



**SCHRIFTENREIHE
UMWELT NR. 344**

Natur und Landschaft



**Einfluss des
Flugverkehrs
auf die Avifauna**

Literaturstudie



**Schweizerische
Vogelwarte
Sempach**



**Bundesamt für
Zivilluftfahrt BAZL**



**Bundesamt für
Umwelt, Wald und
Landschaft
BUWAL**

**SCHRIFTENREIHE
UMWELT NR. 344**

Natur und Landschaft

**Einfluss des
Flugverkehrs
auf die Avifauna**

Literaturstudie

Avec résumé en français
Con riassunto in italiano
With summary in English

**Herausgegeben vom Bundesamt
für Umwelt, Wald und Landschaft
BUWAL
Bern, 2002**

Herausgeber

Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft
BUWAL, ein Amt des Eidgenössischen Departements
für Umwelt, Verkehr, Energie, Kommunikation UVEK

Autoren

Susanna Komenda-Zehnder, Prof. Dr. Bruno Bruderer

Zitierung

KOMENDA-ZEHNDER, S.; BRUDERER, B. 2002:
Einfluss des Flugverkehrs auf die Avifauna –
Literaturstudie. Schriftenreihe Umwelt Nr. 344.
Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft, Bern.
100 S.

Begleitung BUWAL

Marguerite Trocmé, Rolf Anderegg

Begleitung BAZL

Catherine Marthe, Werner Bula

Gestaltung

Ursula Nöthiger-Koch, 4813 Uerkheim

Titelfotos

Heissluftballon: Hans Leuzinger
Helikopter und Kleinflugzeug:
Susanna Komenda-Zehnder

Bezug

BUWAL
Dokumentation
CH-3003 Bern
Fax: +41 (0) 31 324 02 16
E-Mail: docu@buwal.admin.ch
Internet: www.buwalshop.ch

Bestellnummer

SRU-344-D

Preis

CHF 10.– (inkl. MWST)

© BUWAL 2002 12.2002 1000 71039/148

Inhaltsverzeichnis

Abstracts	5	5 Empfehlungen	
Vorwort	7	zur Reduktion der Störwirkung	61
Zusammenfassung	9	5.1 Räumliche Aspekte	61
Résumé	11	5.2 Zeitliche Aspekte	62
Riassunto	13	6 Geltende Minimalflughöhen	65
Summary	15	in verschiedenen Ländern	65
1 Einleitung	17	7 Literatur	69
2 Begriffe und Methode	19	Dank	79
2.1 Begriffe und Definitionen	19	Anhang	81
2.2 Methode	20	1 Artenliste	81
2.2.1 Literaturrecherche	20	2 Auswirkungen auf das Energie-Zeitbudget	
2.2.2 Verwendete Publikationen	20	ausserhalb der Brutsaison	84
2.2.3 Überflugbestimmungen		3 Auswirkungen auf Verbreitung und	
in anderen Ländern	22	Raumnutzung ausserhalb der Brutsaison	87
3 Luftfahrzeuge als Störquelle	23	4 Auswirkungen auf	
3.1 Reaktionen auf Luftfahrzeuge	24	Fortpflanzungsverhalten und -erfolg	89
3.1.1 Kleinflugzeuge	24	Verzeichnisse	95
3.1.2 Helikopter	28	1 Glossar / Vokabular	95
3.1.3 Militärjets	31	2 Abkürzungsverzeichnis	97
3.1.4 Kleinaviatik	32	3 Abbildungsverzeichnis	98
3.1.5 Modellflugzeuge	34	4 Tabellenverzeichnis	99
3.1.6 Vergleiche zwischen Luftfahrzeugen	35	5 Stichwortverzeichnis / Index	100
3.2 Charakterisierung des Störreizes	36		
3.2.1 Optischer Reiz	37		
3.2.2 Akustischer Reiz	38		
3.2.3 Räumliche Faktoren	40		
3.2.4 Zeitliche Faktoren	40		
3.3 Einflüsse anderer Umweltfaktoren	42		
4 Auswirkungen	45		
4.1 Reaktionsnormen der Vögel	45		
4.1.1 Artunterschiede	47		
4.1.2 Brütende Vögel	48		
4.1.3 Nicht brütende Vögel	49		
4.2 Reaktionen	50		
4.2.1 Physiologische Reaktionen	50		
4.2.2 Sichtbare Reaktionen	50		
4.3 Gewöhnung	52		
4.4 Konsequenzen	53		
4.4.1 Energie- und Zeitbudget	53		
4.4.2 Raumnutzung	55		
4.4.3 Bruterfolg	55		
4.4.4 Überleben	57		

Abstracts

Keywords:

Bird*, disturbance,
flight level, aviation,
aircraft, helicopter

This study reviews some 190 publications on disturbing effects of civil and military aircraft (including hot-air balloons, hang gliders, paragliders and model aircraft) on birds. Unpredictable appearance of unknown, noise-producing objects resembling aerial predators seems to be a set of factors with a high disturbing potential. Systematic studies are usually focused on visible reactions of bird aggregations during the non-breeding time. Short-term effects of disturbance are reduced time for resting and feeding combined with increased energy consumption for escape reactions. Long-term effects are usually not studied but may include the desertion of habitats and reduced reproductive success.

Stichwörter:

Vogel, Störung, Flug-
höhe, Luftfahrt,
Flugzeug, Helikopter

Diese Studie fasst die Resultate von etwa 190 Publikationen über die Störwirkung von zivilen und militärischen Luftfahrzeugen (inkl. Heissluftballone, Hängegleiter und Gleitschirme sowie Modellflugzeuge) auf Vögel zusammen. Unvorhersehbares Auftauchen von unbekanntem, lärm-produzierenden Objekten mit flugfeind-ähnlichem Erscheinungsbild scheint eine Kombination von Faktoren mit hohem Störpotenzial zu sein. Kurzfristige Störungswirkungen zeigen sich in verminderter Zeit für Ruhe und Nahrungsaufnahme verbunden mit erhöhtem Energieverbrauch durch Fluchtverhalten. Langzeitwirkungen werden meist nicht untersucht, können aber Habitatverluste und reduzierten Fortpflanzungserfolg beinhalten.

