

Auswirkungen von Fluglärm auf Wildtiere: Ein kommentierter Überblick

(The effects of aircraft noise on wildlife: a review and comment)

von NORBERT KEMPF und OMMO HÜPPOP, Helgoland

(Nachdruck aus Journal für Ornithologie 137: 101-113 mit freundlicher Genehmigung des Herausgebers sowie der Autoren)

Zusammenfassung: Die Bewertung von Lärm erfordert physikalische und physiologische Aspekte und ist dementsprechend schwierig. Die Folgen von Lärm reichen beim Menschen von Unbehagen bis hin zu gravierenden, irreversiblen Schäden. Bei Labortieren erzeugen im allgemeinen nur hohe und andauernde Lärmbelastungen gesundheitliche Veränderungen. Hiervon auf Wildtiere zu schließen, ist kaum möglich. Feldstudien müssen sich sorgfältig mit (1) methodischen Problemen der Schalldruckmessung, (2) artspezifischen Unterschieden der Gehörempfindlichkeit und (3) Schwierigkeiten der Reaktionsbewertung im Freiland auseinandersetzen. Wenig standardisierte Untersuchungsmethoden und individuelle Auswertungsverfahren machen einen Vergleich der Ergebnisse aus der Literatur weitgehend unmöglich.

Gerade Fluglärm kann kaum getrennt von der optischen Erscheinung eines Flugzeugs bewertet werden. Optischer und akustischer Reiz haben beide für sich meist eine geringere Wirkung. Die optische Erscheinung eines Flugobjekts hat meistens stärkere Effekte als sein Fluglärm. So können auch lautlose Gleitflieger panische Flucht verursachen. Die Störwirkung des Lärms spielt insgesamt eine eher untergeordnete Rolle, kann aber in Ergänzung zu einem optischen Reiz doch eine Reaktion auslösen. Überschall-Knalle und Düsenlärm bewirken teilweise Schreckreaktionen, haben aber nur in seltenen Fällen ernstere Folgen. Anscheinend können sich Tiere auch an starke Lärmimmissionen gewöhnen. Wenn Tiere auf Flugzeuggeräusche reagieren, so vor allem, weil sie das Geräusch früheren Erlebnissen mit Flugzeugen zuordnen. Von wenigen Unglückfällen bei Panikfluchten abgesehen, sind negative Auswirkungen von Fluglärm als solchem auf Individuen und Popu-

lationen nicht nachgewiesen, während Flugverkehr als ganzes vielfältige Schäden hervorrufen kann. Hinsichtlich der Lärmeffekte auf Wildtiere sind noch viele Fragen offen.

Summary: The discussion of noise effects involves physical, physiological aspects making an evaluation quite difficult. In humans the effects of noise range from discomfort to severe, irreversible damage. In laboratory animals only strong and long lasting noise causes physiological changes that can affect health. These findings are only partly applicable to wild animals. Field studies have to deal carefully with (1) methodological difficulties in measuring sound pressure levels, (2) interspecific differences of auditory sensitivity, and (3) problems in interpreting behavioural reactions in the field. Non-standardized methods of observations and analysis make a comparison of the results found in the literature almost impossible. Especially the noise of aircraft can scarcely be assessed separately from its optical appearance. Optical or acoustical stimuli taken separately have only minor effects with the optical stimulus evoking the stronger reaction; even soundless paragliders can cause panic flights. In general, noise plays a minor role as a disturbance factor, but in combination with optical stimuli can trigger a reaction. Sonic booms and jet aircraft noise sometimes cause startle responses, which mostly do not result in severe consequences. Apparently, animals can adapt to high noise exposures. When animals react to aircraft noise, it is often due to previous experience associating the noise with an aircraft. aside from a few accidents caused by panic flights, negative consequences of aircraft noise per se on individuals and populations are not proven. In contrast aircraft traffic in general can cause a variety of damages. Concerning the effects of noise on wildlife, many questions remain.

I. Einleitung

Viele Menschen fühlen sich durch Fluglärm belästigt (in den alten Bundesländern 45%, in den neuen 34%, Umweltbundesamt 1994). Wir schließen daraus, dass es Tieren ähnlich gehen muss. Aber ist das wirklich der Fall? Gibt es „Stresseffekte“ oder gar Gehörschädigungen wie beim Menschen?

