1987). MOSBECH und GLAHDER

(1991) konnten zeigen, daß mit zunehmender Hubschrauberfrequenz die Freßaktivität bei Gänsen abnahm. Hier bewirkten die Störungen durch Hubschrauber einen drastischen Einfluß auf die Nahrungsaufnahme.

Die Energieeinbußen wirken sich im Frühjahr noch gravierender aus, als im Herbst, da sie zusätzlich zur Reduktion der allgemeinen Überlebenswahrscheinlichkeit dann auch noch die Fertilität negativ beeinflussen (KING 1973).

3. Indirekte Gefährdung auf Grund fluchtartigen Auffliegens gegen Zaun, Auto o.ä.

4. Abwandern in ein ungeeignetes Ausweichgebiet, was in der Regel die Nachteile 1. bis - 3. verstärkt.

Für die letzten zwei Punkte stehen jedoch nicht genügend Daten zur Verfügung, um hier eine genaue Einschätzung darüber abzugeben, sie sollen aber der Vollständigkeit halber erwähnt werden.

Die Autoren bedanken sich bei den relevanten Stellen der Bundeswehr, besonders der Heeresfliegerwaffenschule Achum und den dort Verantwortlichen, die an der Untersuchung Interesse gezeigt und durch freundliche Kooperation geholfen haben.

5. Literatur

ASCHOFF, J. & H. POHL (1970):

Rhythmic variations in energy metabolism. Fed. Proc. 29, 1541-1552.

BECKER, J., J. HILD, E. KÜSTERS & G. STURM (1987):

Schutzgebiete mit erhöhter Vogelschlaggefahr in der Bundesrepublik Deutschland. Vogel und Luftverkehr. Sonderheft 2, 8-16.

BERGER, M. & J.S. HART (1974):

Physiology and energetics of flight in: Farmer, D.S. & J.R. King (Edits.): Avian biology, Vol IV, Academic Press, New York & London.

CUSTER, T.W. & F.A. PITELKA (1972):

Time activity pattern and energy budget. Proc. 1972 Tundra Biomet Symposium, University of Washington, 160-164.

GALHOFF, H. (1987):

Untersuchungen zum Energiebedarf und zur Nahrungsnutzung auf einem Stausee überwinternder Tafelenten (*Aythya ferina* L.). Ökol. Vogel 9, 71-84.

HEINEN, F. (1986):

Untersuchung über den Einfluß des Flugverkehrs auf brütende und rastende Küstenvögel an ausgewählten Stellen des niedersächsischen Wattenmeergebietes. Dipl. Arbeit an der Universität Essen.

HÖTHER, H. (1984):

Untersuchungen zum Territorialverhalten des Wiesenpiepers (*Anthus pratensis*). Staats-examenarbeit Universität Bielefeld.

IUCN/WWF Advisory Committee for the Wadden Sea (1984):

Flugverkehr stört. Watt International, 8-9.

KING, J.R. (1973):

Energetics of reproduction in birds. In: Breeding biology in birds. D.S. Farner (Ed.), Washington.

KÜHL, J. (1979):

Zum Flucht- und Anpassungsverhalten der Graugänse nach Untersuchungen an schleswig-holsteinischen Gewässern. Vogelwelt 10, 217-225.

KÜSTERS, E. & H. VAN RADEN (1986):

Zum Einfluß von Tiefflug, Schießbetrieb und anderen anthropogenen Störungen auf Vögel im Wattenmeer bei List/Sylt. Teil I: Untersuchungen an Ringelgänsen. Vogel und Luftverkehr 5, 75-89.

KÜSTERS, E. & H. VAN RADEN (1987):

Zum Einfluß von Tiefflug, Schießbetrieb und anderen anthropogenen Störungen auf Vögel im Wattenmeer bei List/Sylt. Teil II: Untersuchungen an Anatiden und Limikolen. Vogel und Luftverkehr 7, 15-24.