Mots-clés:

Oiseau, dérangement,
altitude, aviation, avion,
hélicoptère

Cette étude rend compte des résultats de 190 publications traitant des dérangements que l'aviation civile et militaire (y compris ballons à air chaud, ailes delta, parapentes et modèles réduits) provoque chez les oiseaux. L'apparition imprévisible d'objets inconnus et bruyants, apparentés à des prédateurs ailés, représente une combinaison de facteurs à haut potentiel de dérangement. Ces brèves perturbations se traduisent à court terme par un raccourcissement du temps consacré à l'alimentation et au repos, ainsi que par une augmentation des dépenses énergétiques (oiseaux en fuite). Les conséquences à long terme ne sont pas en général examinées, mais peuvent impliquer la perte d'habitats et une reproduction moins réussie.

Parole chiave:

Uccello, disturbo,
altitudine, aviazione,
aereo, elicottero

Questo studio riassume i risultati di circa 190 pubblicazioni sugli effetti dei disturbi per gli uccelli causati dall'aviazione civile e militare (incluse le mongolfiere, gli alianti da pendio, i parapendii e i modelli di aerei). L'imprevista comparsa di oggetti non conosciuti e rumorosi, che assomigliano a predatori alati, rappresenta un insieme di fattori con un alto potenziale di disturbo. Queste perturbazioni di breve durata comportano una riduzione del tempo destinato all'alimentazione e al riposo, come pure un aumento del dispendio energetico a causa delle reazioni di fuga. Le conseguenze a lungo termine non sono generalmente essere esaminate; possono comprendere tuttavia la perdita di habitat e un minore successo di riproduzione.

Vorwort

Während einerseits die schweizerische Umweltschutzgesetzgebung klare Bestimmungen enthält, um die Auswirkungen der Luftfahrt auf den Menschen einzuschränken, ist andererseits nur sehr wenig über die diesbezüglichen Auswirkungen auf die Natur bekannt. Die in der Schweiz erstellten Studien beschränken sich im Wesentlichen auf die Problematik von Hängegleitern und ihre Auswirkungen auf grosse Tiere (BUWAL 1992). Bei der Avifauna wurden lediglich vereinzelte Reaktionen von Wasservögeln auf den Überflug von Luftfahrzeugen dokumentiert. Um diese Lücke zu schliessen und um bei Entscheiden für spezifische Luftfahrtprojekte über geeignete Grundlagen und Beurteilungskriterien verfügen zu können, haben das Bundesamt für Zivilluftfahrt BAZL und das Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft BUWAL beschlossen, ein Forschungsprojekt über die Auswirkungen der Luftfahrt auf die Vogelwelt zu lancieren. Das Projekt fügt sich in das Sachziel 6A der Zivilluftfahrt ein, wie es im Landschaftskonzept Schweiz aufgeführt ist. Dieses sieht vor, «zum Schutze der Natur Gebiete auszuscheiden, in denen durch geeignete Massnahmen die unerwünschten Auswirkungen der Luftfahrt minimiert werden können».

Die vorliegende Publikation ist das Ergebnis des ersten Teils dieses Vorhabens. Sie bietet einen Gesamtüberblick über die gegenwärtig weltweit verfügbaren Kenntnisse und stützt sich dabei auf eine ausgedehnte Recherche in der Fachliteratur. Es stellte sich heraus, dass Luftfahrzeuge bei der Avifauna in verschiedenen Situationen Reaktionen auslösen, die von der Beobachtung des Flugzeugs durch den Vogel bis zum Fluchtverhalten und Verlassen des Lebensraums führen können. Die jeweilige Reaktion hängt stark von der Situation, der Vogelart und vom Luftfahrzeug ab. Allerdings zeigen sich in der Umgebung von Flughäfen auch Gewöhnungserscheinungen, die auf eine mögliche Koexistenz schliessen lassen. Diese kann sich jedoch sowohl für die Luftfahrt – auf Grund des Kollisionsrisikos – als auch für die Vögel manchmal als problematisch erweisen.

Die Literaturübersicht soll durch Fallstudien in der Schweiz ergänzt werden, damit sich die Probleme, die in unserem geografischen Raum auftreten können, besser erfassen lassen. Sie wird voraussichtlich erst in einem Jahr veröffentlicht.

Bundesamt für Umwelt,
Wald und Landschaft
Enrico Bürgi
Chef Abteilung Landschaft

Bundesamt für Zivilluftfahrt
Werner Bula
Leiter Kompetenzzentrum Umwelt

Zusammenfassung

Das Landschaftskonzept Schweiz (BUWAL/BRP 1998) formuliert unter anderem Naturschutzziele im Bereich Luftfahrt. Die vorliegende Literaturübersicht zum Thema «Störungen von Vögeln durch Luftfahrzeuge» ist ein Beitrag zum Vollzug dieses nationalen Raumplanungskonzeptes. Die Zusammenstellung ergibt folgende Hauptresultate:

A Luftfahrzeuge als Störquellen

Die Reaktionen von Vögeln auf Luftfahrzeuge sind je nach Flugzeugtyp, Vogelart und Situation (Ort, Tageszeit, Jahreszeit, Lebensphase, Umwelt) stark unterschiedlich. Das Störpotenzial nimmt von grossen Transportflugzeugen über Militärjets zu Kleinflugzeugen und Helikoptern zu. Das Gewöhnungspotenzial scheint in der gleichen Abfolge (vermutlich infolge abnehmender Regelmässigkeit) abzunehmen. Generell ist das Gewöhnungspotenzial sehr gross.

Zur Kleinaviatik existieren nur sporadische Hinweise: Es scheint, dass von Heissluftballonen, Ultraleichtflugzeugen, Motorseglern und Hängegleitern ein erhebliches Störpotenzial ausgeht. Bei lautlosen Flugkörpern dürfte die Störwirkung auf wenige hundert Meter beschränkt sein, könnte aber aufgrund des Überraschungseffektes lokal besonders stark sein. Modell- und Ultraleichtflugzeuge haben im Kurzdistanzbereich die gravierendsten Auswirkungen.

Generell nimmt die Wahrscheinlichkeit von Verhaltensänderungen und die Reaktionsintensität mit abnehmendem Vertikal- und Horizontalabstand des Störobjektes zu. Kurvenflug wirkt störender als geradliniger Flug. Stärkste Wirkung entsteht durch die Summierung von Störreizen sowie durch zeitlich und räumlich «geklumptes» Auftreten (wie etwa bei Modellflugplätzen).