Beim Menschen sind folgende Auswirkungen von Lärm bekannt (nach Rat von Sachverständigen für Umweltfragen 1987):

- Störung von Ruhe und Entspannung
- Schlafstörungen verschiedener Art und Intensität
- Beeinträchtigung der Leistungsfähigkeit
- Emotionsbeeinflussung

- Behinderung der Kommunikation und der Umweltorientierung
- Physiologische Reaktionen (periphere Durchblutungsänderungen, Blutdrucksteigerung, Risiko von Herz-Kreislaufkrankungen usw.)
- Lärmschwerhörigkeit, Verlust des Gehörs
- Schmerz

Um die Lärmwirkung beim Menschen voll zu erfassen, ist also eine sozialwissenschaftliche, psychologische und physiologische Beurteilung notwendig. Eine Bewertung wird in der Praxis zusätzlich dadurch erschwert, dass als Folge der kombinierten Belastung durch Lärm und andere Umweltfaktoren oft kumulative Wirkungen angenommen werden müssen. Aus dieser Betrachtung leitet sich bereits ein Teil der methodischen Probleme bei der Beurteilung von Lärmwirkungen auf Tiere ab.

2. Methodische Probleme

2.1 Schalldruckmessung

Die Messung von Schalldruckpegeln ist erheblich schwieriger als gemeinhin angenommen. Unser Ohr kann Schalldruckschwankungen über eine riesige Skala von mindestens elf Zehnerpotenzen wahrnehmen, was einer Waage mit einem Meßbereich von 1 mg bis 100 t entspräche. In Anpassung an unser Lautstärkeempfinden werden Schalldruckpegel in der logarithmischen Einheit Dezibel (dB) angegeben.

Je nach Fragestellung und Typ der zu untersuchenden Lärmquelle werden bei Schalldruckmessungen die Messwerte über verschieden lange Zeiten integriert.

Bei der Messung und Beurteilung von Lärm orientiert man sich heute fast ausschließlich an der frequenzabhängigen Lautstärkewahrnehmung des menschlichen Ohrs. So erfolgt also eine Gewichtung der verschiedenen Frequenzen entsprechend dem menschlichen Hörvermögen. Die angepaßten Messwerte werden in dB(A) angegeben.

Um dem jeweiligen Hintergrundgeräusch, der besonderen Lästigkeit von impulsartigem Lärm oder von dominant auftretenden Einzeltönen Rechnung zu tragen, werden in der Lärmbewertung entsprechende Korrekturen der Messwerte vorgenommen. Geländebedingungen erschweren reproduzierbare Messungen noch weiter (Details in HARRISON 1978, Rat von Sachverständigen für Umweltfragen 1987, PFLUMM 1989 und BOWLES 1995). Diese Art der Lärmbewertung wird den Wahrnehmungen von Tieren nicht gerecht.

2.2 Hörempfinden

Das Hörempfinden ist von Tiergruppe zu Tiergruppe unterschiedlich, kann also auch nur bedingt mit dem des Menschen verglichen werden. Unterschiede bestehen in der Hörkurve, d. h. in Bereich und Verlauf der Hörschwelle: Der Hörbereich umfasst bei Vögeln im allgemeinen einen engeren Frequenzbereich und die absolute Empfindlichkeit ist ebenfalls etwas geringer als bei Säugetern (einschließlich Mensch). Die Wahrnehmung von Ultraschall bei Vögeln ist nicht nachgewiesen. Sie können aber teilweise bis weit in den Infraschallbereich hören (DOOLING 1978, MEYER 1986, BEZZEL & PRINZINGER 1990). Säugetiere können aufgrund des anderen Baus ihres Mittelohrs teilweise Ultraschall wahrnehmen (PFLUMM 1989, Übersichten über Hörbereiche bei PENZLIN 1977, ALGERS et al. 1978, MEYER 1986). Unterschiede in der Gehör-Empfindlichkeit, d.h. in der Lage der Schmerzschwelle bei verschiedenen Frequenzen, sind wahrscheinlich, aber weitgehend ungeklärt (LUZ & LIPSCOMB 1973).

2.3 Schädigung durch Schall

Das Innenohr der Vögel ist weniger empfindlich gegen Schädigung durch überlauten Schall als das der Säuger. Ein Reflex des *Musculus columellaris*, der die Spannung des Trommelfells reguliert, scheint die Wirkung von sehr starken Schallimpulsen effizienter dämpfen zu können als ein entsprechender Mechanismus bei Säugern (BEZZEL & PRINZINGER 1990). Daneben können Vögel (sowie vermutlich Reptilien und Amphibien) in hohem Maß beschädigte oder zerstörte Rezeptorzellen regenerieren (CORWIN & COTANICHE 1988, RYALS & RUBEL 1988, CROWN & WARCHOL 1991, ALI KHAN et al. 1994, BOWLES 1995), Säugetiere dagegen kaum (RUBEL et al. 1995).