LUGERT, J. (1988):

Militär und Tourismus als Störfaktor für Enten und Gänse (Anatidae) in dem Naturschutzgebiet "Geltinger Birk". Seevögel, Verein Jordsand 9, 44-47.

MAXSON, S.J. & L.W. ORING (1980):

Breeding season time and budgets of the polyandrous Spotted Sandpiper. Behaviour 74, 200-263.

MOSBECH, A. & C. GLAHDER (1991):

Assessment of the impact of helicopter disturbance on moulting pink-footed geese *Anser brachyrhynchus* and barnacle geese *Branta leucopsis* in Jameson Land, Greenland. Ardea 79, 233-238.

ORIANI, G.H. (1961):

The ecology of the blackbird social system. Ecol. Monogr. 31, 285-312.

SLUTER, W. (1982):

Vergleichende Nahrungsökologie von überwinternden Tauchenten (*Aythya, Bucephala*) und Bläßhuhn (*Fulica atra*) am Untersee - Ende/Hochrhein (Bodensee). Orn. beob. 79, 225-254.

SMIT, C.J. & G.J.M. VISSER (1984):

Studies on the effect of military activities on shore-birds in the Wadden Sea. CCMS Seminar Rijksinstituut voor Natuurbeheer. Den Burg/NL.

WALSBERG, G.E. (1983):

Avian ecological energetics, in: Farner, D.S., J.R. King & K.C. Parks (Edits.): Avian Biology. Vol. VII Academic Press. New York, London.

WOAKES, A.J. & P.J. BUTTLER (1983):

Swimming and diving in Tufted Ducks (*Aythya fuligula*) with particular reference to heart rate and gas exchange. J.Exp. Biol. 107, 311-329.

WOLFF, W.J., P.J. REIJNDERS & J.C. SMIT (1982):

The effects of recreation on the Wadden Sea ecosystem: many questions, but few answers. In: Ecological effects of tourism in the Wadden Sea. Schriftenreihe des Bundesministers für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten 275, 85-107.

WOOLEY, J.B. & R.B. OWEN (1978):

Energy costs of activity and daily energy expenditure in the Black Duck. J. Wildl. Mgmt. 42, 739-745.

Anschrift der Verfasser:

Jutta Niemann/Roland Sossinka
Lehrstuhl für Verhaltensphysiologie der Universität Bielefeld
Postfach

W-4800 Bielefeld 1

Legende zu den Abbildungen

Abb. 1: Verteilung der Reaktionsklassen auf reaktionsauslösende Überflüge.

Abb. 2: Mittlere Reaktionsdauer je Reaktionsklasse bei direkten und indirekten Überflügen.

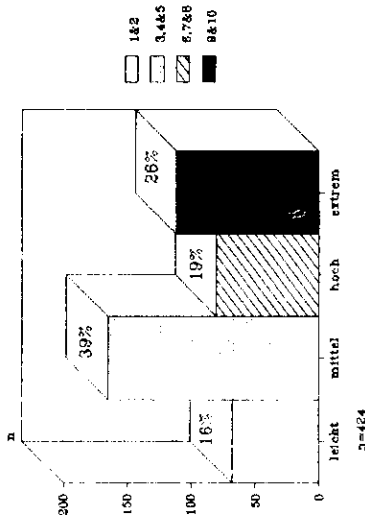
Abb. 3: Mittlere Höhen sowohl der reaktionsauslösenden als auch der nicht reaktionsauslösenden Flughöhen für die Überwinterungsphase; mH = mittlere gemessene Höhe; dmR = Direktüberflug, der eine Reaktion zu Folge hatte; doR = Direktüberflug, ohne daß eine Reaktion erfolgte; imR = Indirekter Überflug, der eine Reaktion bei den Tieren auslöste; ioR = indirekter Überflug, ohne daß eine Reaktion davon ausging; p gibt das Signifikanzniveau an.