Die meisten Arbeiten befassen sich mit grösseren Ansammlungen von relativ empfindlichen Arten (Gänsen, Limikolen) ausserhalb der Brutzeit. Vögel in der Brutzeit zeigen (abgesehen vom äusserlich nicht erkennbaren Stress) weniger sichtbare Reaktionen als die weniger ortsgebundenen grossen Vogelansammlungen ausserhalb der Brutzeit. Vögel in offenen Gebieten scheinen auf Luftfahrzeuge stärker zu reagieren als Bewohner von dichter Vegetation. Die offenen Gebiete sind zugleich auch die Orte grösster Ansammlungen von Zugvögeln. Luftfahrzeuge machen in manchen Gebieten einen erheblichen Anteil an der Gesamtmenge anthropogener Störungen aus. Der von Luftfahrzeugen ausgehende Störreiz ist oft (aber nicht generell) grösser als derjenige anderer Störquellen.

B Auswirkungen

Aus methodischen Gründen werden meist nur die sichtbaren Reaktionen von Individuen erfasst, während physiologische Reaktionen (z.B. Ausschüttung von Stresshormonen, Erhöhung der Herzschlagfrequenz) sowie Konsequenzen auf Populationsebene nur selten quantifiziert werden können. In verschiedenen Fällen wurde eine erhebliche störungsbedingte Beeinträchtigung des Zeit/Energiebudgets festge-

stellt. Grösste Energieverluste ergaben sich, wenn die Vögel aufflogen und die Wiederaufnahme der vorherigen Aktivität erheblich verzögert wurde. Zeitverluste verursachen zum Teil eine Verminderung der Ruhephasen. Es kann in der Regel nicht beurteilt werden, ob die Kosten von Störungen durch Verhaltensanpassungen kompensiert werden können oder ob nachhaltige Auswirkungen zu erwarten sind. Energieverluste können sich in späteren Lebensphasen negativ auswirken, beispielsweise durch verminderten Bruterfolg. Störungsbedingtes Verlassen der Nester kann zu unmittelbarem Brutverlust oder zu indirektem Verlust durch Prädation führen. Auch Altvögel können infolge Störung erhöhter Unfallgefahr oder Prädation ausgesetzt sein. Wenn aufgrund der Störungen gewisse Gebiete zeitlich nur eingeschränkt oder gar nicht mehr genutzt werden können, geht durch die Störung Lebensraum verloren.

Bei Bestandszählungen aus Flugzeugen besteht ein Interesse, auch ausbleibende Reaktionen zu rapportieren, während zufällige Beobachtungen oft nur dann dokumentiert werden, wenn eine Reaktion beobachtet wurde. Viele Publikationen befassen sich mit Fallstudien, die auf spezielle Arten oder Umstände ausgerichtet sind. Da die Zahl solcher Studien noch gering ist, sind verallgemeinernde Folgerungen schwierig. Objektive, wenn möglich experimentelle Untersuchungen sind deshalb nötig.

C Empfehlungen

In einzelnen Publikationen werden zum Schutz sensibler Gebiete minimale Flughöhen oder horizontale Abstände postuliert (Tab. 3 und 4). Zeitliche Einschränkungen beziehen sich je nach Situation auf die Brut-, Zug- oder Überwinterungszeit, reduzieren aber unter Umständen den Gewöhnungseffekt.

Die Zusammenstellung der in verschiedenen Ländern geltenden Minimalflughöhen von Flugzeugen über Naturschutzgebieten ergibt ein sehr heterogenes Bild. Während in einigen Ländern keine Regelungen bestehen, wurden in anderen Ländern für jedes Schutzgebiet spezielle Massnahmen erarbeitet, wie grössere Überflughöhen oder Flugverbote (Tab. 5).

Résumé

La Conception Paysage suisse (OFEP/OFAT) formule, entre autres, des objectifs de protection de la nature dans le domaine de la navigation aérienne. Le présent document – une vue d'ensemble des publications parues sur le thème « dérangement des oiseaux par des aéronefs » – constitue une contribution à la mise en œuvre de ce concept national d'aménagement du territoire. Les principaux résultats de la compilation sont les suivants:

A Les aéronefs en tant que sources de dérangement

En présence d'aéronefs, les réactions des oiseaux sont très différentes selon leur espèce, le type d'objet volant et la situation (lieu, moment de la journée, saison, activité, environnement). Le dérangement potentiel augmente, dans l'ordre, avec les avions de transport, les jets militaires, les petits avions et les hélicoptères. Les possibilités d'accoutumance décroissent dans le même ordre, vraisemblablement en raison d'une moins grande régularité des apparitions; mais elles sont en général très grandes.

On ne possède que peu d'indications relatives aux petits aéronefs. Il semble que les perturbations potentielles liées au passage de ballons à air chaud, d'ULM, de planeurs à moteur et de parapentes soient considérables. Le dérangement dû à des engins volants silencieux se limite sans doute à quelques centaines de mètres, mais il pourrait être localement important en raison de l'effet de surprise. A courte distance, les effets les plus graves sont provoqués par les ULM et les modèles réduits.

De manière générale, l'intensité des réactions et la probabilité de changements de comportement s'accroissent au fur et à mesure que diminue la distance verticale et horizontale qui sépare l'objet volant de l'oiseau. Un vol incurvé dérange davantage qu'un vol linéaire. Les conséquences les plus graves découlent d'une combinaison de facteurs perturbants et d'apparitions concentrées dans le temps et dans l'espace (par exemple démonstrations de modèles réduits).

La plupart des travaux portent sur des rassemblements d'espèces relativement sensibles (oies, limicoles) en dehors de la période de nidification. Il existe peut-être des signes de stress imperceptibles; mais les oiseaux présentent moins de réactions visibles au moment de la nidification qu'au cours des grands rassemblements (pourtant moins liés à un lieu précis) qui se produisent le reste de l'année. Les oiseaux des zones ouvertes paraissent réagir plus fortement aux aéronefs que ceux qui vivent dans une végétation dense. Les grands rassemblements de migrateurs se déroulent d'ailleurs généralement en milieu ouvert. Dans maintes régions, les aéronefs représentent une part importante de l'ensemble des dérangements anthropogènes. Les perturbations par des objets volants sont souvent (mais pas toujours) plus importantes que celles venant d'autres sources.