2.4 Reaktionsbewertung

Die Reaktionsbewertung ist besonders bei Wildtieren sehr schwierig und kann nur anhand von Verhaltensänderungen und einigen physiologischen Reaktionen erfolgen. Im Freiland sind kaum standardisierte Bedingungen realisierbar. Wie Wildtiere auf Reize reagieren, hängt in ganz unterschiedlicher Weise von der augenblicklichen Aktivität der Tiere, von der Tages- und Jahreszeit, von der Schwarm- oder Herdengröße, vom Stand der Brut bzw. dem Führen von Jungtieren, von anderen Störungen oder Belästigungen (z.B. Insektenplage), vom Wetter, von der Geländestruktur, von individuellen Erfahrungen und vielem mehr ab. Meistens wirken mehrere Reize gleichzeitig und können sich gegenseitig verstärken (BOWLES 1995, KEMPF & HÜPPOP unveröff.).

2.5 Problem der Reiztrennung

Bei Flugzeugen lassen sich akustischer und optischer Reizanteil kaum voneinan-

der trennen (BUSNEL 1978). Die Beurteilung möglicher Auswirkungen ist daher schwierig; sie soll im folgenden dennoch versucht werden.

3. Wirkungen von Fluglärm unabhängig vom optischen Reiz

3.1 Überschall-Knall

Ein Überschall-Knall führt bei Wasservögeln zu einer Schreckreaktion, meist zu panikartigem Auffliegen (WILSON 1971, SCHRÖDER 1974, HEINEN 1986). Greifvögel (ELLIS et al 1991) oder Wildtruthühner (*Melcagris gallopavo*, LYNCH & SPEAKE 1978) scheinen weniger empfindlich zu sein. Dagegen flüchten Kalifornische Kondore (*Gymnogyps californianus*) häufig wegen Überschallknallen (oder anderem Lärm) vom Nest, was ein Risiko für die Brut darstellt. (SHAW 1970 und WILBUR 1978 in GLADWIN et al. 1988). Säugetiere zeigen meist eine wenig dramatische Schreckreaktion oder reagieren kaum auf einen Überschall-Knall (Übersichten bei BELL 1972, ALGERS et al. 1978, COTTERAU 1978 und MANCI et al. 1988).

Über weitergehende Folgen sind in der Literatur widersprüchliche Angaben zu finden: Im Jahr 1969 hatten 40.000 Seeschwalbenpaare (*Sterna fuscata*) auf einer Insel fast vollständigen Brutausfall, weil nach Ansicht von ROBERTSON (in BELL 1972) die Embryonen in den Eiern durch Überschall-Knalle von tieffliegenden Maschinen abgetötet worden waren. Andererseits ergaben umfangreiche Labortests keinen Einfluß von (simulierten) Überschall-Knallen auf die Schlupfrate von Hühnereiern (BELL 1972), und auch BOWLES (1995) vermutet, dass eher eine Massenfucht der Altvögel für die Verluste verantwortlich war. Hierfür spricht, dass andere Arten auf derselben Insel normalen Bruterfolg hatten. Ähnlich unklar ist z.B. die Frage, ob Nerze (*Mustela lutreola*) in Pelzfarmen durch Überschall-Knalle geschädigt werden können (Aufgabe oder Töten der Jungen, Häufung von Tot- und Frühgeburten - Beispiele bei ALGERS et al. 1978).

Unbestritten können Überschall-Knalle oder andere Formen von impulsartigem Lärm aber Veränderungen der Hörfähigkeit und andere physische Gehörschäden bewirken, wobei es große zwischenartliche Unterschiede gibt (LUZ & LIPSCOMB 1973). Kumulative Effekte, die z.B. bei Labormäusen zu Innenohrbluten führen, sind schon bei einer Rate von einem Knall pro Tag nachgewiesen (REINIS 1976). Bei verschiedenen Tierarten sind schwere Unfälle aufgrund von Panikreaktionen auf Überschall-Knall belegt. In den Jahren 1961 bis 1970 wurden wegen Schäden an Haustieren durch Überschall-Knall 238 Schadensersatzklagen über zusammen 900.000 Dollar an die US Air Force gerichtet. Zusammen wurden 128.000 Dollar an 98 Kläger gezahlt (BELL 1972).