Abb. 4: Darstellung der mittleren und maximalen Schallpegelmessungen; dmR = Direktüberflug, der eine Reaktion zur Folge hatte; doR = Direktüberflug, der keine Reaktion zur Folge hatte; imR = Indirekter Überflug, der eine Reaktion auslöste; ioR = Indirekter Überflug, der keine Reaktion auslöste.

Abb. 5: Reaktionsauslösende Direktüberflüge verschiedener Flugkörpertypen.

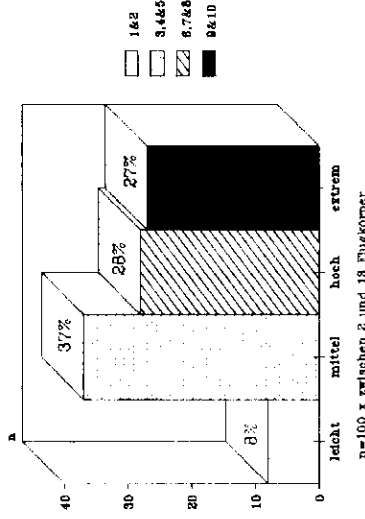
Aufgetretene Reaktionsgrade

Einzelüberflüge insgesamt



45% aller registrierten
Reaktionen waren
hoch bzw. extrem

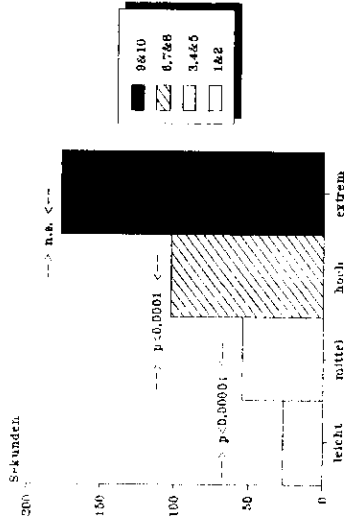
Mehrfachüberflüge insgesamt



55% aller registrierten
Reaktionen waren
hoch bzw. extrem

Mittlere Reaktionsdauer

Direktüberflüge



indirekte Überflüge