B Les effets

Pour des raisons méthodologiques, seules les réactions visibles chez des individus sont en général perçues. Les réactions physiologiques (par exemple au niveau du rythme cardiaque, des hormones de stress) et les conséquences sur les populations (effectifs) ne peuvent être que rarement quantifiées. Suite à des dérangements, des perturbations importantes ont été constatées à diverses reprises dans le domaine de la gestion du temps et de l'énergie. Les plus grandes pertes d'énergie surviennent quand les oiseaux s'envolent et que la reprise de l'activité précédente est retardée. Ces pertes de temps provoquent en partie une diminution de la phase de repos. En règle générale, on ne peut pas savoir si les déficits dus aux dérangements peuvent être compensés par des adaptations du comportement, ou s'il faut s'attendre à des conséquences durables. Les pertes d'énergie peuvent avoir des effets négatifs dans des phases ultérieures de la vie, par exemple entraîner une baisse du succès de la reproduction. Si un oiseau doit quitter son nid en raison de dérangements, la couvée est en danger (froid, prédation). Même les adultes sont alors davantage exposés (risques d'accident, prédation). Quand, à cause des dérangements, certaines régions ne peuvent plus être utilisées ou seulement à temps partiel, les oiseaux perdent une partie de leurs habitats et de leurs ressources alimentaires.

Lors de dénombrements effectués par avion, il y a tendance de relever l'absence de réactions des oiseaux, tandis que lors d'observations fortuites, seules les réactions sont rapportées. Beaucoup de publications sont consacrées à des études de cas (espèces ou circonstances particulières). Mais elles ne sont pas assez nombreuses pour qu'il soit possible d'émettre des conclusions de portée générale. Des recherches objectives, si possible expérimentales, sont donc nécessaires.

C Recommandations

Certaines publications préconisent le respect de distances ou d'altitudes minimales pour protéger des régions sensibles (tableaux 3 et 4). En fonction des situations, les restrictions temporelles concernent les périodes de reproduction, de migration ou d'hivernage. Mais elles ont l'inconvénient de réduire l'effet d'accoutumance.

Les restrictions en vigueur dans les différents États (hauteur minimale des avions au-dessus des zones protégées) sont très diverses. Dans certains pays, il n'existe aucune réglementation, tandis que d'autres élaborent des mesures spéciales pour chaque réserve naturelle, limitent le survol ou l'interdisent. (tableau 5).

Riassunto

La Concezione Paesaggio svizzero (UFAFP/UFPT) elabora, tra l'altro, obiettivi di protezione della natura nell'ambito della navigazione aerea. Il presente documento sul tema «Disturbi per gli uccelli causati da aeromobili» costituisce un contributo all'attuazione di questo concetto nazionale di pianificazione del territorio. I principali risultati che emergono sono i seguenti:

A Gli aeromobili come fonte di disturbo

La reazione degli uccelli in presenza di aeromobili sono molto diverse a seconda della loro specie, del tipo di aeromobile e della situazione (luogo, momento della giornata, stagione, attività, ambiente). Il potenziale di disturbo aumenta, nell'ordine, con i grandi aerei da trasporto, i jet militari, i piccoli aerei e gli elicotteri. Le possibilità di adattamento sembrano diminuire nello stesso ordine, verosimilmente a causa di una regolarità delle comparse sempre più ridotta. Tuttavia, in generale, le possibilità di adattamento sono molto grandi.

Per quanto riguarda i piccoli aeromobili esistono solo indicazioni sporadiche. Sembra che il potenziale di disturbo che deriva dal passaggio delle mongolfiere, degli aeromobili ultraleggeri, dei moto alianti e dei parapendii sia considerevole. Il disturbo dovuto a corpi volanti silenziosi si limita probabilmente a qualche centinaio di metri, ma localmente potrebbe essere importante a causa dell'effetto di sorpresa. A breve distanza, gli effetti più gravi sono provocati dagli aeromobili ultraleggeri e dagli aerei telecomandati.

In generale, l'intensità delle reazioni e la probabilità dei cambiamenti di comportamento aumentano con il diminuire della distanza verticale e orizzontale che separa il corpo volante dall'uccello. Un volo in virata disturba di più di un volo lineare. Le conseguenze più gravi derivano da un insieme di fattori di disturbo e da comparse concentrate nel tempo e nello spazio (per esempio da dimostrazioni di aerei telecomandati).

La maggior parte dei lavori riguardano raduni di specie relativamente sensibili (oche, limicole) fuori dal periodo di nidificazione. Nel periodo di nidificazione gli uccelli, a prescindere dal fatto che i segnali di stress non sono espressamente riconoscibili, presentano meno reazioni visibili rispetto al momento dei grandi raduni il resto dell'anno, meno legati ad un luogo specifico. Gli uccelli nelle zone aperte sembrano reagire in modo più marcato agli aeromobili rispetto a quelli che vivono in una vegetazione densa. Le zone aperte sono al contempo anche luoghi di grandi raduni di uccelli migratori. In alcune regioni, gli aeromobili rappresentano una parte importante dell'insieme dei disturbi antropogeni. Le perturbazioni provocate da corpi volanti sono spesso (ma non sempre) più importanti di quelle derivanti da altre fonti.

B Gli effetti

Per ragioni metodologiche, sono generalmente percettibili solo le reazioni visibili degli individui, mentre le reazioni fisiologiche (per esempio livelli sempre maggiori di ormoni da stress, aumento del ritmo cardiaco) e le conseguenze sulle popolazioni possono essere quantificate solo raramente. In diversi casi, è stato rilevato un pregiudizio considerevole nell'ambito della gestione del tempo e dell'energia dovuto a disturbi. Le maggiori perdite di energia si sono verificate quando gli uccelli hanno preso il volo e la ripresa dell'attività precedente è stata considerevolmente ritardata. Queste perdite di tempo provocano in parte una diminuzione della fase di riposo. In genere, non è possibile valutare se i deficit dovuti ai disturbi possono essere compensati da adattamenti del comportamento o se sono da prevedere conseguenze durevoli. Le perdite di energia possono avere effetti negativi in ulteriori fasi della vita, per esempio comportare una diminuzione del successo di riproduzione. Se un uccello abbandona il suo nido a causa di disturbi, l'intera nidata può essere in pericolo o vi può essere una perdita indiretta con la predazione. Anche gli uccelli adulti possono essere soggetti a maggiori rischi di incidenti o alla predazione a causa di disturbi. Quando, a causa dei disturbi, determinate zone non possono più essere utilizzate o possono esserlo solo in modo limitato, si perdono spazi vitali.