3.2 Düsenlärm

Nur wenige Arbeiten lassen eine Bewertung von Düsenlärm getrennt von dem optischen Reiz „Flugzeug“ zu. Düsenlärm im Bereich von 110 bis 130 dB hatte bei Hühnerküken und Hausschweinen keinen Einfluß auf Wachstum und andere Parameter, ebenso veränderte sich die Milchleistung von Kühen durch den Lärm eines Flugplatzes nicht (ALGERS et al. 1978).

BROWN (1990) untersuchte das Verhalten von Eilseeschwalben (*Sterna bergii*) in einer Brutkolonie gegenüber Flugzeuflärm mit 65 bis 95 dB(A). Auf den zusätzlichen Lärm reagierten die Tiere überwiegend mit Orientierungsverhalten und Beruhigung. Erst bei 90 und 95 dB(A) traten bei 4% der Vögel in der Kolonie Schreckreaktionen auf und weitere 2 bis 4% flogen auf. LISTER (1990) stellte bei Tonband-Experimenten fest, dass allein der Lärm eines Düsenjets brütende Eilseeschwalben von ihrem Nest vertreiben kann und dadurch ihre Gelege vermehrt von Weißkopflachmöwen (*Larus novaehollandiae*) geraubt werden.

Der Lärm am Tage über Vogelrastplätzen übender Düsenjets war vermutlich die Ursache für Desorientierung und „falsche“ Zugrichtungen (Fluchtbewegungen?) von Singvögeln auf dem Zug in der darauffolgenden Nacht (HILGERLOH 1990).

In der Nähe des Kennedy International Airport reagierten brütende Silbermöwen (*Larus argentatus*) nicht auf normale Düsenflugzeuge (im Mittel 91,8 dBA), dagegen teilweise auf das Überschallflugzeug Concorde (108,2 dBA; BURGER 1981). Als Grund kommen neben der Lautstärke auch die Seltenheit der Concorde und die durch sie ausgelösten Vibrationen in Frage.

Ein Beispiel für hohe Lärmtoleranz stellt die Arbeit von ELLIS et al. (1991) dar. Die Autoren untersuchten die Reaktionen von Greifvögeln (8 Arten an 38 Horsten) auf extremen Fluglärm (etwa 1000 Düsenjet-Vorbeiflüge in sehr geringer Entfernung). Altvögel und Nestlinge reagierten in fast allen Fällen nicht oder kaum sichtbar. Nur sehr selten flogen Altvögel auf. Der Bruterfolg wurde nicht negativ beeinflusst.

3.3 Sonstige Flugzeuggeräusche

BECK (in HÜPPOP 1995) untersuchte die Reaktionen brütender Rotschenkel (*Tringa totanus*) auf verschiedene Reize mittels Herzschlagraten-Telemetrie. Beim Vorspielen von Kleinflugzeug- und Hubschrauber-Geräuschen reagierten die Vögel deutlich stärker als bei indifferentem Rauschen gleicher Lautstärke (ca. 70 dB). Dies zeigt, dass die Vögel Flugzeuge am Geräusch wiedererkennen können und Fluglärm anders bewerten als unbekannte Geräusche (HÜPPOP 1995).

Beobachtungen von FLORE & HÜPPOP (unveröff.) an rastenden Kormoranen (*Phalacrocorax carbo*) auf Helgoland ergaben ähnliche Hinweise auf Lerneffekte: Die Vögel unterbrechen ihre Gefiederpflege häufig auch dann, wenn nur das Fluggeräusch eines Hubschraubers aus der Ferne zu hören, der Helikopter selbst aber (noch) nicht zu sehen ist. Auf Grönland begaben sich mausernde Kurzschnabel- und Nonnengänse (*Anser brachyrhynchus*, *Branta leucopsis*) bereits auf sichere Wasserflächen, wenn Helikopter noch 5 bis 20 km entfernt, also wohl überwiegend außer Sichtweite waren (MOSBECH & GLADER 1991). FJELD et al. (1988) stellten bei Helikopter-Versuchsflügen im Bereich einer Dickschnabellummenkolonie (*Uria lomvia*) auf Spitzbergen fest, dass die Vögel bei einem bestimmten Schalldruckpegel anfangen zu reagieren. Dieser Wert wurde je nach den Umständen bei Hubschrauberentfernungen von 500 m bis 6 km erreicht.

In solchen und ähnlichen Fällen der Wirkung über große Distanzen (z.B. Gänse reagierten auf Helikopter in 1,5 km Entfernung, NIEMANN & SOSSINKA 1991) löst sicherlich nicht das Fluggeräusch an sich die Reaktion aus, sondern der erlernte Zusammenhang mit als bedrohlich empfundenen Erlebnissen mit Flugzeugen in der Vergangenheit.