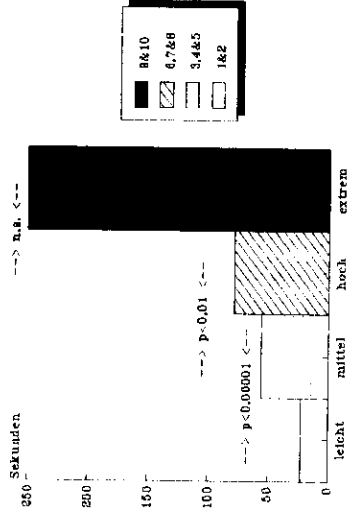


Abbildung 3

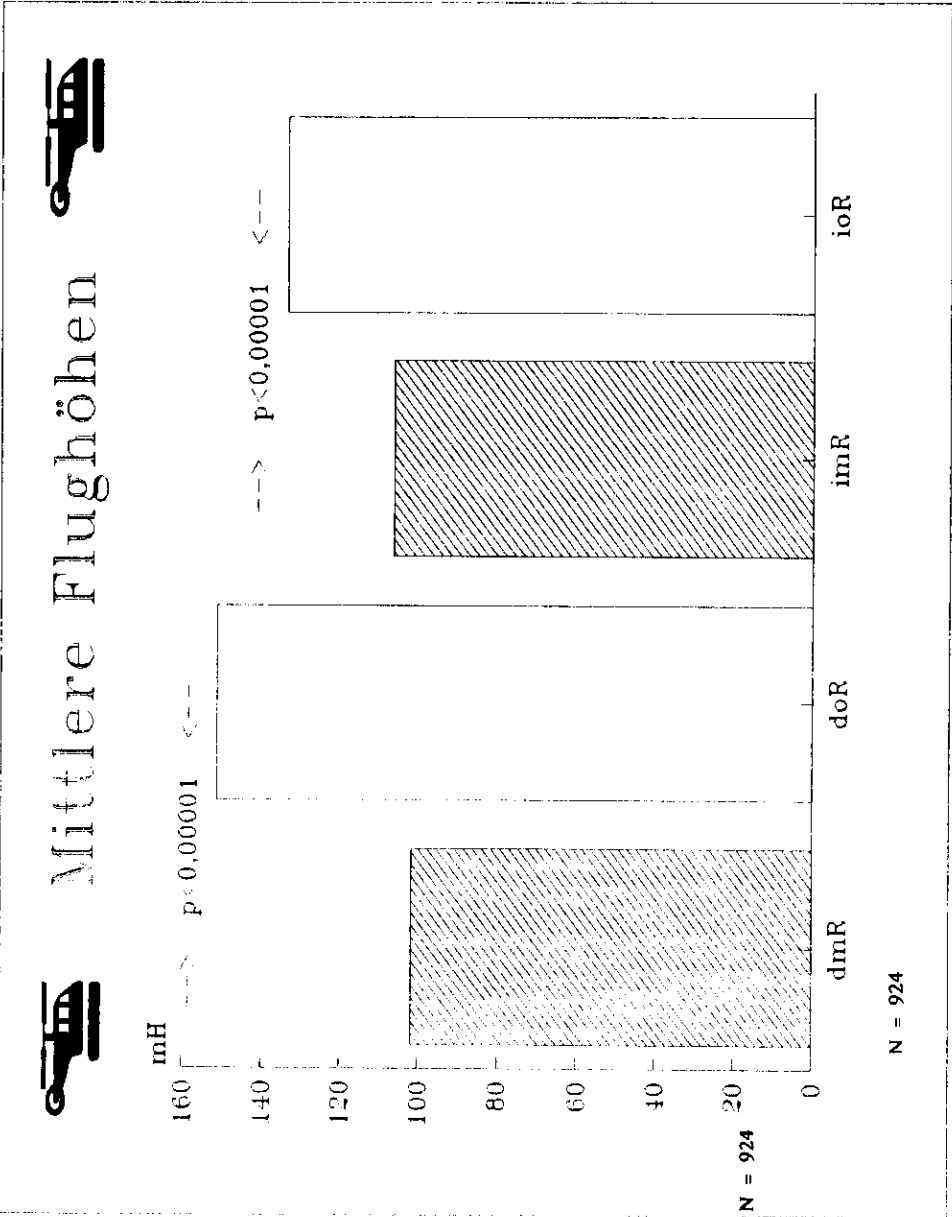
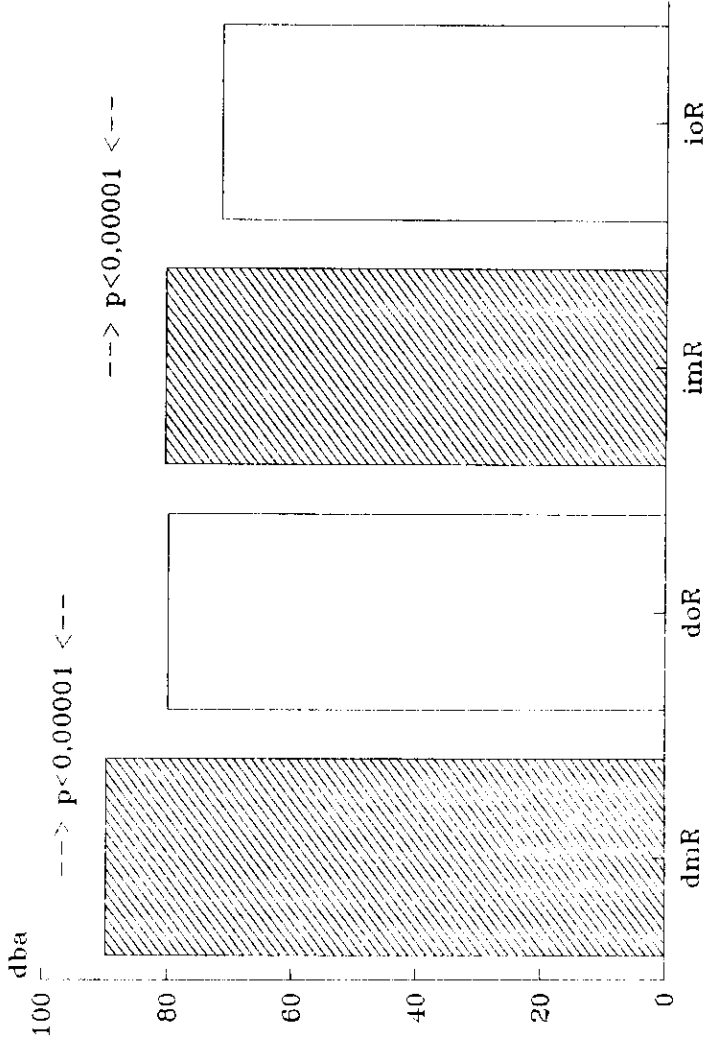
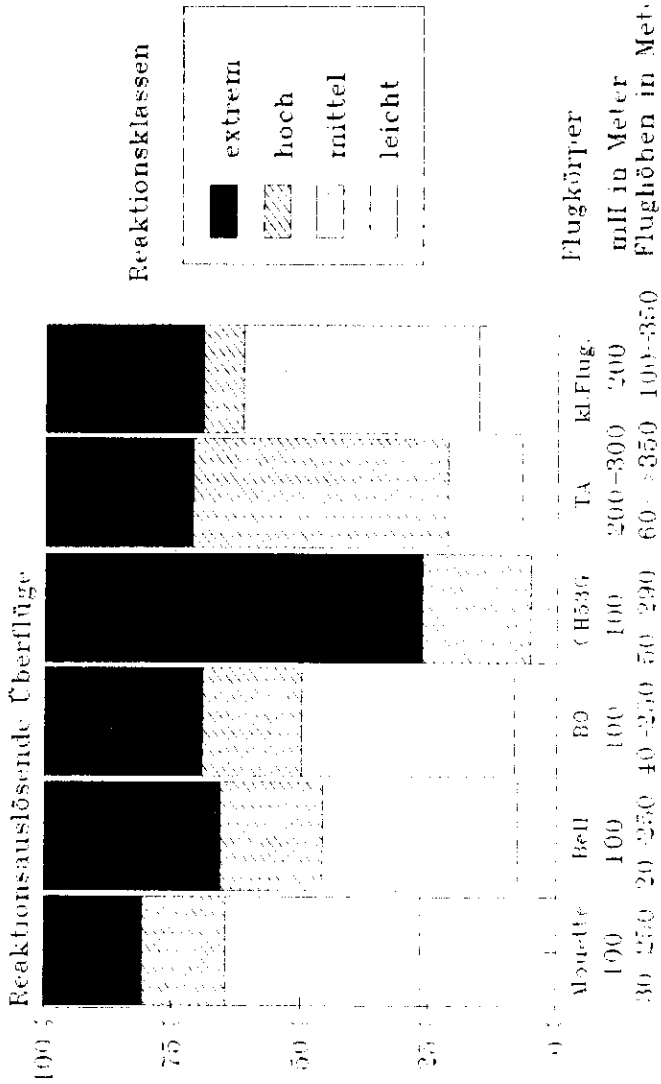


Abbildung 4

Schallpegelmessungen



Verteilung der Reaktionsklassen je Flugkörpertyp bei reaktionsauslösenden Direktüberflügen



Flugkörper
mH in Meter
Flughöhen in Meter