Al momento del censimento degli uccelli eseguito con l'ausilio di aerei vi è un interesse a rilevare anche l'assenza di reazioni, mentre le osservazioni casuali tendono a documentare solo le reazioni osservate. Molte pubblicazioni riguardano lo studio di casi di particolari specie e circostanze. Poiché il numero di questi studi è ancora ridotto, è difficile formulare conclusioni generali. Sono dunque necessarie ricerche obiettive, se possibile sperimentali.

C Raccomandazioni

Alcune pubblicazioni propongono altitudini minime di volo o distanze laterali minime per proteggere le zone sensibili (tabelle 3 e 4). A seconda della situazione, le restrizioni temporali riguardano i periodi di riproduzione, di migrazione o di ibernazione. Tuttavia, le restrizioni temporali riducono l'effetto di adattamento.

Le altezze minime di volo degli aerei sopra le riserve naturali in vigore nei diversi Paesi sono molto diverse. In alcuni Paesi non esiste nessun regolamento, mentre in altri sono state formulate misure specifiche per ogni riserva naturale, quali altitudini di volo superiori o divieti di volo (tabella 5).

Summary

The «Swiss Landscape Concept» (BUWAL/BRP 1998) defines goals for nature protection, among others in the field of aviation. The present review on «Disturbance of birds by aircraft» is a contribution to the implementation of this national instrument of landscape planning. The review provides the following main conclusions:

A Aircraft as sources of disturbance

The reactions of birds to aircraft vary greatly and depend on the type of aircraft, the bird species and circumstances such as site, time of day, season, life stage and environment. The potential of disturbance increases from large transport aircraft to military jets, light aeroplanes and helicopters, while the potential for habituation seems to decrease in the same sequence (presumably due to decreasing regularity of movements). Generally the potential for habituation is considerable.

There are only occasional observations on leisure aviation: It seems that hot-air balloons, ultra-light planes, hang gliders and paragliders are potentially disturbing. Disturbance by noiselessly flying objects may be restricted to only a few hundred metres, but it could be very important locally due to surprise effects. At short ranges, model aircraft and ultra-light planes have the strongest effects.

In general, the probability of changes in behaviour as well as reaction intensity increase with decreasing horizontal and vertical distance of the disturbing object. Curved flights are more disturbing than straight tracks. Strongest effects result from the summation of stimuli and from the accumulation of incidents in space and time (as for instance on airfields for model aircraft).

Most publications focus on relatively sensitive bird species that aggregate in large numbers during the non-breeding period (geese, waders). Site-bound breeding birds show (apart from invisible physiological stress) fewer visible reactions than free-roaming non-breeding birds. Birds in open areas show stronger reactions to aircraft than inhabitants of dense vegetation. Open areas are at the same time places of high concentrations of migratory birds. Aircraft represent in some areas an important proportion of the total of anthropogenic disturbances. The disturbing effect of aircraft is mostly (but not generally) larger than that from other sources.

B Effects

Due to methodological reasons, studies include only the visible reactions of individuals while physiological reactions (i.e. increased levels of stress hormones, increased heart rate) as well as consequences at the population level are rarely quantified. In various cases an important negative influence on the time/energy budget due to disturbance has been reported. The largest energy losses resulted when birds took off and the return to the previous behaviour was significantly delayed. The loss of time for feeding may, however, partially be compensated by reducing the resting time. Generally it is not possible to decide/judge whether the

costs of disturbance can be compensated by behavioural adjustments or if sustained negative consequences must be expected. The loss of energy may have negative effects on later life stages, as for instance on reproductive success. Nest desertion by adults due to disturbance may result in brood failure or loss due to predation. Even adult birds risk injuries and increased predation after disturbance. Disturbance can prevent birds partially or completely from using particular areas, which are then lost as habitat.

It has to be taken into account that bird censuses from aircraft are biased towards reporting absent reactions, whereas occasional observations tend to document mainly observed reactions. Many publications are case studies focusing on particular species and circumstances. Since the number of these cases studies is still low, it is difficult to draw general conclusions. Systematic, unbiased and if possible experimental studies are needed.

C Recommendations

Some publications propose minimum flight altitudes or minimum lateral distances for sensitive areas (Tab. 3 and 4). Temporal flight restrictions are suggested for either the breeding, migration, or wintering season. However, such limitation may reduce the possibility for habituation.

Over-flight restrictions for protected areas are very heterogeneous between countries. While some countries have no specific regulations for nature protection areas, others designed detailed lists which describe specific measures to avoid disturbance from aircraft such as increased flight levels or a ban of over-flights (Tab. 5).

1 Einleitung

Der Flugverkehr gehört in den technisch hoch entwickelten Regionen der Erde zu den vielen, heute praktisch flächendeckend auftretenden menschlichen Störungen der Natur (Keller 1995). Die durch Flugzeuge entstehende Lärmbelästigung für Menschen ist ein viel diskutiertes Thema, während über Auswirkungen des Flugverkehrs auf Tiere relativ wenig bekannt ist. Die Konflikte um die Flugschneisen des Flughafens Kloten zeigen eindrücklich, dass auch relativ hoch fliegende Grossflugzeuge ein erhebliches Störpotenzial für Menschen enthalten (UVEK 2001). Der Fluglärm in der näheren Umgebung eines Flughafens oder Flugplatzes breitet sich über geringere Flächen aus, ist aber in der Umgebung der Pisten umso intensiver. Kleinflugzeuge produzieren in der Regel weniger Lärm und haben deshalb für Menschen ein geringeres Störpotenzial. Für Tiere ist die Situation vermutlich anders: Besonders für Augentiere, wie die Vögel, dürfte die visuelle Erscheinung eines Flugzeugs, dessen Nähe oder plötzliches Erscheinen wesentlicher sein als ein relativ hoher, über grosse Distanzen feststellbarer Lärmpegel. Viele Vögel und andere Tiere sind potenzielle Beute von Greifvögeln. Daher kann allein der optische Reiz eines Flugobjektes, wie er bei Gleitschirmen auftritt, bei Schalenwild eine starke Fluchtreaktion auslösen (Mosler-Berger 1994).