Bei der ausführlichen Untersuchung von NIEMANN & SOSSINKA (Gutachten 1991) lagen die mittleren Schallpegelwerte bei Helikopter-Überflügen, die eine Reaktion hervorriefen, signifikant höher als bei Überflügen, die keine Reaktion hervorriefen: direkter Überflug 89,9 dB(A) gegenüber 79,9, seitlicher Überflug 80,5 gegenüber 71,5 dB(A). Bei seitlichen Vorbeiflügen in mehr als 700 m Distanz, bei etwa 57 bis 67 dB(A), wurde in der Regel keine Reaktion ausgelöst. HEINEN (1986) fand nur bei sehr wenigen Vögeln im Wattenmeer einen Zusammenhang zwischen Fluglärm und Störreaktion. Ringelgänse (*Branta bernicla*), aber auch Brandgänse (*Tadorna tadorna*) reagierten bei über 65 dB(A) häufiger.

Greifvögel am Horst scheinen durch das höherfrequente Jaulen turbinengetriebener Helikopter weniger gestört zu werden als durch den niederfrequenten Lärm von Helikoptern mit Kolbenmotor (WHITE & SHERROD 1973).

Aus Untersuchungen über Säugetiere sind uns keine Schalldruckpegelmessungen bekannt. Die einzigen Hinweise auf Lautstärken geben LUZ & SMITH (1976). Sie ließen einen Hubschrauber auf eine Gabelbockherde (*Antilocapra americana*) in New Mexico zufliegen. Bis 3.000 ft Entfernung und 400 ft Flughöhe reagierten die Tiere nicht. Erst bei einer Entfernung von 500 ft und 150 ft Höhe flüchteten die Tiere. Die Autoren schließen daraus, dass 60 dB(A) keine Reaktion aber 77 dB(A) Flucht hervorrufen (Werte aus späteren Vergleichsmessungen mit einem OH-58

Helikopter), ignorieren dabei aber die optische Wirkung des Hubschraubers.

Dass Sportflugzeuge im allgemeinen deutlich stärkere Reaktionen als Jets hervorrufen, unterstreicht die sekundäre Rolle des Lärms bei der Wirkung auf Vögel (z.B. VISSER 1986, KEMPF & HÜPPOP unveröff.). Auch aus der Beschreibung der oft panischen Fluchtreaktionen von Steinböcken (*Capra ibex*), Gemsen (*Rupicapra rupicapra*) und Rothirschen (*Cerphus elaphus*) vor Deltaseglern und Gleitschirmen in den Alpen (SZEMKUS unveröff. 1993, MOSLER-BERGER 1994) ergibt sich, dass das Motorengeräusch nur einen geringen Anteil an der Störwirkung von Flugzeugen haben kann. Offensichtlich stellt der Lärm nur einen zusätzlichen, für die Reizwirkung eines Flugobjektes nicht notwendigen Stimulans dar. (Plötzliche) Geräusche können allerdings - auch ohne besondere Lautstärke - bei Tieren, die durch die optische Erscheinung eines Flugobjektes stark beunruhigt sind, der Auslöser für das Einsetzen der Flucht sein. Besonders deutlich wird dies bei Ballonüberflügen in Form des Einschaltens des Brenners. Ebenso scheinen beim Über- oder Vorbeiflug von Deltaseglern oder Gleitschirmen oftmals Rufe oder „Jauchzen“ der Piloten den letzten „Kick“ zum Losbrechen der Panik zu liefern (MOSLER-BERGER 1994).

4. Allgemeine Lärmwirkungen

Die folgenden auf andere Lärmquellen zurückgehenden Beobachtungen sollten zumindest teilweise auch für Fluglärm gültig sein, obwohl entsprechende Nachweise bisher fehlen:

Hohe Lärmpegel können im Tierexperiment vielfältige Vitalitätsänderungen bei einer großen Zahl von Organen und Systemen hervorrufen (Hormone, Kreislauf, Verdauung, Immunsystem, Fortpflanzung, Verhalten usw., ALGERS et al. 1978). Diese an Haus- und Labortieren oft bei sehr hohen und andauernden Lärmbelastungen erzielten Befunde treten z.T. schon bei Schalldruckpegeln von 85 bis 89 dB auf. In Flugplatznähe und Tieffluggebieten, ja selbst im Straßenverkehr kommen häufig höhere Werte vor (BURGER 1983, Rat von Sachverständigen für Umweltfragen 1987, BOWLES 1995). Die Belastung mit Fluglärm ist aber normalerweise nur von kurzer Dauer. Daher ist nach den Laborversuchen im allgemeinen nicht mit physiologischen Schäden zu rechnen. Allerdings belegen CHESSEY et al. (1975) eine Vergrößerung der Nebennieren bei Hausmäusen (*Mus musculus*) auf einem Flugplatz (80-120 dB) im Vergleich zu weiter entfernt bei 80 bis 85 dB lebenden Artgenossen.