Das Landschaftskonzept Schweiz (BUWAL/BRP 1998) hält im Kapitel 6 «Luftfahrt» als Sachziel A fest: «Zum Schutz der Natur sollen in dem von der Verordnung über die Infrastruktur der Luftfahrt (VIL, Art. 53) vorgegebenen Rahmen in genau bezeichneten Gebieten für bestimmte Kategorien von Luftfahrzeugen Start-, Lande- oder Überflugsbeschränkungen festgelegt werden. Als Massnahme 6.01 ist die Erarbeitung von Grundlagen und Beurteilungskriterien vorgesehen; darauf basierend sind Gebiete auszuscheiden und Massnahmen zu bestimmen.» Während in einigen Ländern detaillierte Überflugbestimmungen über Naturschutzgebiete erarbeitet wurden, gibt es in der Schweiz keine Regelungen diesbezüglich (siehe Kap. 6). Die vorliegende Literaturstudie ist Teil der Grundlagen zur Schliessung dieses Mankos. Sie befasst sich mit den Auswirkungen von fliegenden Luftfahrzeugen auf Vögel. Im Vergleich zu anderen Tiergruppen kommen Vögel praktisch überall vor und sind relativ leicht beobachtbar, wodurch sie für die Untersuchung über die Auswirkungen des Luftverkehrs besonders geeignet sind. In dieser Literaturstudie schliessen wir die unmittelbaren Reaktionen der Vögel auf den optischen und/oder akustischen Störreiz ein, aber auch die damit verbundenen, indirekten Folgen. Der direkte und indirekte Lebensraumverlust der Vögel, welcher durch die Landnutzung der Fliegerei entsteht, wird hier nicht behandelt. Die Problematik des Vogelschlages wird nicht berücksichtigt, es sei denn, dass diesbezügliche Untersuchungen Resultate zum Verhalten von Vögeln gegenüber Luftfahrzeugen liefern. Unter dem Begriff «Luftfahrzeuge» verstehen wir Flächenflugzeuge aller Art (inkl. Segelflugzeuge und Motorsegler), Helikopter, Ballone und Luftschiffe; dabei liegt der Schwerpunkt unserer Arbeit auf den ersten beiden Kategorien.

Folgende Fragen stehen im Vordergrund:

- Welche Umstände bewirken, dass das Auftreten eines Flugobjektes zu einer unmittelbaren Reaktion der Vögel führt? (Kap. 3)
- Wie reagieren die Vögel auf Störreize durch Flugverkehr? (Kap. 4.1 bis 4.3)
- Welches sind die Konsequenzen aus diesen Reaktionen? (Kap. 4.4)
- Welche Massnahmen reduzieren die Störwirkung von Luftfahrzeugen? (Kap. 5)
- Welche Überflugbestimmungen gelten zur Zeit in verschiedenen Ländern? (Kap. 6)

2 Begriffe und Methode

2.1 Begriffe und Definitionen

Wenn hier vom Einfluss des Flugverkehrs auf die Avifauna gesprochen wird, so verstehen wir darunter die von Luftfahrzeugen verursachte Einwirkungen, welche bei bestimmten Vögeln zu einer Reaktion führen. Reaktionen beinhalten äusserlich sichtbare Verhaltensänderungen, aber auch physiologische Veränderungen ohne erkennbare Verhaltensmodifikation. Deren Auswirkungen sind mit grosser Wahrscheinlichkeit energetisch nachteilig und entsprechend fitnessvermindernd; d.h. sie führen längerfristig zu einer verminderten Fortpflanzungsrate (Sossinka & Niemann 1994). Im Naturschutz wird oft der Begriff «Störung» verwendet (z.B. Plachter 1991, Lorch 1995), wobei dann nicht a priori klar ist, ob der Verursacher der Störung, die Reaktion auf das Störereignis oder das gesamte Ereignis damit gemeint ist. Um diese Unklarheit zu vermeiden, benutzen wir die von Stock et al. (1994) vorgeschlagenen Begriffe **Störreiz** und **Störwirkung**. Unter Störwirkung verstehen wir die unmittelbare **Reaktion** und die daraus folgenden **Konsequenzen**. Das Auftreten eines potenziellen Störreizes und die daraus resultierende Störwirkung bezeichnen wir als **Störereignis**.

Luftfahrzeuge erhalten je nach technischen Spezifikationen und Sprachraum verschiedene Bezeichnungen. Unter **Helikopter** (synonym zu Hubschrauber, engl. helicopter oder rotor-winged aircraft) fassen wir militärische wie auch zivile Typen sämtlicher Grössen zusammen. Unter den schweren Flächenflugzeugen unterscheiden wir lediglich **Kampffjets** und **Transportflugzeuge** (einschliesslich Propellerflugzeuge, Turboprop und Jets kommerzieller und militärischer Art), da diese beiden Kategorien in der Regel unterscheidbar sind und vermutlich für die Vögel relevant verschiedene Flugprozeduren und Erscheinungsbilder haben. Falls zusätzliche Spezifikationen bekannt sind und für das Ergebnis eine Rolle spielen, werden sie bei den einzelnen Fällen genannt. Als **Kleinflugzeuge** bezeichnen wir all jene propeller-betriebenen Flächenflugzeuge, die vor allem von Privatpiloten benutzt werden (synonym zu Sportflugzeug, engl. light plane, unter 5,7 t). Unter **Kleinaviatik** fassen wir nicht-motorisierte Luftfahrzeuge (Segelflugzeuge, Gas- und Heissluftballone, Hängegleiter, Gleitschirme) sowie Motorsegler und Ultraleichtflugzeuge zusammen. Als Spezialfall fügen wir die **Modellflugzeuge** an, die zwar juristisch nicht zur Luftfahrt gehören, aber dennoch eine erhebliche anthropogene Störquelle aus dem Luftraum darstellen. Für die vorliegende Arbeit definieren wir ein Modellflugzeug als ferngesteuertes, unbemanntes, motorisiertes oder nicht-motorisiertes Flugobjekt, für dessen Betrieb keine Start- und Landeerlaubnis notwendig ist.