Wüstenbewohnende Fransenfinger-Leguane (*Uma scoparia*) und Känguruhratten (*Dipodomys deserti*) haben ein extrem feines Gehör entwickelt, um das Gleiten

von Schlangen und den Flügelschlag von Eulen rechtzeitig wahrzunehmen. BRATTSTROM & BONDELLO (in GLADWIN et al. 1988) wiesen bei diesen Tieren schlagartigen Gehörverlust bei Vorspielen von Motorenlärm mit 95 dB(A) nach. Da die Regeneration Wochen dauerte, ist mit schwerwiegenden Beeinträchtigungen bei der Wahrnehmung von Beutegreifern (und Beute) zu rechnen.

Neben Gesundheitsschäden kann es auch zu Kommunikationsproblemen kommen. Andauernde Umweltgeäusche (Straßenlärm) können die Balz des Auerhahns (*Tetrao urogallus*) überdecken (HJORTH 1977) oder die Hörbarkeit des Singvogelgesangs beeinträchtigen und damit den Verpaarungserfolg von Singvogelmännchen an Straßen verringern (REIJNEN et al. 1995). Ähnliche Effekte durch Fluglärm sind wohl nur bei kontinuierlichem Flugbetrieb zu erwarten. Nach BUSNELL (1978) sind Vögel normalerweise aber in der Lage, für sie relevante Laute selbst aus einem Hintergrundgeräusch mit erheblich höherem Schallpegel herauszufiltern.

Generell scheinen Säugetiere und Vögel recht unempfindlich gegenüber Lärm zu sein, sofern dieser nicht ein „Gefährdikator“ für sie ist, also z.B. die Annäherung von Menschen anzeigt (DORRANCE et al. 1975, BUSNEL 1978, BOWLES 1995). In oder an Fabriken nisten viele Vogelarten auch bei Dauerschallpegeln von 115 dB (BUSNEL 1978). Lediglich bei unerwarteten Knallen reagieren Tiere meist mit einem Schreckreflex, der bei Wiederholung des Reizes bald erlischt (STOUT & SCHWAB 1980). In der Praxis äußert sich diese Unempfindlichkeit darin, dass Vögel und Säuger auf Dauer nicht durch akustische Reize zu vergrämen sind (z.B. ANDERSEN 1978, STOUT & SCHWAB 1980, REICHHOLF 1989, BOMFORD & O'BRIAN 1990, MILSOM 1990).

Reptilien, Amphibien und Fische können Lärm (auch von Flugzeugen) wahrnehmen. Ihre Reaktionen darauf sind im allgemeinen sehr schwach (Übersicht bei MANCI et al. 1988). Im Falle der wüstenbewohnenden Südlichen Schaufelfuß-Kröten (*Scaphiopus couchi*), die durch Gewitterdonner - aber auch Motorenlärm - aus ihrem Trockenschlaf aufgeweckt werden, sind schwerwiegende negative Folgen denkbar (BRATTSTROM & BONDELLO 1983 in GLADWIN et al. 1988).

5. Allgemeine Reaktionen von Wildtieren auf Flugzeuge

Wie eingangs erwähnt, sind akustischer und optischer Reizanteil schwer zu trennen. Es gibt daher eine ganze Reihe von Arbeiten, die Reaktionen von Tieren auf Flugzeuge allgemein beschreiben. Zusammengefasst lassen sich folgende Reaktionen unterscheiden:

Leichtere Reaktionen wie Sichern, Nervosität, Sich-Drücken oder Verstecken sind

eher unauffällig und nur bei intensiver Beobachtung genau zu registrieren. So wird in vielen Arbeiten nur die meist auffällige Flucht von Tieren als Ausdruck der Furcht gegenüber einem Störreiz gewertet. Bereits Tierfilme dokumentieren unfreiwillig die Flucht praktisch aller Großsäugerarten bis Giraffe (*Giraffa camelopardalis*), Elefant (*Loxodonta africana*) und Eisbär (*Ursus maritimus*) vor dem Filmteam-Helikopter. Auch in der Literatur gibt es eine Fülle von Berichten über Flucht von Vögeln und Säugetieren vor Helikoptern und Flächenflugzeugen (Übersichten mit vielen Beispielen bei MOSLER-BERGER 1994, KEMPF & HÜPPOP unveröff.). Lediglich Moschusochsen (*Ovibos moschatus*) flüchten beim Überflug eines Helikopters nicht, sondern bilden einen Verteidigungsring (MÜLLER & GUNN 1979).