Im Text verwenden wir nur die deutschen Artnamen der Vögel, ohne Nennung von Unterarten. Die wissenschaftlichen und die englischen Namen finden sich im Anhang 1. Die Übersetzungen sind Wolters (1982) entnommen.

2.2 Methode

2.2.1 Literaturrecherche

Die Literatursuche erfolgte mittels der Datenbanken von Wildlife Worldwide (NISC[®] BiblioLine; www.nisc.com), Current Contents[®] 1997–2000, der Schweizerischen Dokumentationsstelle für Wildforschung (SDW) und der Datenbank des Bundesamtes für Naturschutz, Deutschland (http.www.bfn.de). Wir verwendeten die Keywords «aircraft», «helicopter», «balloon» «bird*» und «disturbance». Aus den Suchresultaten wurden rund 200 Arbeiten weiterverwendet, von denen die meisten in wissenschaftlichen Fachzeitschriften publiziert sind. Einige unveröffentlichte Gutachten oder Studienabschlüsse (Doktorats- und Diplomarbeiten) wurden miteinbezogen. Nicht direkt zugängliche wichtige Arbeiten werden aus der Sekundärliteratur zitiert, insbesondere unveröffentlichte Studien aus dem Wattenmeer in holländischer Sprache sowie nordamerikanische Umweltverträglichkeitsprüfungen.

2.2.2 Verwendete Publikationen

In diese Literaturstudie wurden nur Arbeiten einbezogen, die explizit das Verhalten von Vögeln unter dem Einfluss von Luftfahrzeugen untersuchen. Es liegen insgesamt 26 Übersichtsarbeiten oder Bibliographien vor, die sich im weitesten Sinne mit der Auswirkung menschlicher Störungen auf Vögel befassen (Tab.1). Die frühesten Arbeiten widmeten sich dem Aspekt «Lärm», spätere befassen sich mit spezifischen Auswirkungen des Luftverkehrs; seit etwa 10 Jahren erschienen Arbeiten, die den Einfluss verschiedener menschlicher Aktivitäten untersuchten. Nur die Übersichtsarbeit von Kempf & Hüppop (1998) deckt sich mit dem Thema der vorliegenden Literaturstudie, während sich die anderen Arbeiten mit weiter gefassten oder spezifischeren Aspekten beschäftigen.

Tabelle 1: Übersichtsarbeiten und Bibliographie

Auswirkung menschlicher Störungen	Auswirkung des Luftverkehrs
Dahlgren & Korschgen 1992	Heintzelmann 1989
Hockin et al.1992	Kirst 1989
Korschgen & Dahlgren 1992	Ranftl 1990
Cayford 1993	CWSS 1991
Davidson & Rothwell 1993	Watson 1993
Hüppop 1993	Kempf & Hüppop 1998
Smit & Visser 1993	
Hüppop 1995	Auswirkung von Lärm und Überschallknallen
Keller 1995	Anonymous 1970
Keller 1996	Bell 1972
Richardson & Miller 1997	Acoustical Society of America 1980
Carney & Sydeman 1999	Gladwin et al. 1988b
Südbeck & Spitznagel 2001	Manci et al. 1988
	Kempf & Hüppop 1996
	Maczey & Boye 1997

Rund 60 Studien widmen sich den Entenartigen (Anseriformes). Weitere Schwerpunkte liegen mit 27 Arbeiten bei den Wat-, Möwen- und Alkenvögeln (Charadriiformes) und mit 21 bei den Greifvögeln (Falconiformes). Untersuchungen in Nordamerika wurden zu einem bedeutenden Teil in militärischen Übungsgebieten durchgeführt, während in Europa das Wattenmeer ein Schwerpunktgebiet darstellt.

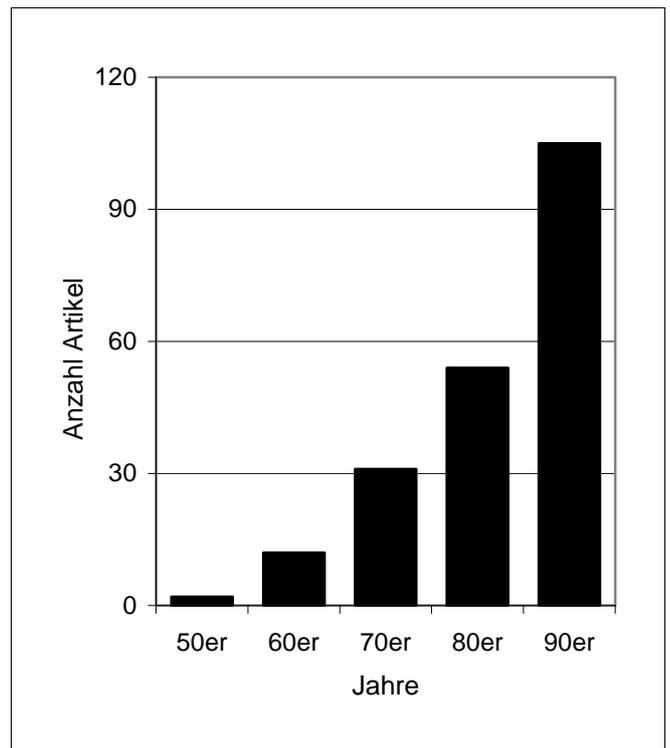


Abbildung 1:
Anzahl Publikationen, welche Aussagen über den Einfluss des Luftverkehrs auf die Avifauna enthalten.

Die Störwirkung des Luftverkehrs wird in einigen Publikationen als methodisches Problem bei Vogelzählungen diskutiert (z.B. Carrier & Melquist 1976, Anthony et al. 1995, Mosbech & Boertmann 1999). Bestandsaufnahmen werden mittels Direktzählungen, Filmaufnahmen oder Fotos aus Kleinflugzeugen bzw. Helikoptern durchgeführt, wenn grosse Flächen überwacht werden (z.B. USA, Kanada) oder wenn der Zugang zu Rast- oder Brutplätzen erschwert ist (z.B. Felsenküsten, Inseln). Angaben über die Störeinflüsse von Kleinflugzeugen oder Helikoptern finden sich in den Methodenkapiteln solcher Arbeiten. Die Distanzen zwischen dem Beobachter im Flugzeug und den zu zählenden Vögeln müssen so optimiert werden, dass die Vögel einerseits keinen Schaden erleiden und andererseits die Entdeckungswahrscheinlichkeit genügend gross bleibt. Hier ist zu beachten, dass das Hauptinteresse des Forschers die Zählgenauigkeit ist. Die Störwirkung der Kleinflugzeuge oder Helikopter hingegen wird beim Ausbleiben von sehr auffälligen Reaktionen meist als vernachlässigbar bezeichnet.