Auch Flugzeug-Überflüge, die nicht mit äußerlich erkennbaren Reaktionen gekoppelt sind, können ein Tier erregen, wie an einer Herzschlagraten-Erhöhung zu sehen ist (z.B. Adélicpinguin *Pygoscelis adeliae*: CULIK et al. 1990, Eiderente *Somateria mollissima*: GABRIELSEN 1987, Austernfischer *Haematopus ostralegus*: HÜPPOP & HAGEN 1990, Uferschnepfe *Limosa limosa*: DIETRICH et al. 1989, Dickhornschaf *Ovis canadensis*: MAC ARTHUR et al. 1979).

Mit Ausnahme von KUSHLAN (1979) und CALEF et al. (1976) kommen alle Autoren zu dem Ergebnis, dass Helikopter eine stärkere Wirkung auf Wildtiere haben als Flächenflugzeuge. Vögel werden von Sportflugzeugen mindestens genauso stark beunruhigt wie von Düsenjets, mehrere systematische Untersuchungen ergaben sogar eine geringere Wirkung der lautstarken Jets. Ebenfalls von großer Bedeutung in diesem Zusammenhang ist, dass sowohl bei Vögeln als auch bei Säugetieren mehr oder weniger geräuschlose Fluggeräte (Gleitschirme, Deltasegler und Segelflieger) ähnliche panische Fluchtreaktionen wie laute Flugzeuge provozieren können (Übersichten bei MOSLER-BERGER 1994, KEMPF & HÜPPOP unveröff.).

Die Entfernungen und Flughöhen, die Reaktionen auslösen, sind sehr unterschiedlich. Bei Vögeln sind starke Reaktionen bei Flughöhen unter 300 m häufig, sie können aber auch bei über 500 m vorkommen. Meist wird bei Säugetieren von panikartigen Fluchtreaktionen bei Flughöhen unter 150 m berichtet. Bei Höhen über 400 bis 600 m registrierten die meisten Autoren keine offensichtliche Beeinflussung der beobachteten Tiere mehr (MOSLER-BERGER 1994, KEMPF & HÜPPOP unveröff.).

6. Folgen der aufgeführten Reaktionen

Grundsätzlich können Flugzeuge die gleichen Folgen hervorrufen wie andere

Störungen auch (HÜPPOP & HAGEN 1990, MOSLER-BERGER 1994, HÜPPOP 1995, KELLER 1995, KEMPF & HÜPPOP unveröff.), z. B.:

- Zeitverlust
- Lebensraumverlust
- höherer Energieverbrauch
- Konditionsverlust
- verminderter Aufzuchterfolg
- erhöhte Anfälligkeit für Krankheiten und Parasiten
- erhöhte Mortalität.

Vermutlich verursachen Flugobjekte im Vergleich zu anderen Störungsformen häufiger Panikreaktionen. Dabei können Tiere zu Schaden kommen, z.B. Absturz halb-wüchsiger Jungvögel in Seevogelkolonien (ZONFRILLO 1993), umfangreiche Verluste in einer Pelikankolonie (*Pelecanus erythrorhynchos*) durch Zertreten der Eier beim Auffliegen (BUNELL et al. 1981), Unfälle von Gänsen (*Chen caerulescens*) an Stromleitungen (BLOKPOEL & HATCH 1976) und Birkhühnern (*Tetrao tetrax*) in Auswilderungsvolieren (CLEMENS 1990), Absturz in Panik flüchtender Gemsen oder Steinböcke, Genickbruch eines in einen Zaun flüchtenden Hirsches (MOSLER-BERGER 1994) und Panikflucht mit Verletzungen bei Karibu (*Rangifer tarandus*, nach CALEF et al. 1976).

7. Gibt es eine Gewöhnung an Fluglärm?

Die Häufigkeit von Flugzeugen allgemein oder bestimmten Flugzeugtypen hat offensichtlich einen Einfluss auf die Reaktion von Vögeln (z.B. ANDERSEN et al. 1989, Heinen unveröff. 1986, NIEMANN & SOSSINKA Gutachten 1991, SMIT & VISSER 1993). Es gibt viele Berichte über auffallende Toleranz von Wildtieren gegenüber hohen Lärm- oder Flugverkehrsbelastungen, z.B. in militärischen Übungsgebieten (KÜSTERS & VAN RADEN 1986 und 1987, KOOLHAAS et al. 1993, VISSER 1986). Anscheinend können Wildtiere selbst in stark lärmbelasteten Flugschneisen und auf Flugplätzen leben und Nachkommen haben (JAKOBI 1975, BUSNEL 1978, KEMPF & HÜPPOP 1995). Die Anziehungskraft von Flugplätzen als Brut-, Nahrungs- und Rastgebiet für Vögel führt weltweit zu Vogelschlagproblemen (z. B. BURGER 1983, MILSOM 1990, KÜSTERS 1985, REICHHOLF 1989). Voraussetzung für eine mögliche Gewöhnung ist offensichtlich der zeitlich und räumlich regelmäßige Ablauf des Flugverkehrs.

Eine weitere Voraussetzung für die Möglichkeit, sich an Phänomene wie Flugverkehr zu gewöhnen, scheint eine ausreichend geringe Reizintensität zu sein. Diese

muss ein Kennenlernen der neuen Erscheinung ermöglichen und nicht jedesmal zu einer sofortigen und bedingungslosen Flucht führen (MOSLER-BERGER 1994).

Statt einer Gewöhnung kann eine Serie von gleichartigen Störreizen auch eine Erhöhung der Empfindlichkeit bewirken (NIEMANN & SOSSINKA 1991, MOSLER-BERGER 1994). Dies kann sogar eine langfristige Entwicklung sein: Nach zwei Jahren mit starkem Flugverkehr reagierten Karibus im Folgejahr eindeutig empfindlicher auf Flugzeuge (CALEF et al. 1976).

8. Ausblick

Aus der Sichtung der Literatur ergibt sich zunächst die Forderung nach methodischer Vereinheitlichung und Präzisierung. Hierzu gehören fachgerechte Messungen von Flughöhe und Lautstärke, Angaben zu Flugzeugtyp und Verkehrsaufkommen, klare Trennung von optischem und akustischem Reiz und Berücksichtigung weiterer reaktionsbeeinflussender Parameter (s. 2.4). Eine Minimalforderung für eine anzustrebende Standardisierung der Reaktionsmessung und -auswertung ist die Erfassung und Dokumentation auch von „Nicht-Reaktionen“ und ausbleibenden Wirkungen. Ein Vergleich mit Kontrollgruppen oder -gebieten könnte viele Ergebnisse besser absichern.

Folgende Fragen zur Lärmwirkung auf Wildtiere bedürfen weiterer Untersuchung:

- Welchen Anteil hat der Lärm und welchen Anteil hat die optische Erscheinung von Flugzeugen an ihrer Störwirkung?
- Welche Frequenzanteile von Fluglärm werden als besonders störend empfunden?
- Haben Fluggeräte mit impulshaltigem Fluggeräusch (z.B. Helikopter) eine andere Wirkung als solche mit gleichmäßigem Geräusch?
- Gewöhnen sich Tiere wirklich an Lärm oder wandern empfindlichere Individuen ab?
- Gibt es Gesundheitsschäden bei freilebenden Tieren?
- Gibt es mittelbare und langfristige Konsequenzen, z.B. Einflüsse auf Überlebensrate, Fortpflanzungsrate und Populationsentwicklung?
- Gibt es artspezifische Unterschiede?
- Werden Eulen, Fledermäuse oder andere Tiere bei der akustischen Orientierung beeinträchtigt?

Wie unsere Übersicht gezeigt hat, stellt Fluglärm für sich genommen anscheinend kein besonderes Naturschutzproblem dar. Flugzeuge bzw. Flugverkehr bedeuten aber sehr wohl für viele Arten eine Beeinträchtigung. Es ergeben sich daher fol-

gende Forderungen (KEMPF & HÜPPOP unveröff.): Flugzeuge sollten grundsätzlich möglichst hoch fliegen. Die Vorschläge in der Literatur reichen von mindestens 300 bis mindestens 900 m. Der Flugverkehr ist möglichst an feste Routen und bestimmte Gebiete zu binden. Dadurch kann eine Trennung in Gebiete mit regelmäßigem Verkehr und flugverkehrsfreie Gebiete erfolgen.

Literatur:

Das sehr umfangreiche Literaturverzeichnis kann bei der Redaktion von „Vogel und Luftverkehr“ angefordert werden.

Anschrift der Verfasser:

Norbert Kempf und Dr. Ommo Hüppop
Inselstation des Instituts für Vogelforschung
„Vogelwarte Helgoland“
Postfach 12 20
D-27494 Helgoland