Weitere Arbeiten beschreiben zufällig beobachtete Ereignisse mit eher anekdotischem Charakter (z.B. Austin 1970, Opitz 1975, Hilgerloh 1990, Blokpoel & Hatch

1976, Müller 1996). In Studien, die sich generell den Auswirkungen menschlicher Einflüsse widmen, stellt der Luftverkehr lediglich eine Störquelle unter anderen dar (z.B. Bélanger & Bédard 1989, Bauer et al. 1992); meist wird die Anzahl der Störereignisse quantifiziert, aber es finden sich kaum spezifische Angaben über Distanzen, Schallpegel, Typ des Flugobjektes usw.

Systematische und geplante Untersuchungen liefern die besten Aussagen über die verschiedenen Faktoren, die das Ausmass und die Wirkungsweise der Störeinflüsse von Luftfahrzeugen bestimmen (z.B. Brown 1990, CWSS 1991, Koolhaas et al. 1993, Stock et al. 1995, Conomy 1998a). Solche Faktoren werden meist vergleichend dargestellt, u.a. für verschiedene Typen von Luftfahrzeugen (z.B. Ward et al. 1999, Niemann & Sossinka 1992), für variierende horizontale und vertikale Distanzen (z.B. Miller et al. 1994, Watson 1993), für unterschiedliche Schalldrucke (z.B. Trimper et al. 1998, Delaney et al. 1999) oder bezüglich Reaktionsnormen verschiedener Vogelarten (z.B. Mosbech & Glahder 1991, Smit & Visser 1993).

2.2.3 Überflugbestimmungen in anderen Ländern

Für die Zusammenstellung der zur Zeit gültigen Reglementierungen von Minimalflughöhen über Naturschutzgebieten verschiedener Länder wurden die Luftfahrtämter von 48 Staaten kontaktiert. Diese Umfrage wurde mittels Fragebogen via Post und mit E-Mail-Anschriften durchgeführt. Wir erhielten Angaben aus 22 Ländern. In einigen Fällen wurden wir an den Aero-Club oder an die Naturschutzbehörde weiter verwiesen. Während uns aus einigen Ländern Kopien der entsprechenden Reglementierungen zugestellt wurden, verfügen wir für andere nur über grobe Angaben. Wir können keine Gewähr für die Richtigkeit leisten, zumal vereinzelt widersprüchliche Angaben vorliegen.

3 Luftfahrzeuge als Störquelle

Optische und akustische Wahrnehmung der Vögel

Fliegende Luftfahrzeuge lösen bei Vögeln Sinnesreize aus, die über das Gehör und/oder die Augen wahrgenommen werden. Der sensibelste Hörbereich der Vögel liegt innerhalb des menschlichen Hörvermögens (Zusammenstellung in Granacher 1985). Die Sehleistung übertrifft die unsrige besonders im UV Bereich. Bezüglich Luftfahrzeugen können wir grundsätzlich davon ausgehen, dass unsere eigene Wahrnehmung gute Hinweise auf die Wahrnehmung der Vögel gibt.

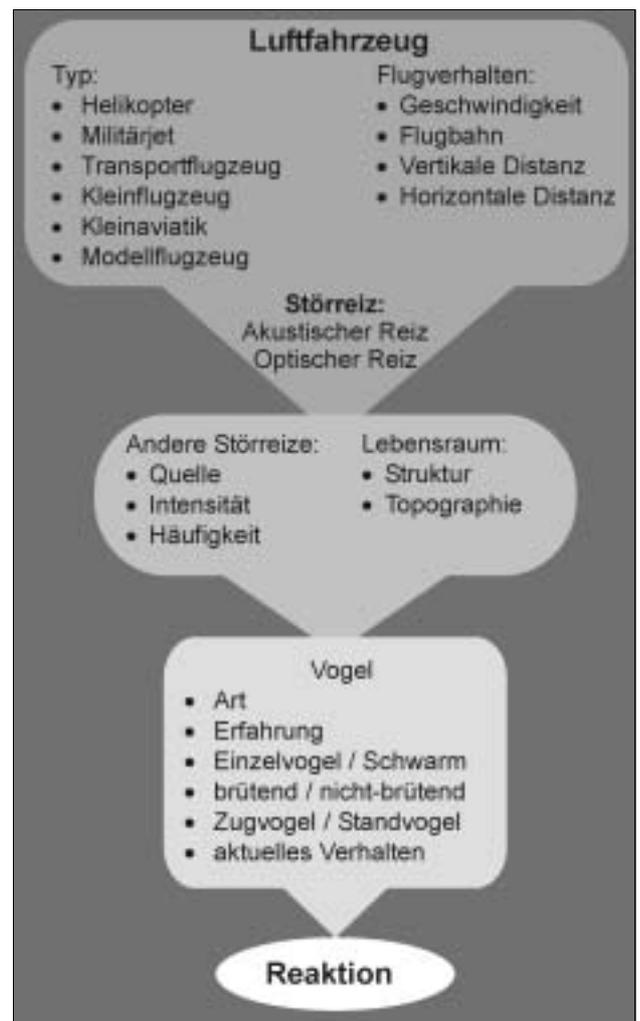


Abbildung 2:
Faktoren, welche die Art und Intensität sowie die Wahrnehmung eines optischen und/oder akustischen Reizes beeinflussen, die von einem Luftfahrzeug ausgehen und auf einen Vogel einwirken.

Mehrere Faktoren beeinflussen die Art und Intensität, die Übertragung und die Umsetzung der Reize, die durch Luftfahrzeuge verursacht und vom Vogel aufgenommen werden (Abb. 2). Optische und akustische Reize sind einerseits abhängig vom Typ des Luftfahrzeuges, andererseits von dessen momentanem Flugverhalten (Kap. 3.1). Die Bedeutung eines Störreizes wird durch die Häufigkeit von Störreizen aus anderen Quellen modifiziert. Aufgrund der lokalen Habitatstrukturen und der Topographie kann ein Luftfahrzeug bereits von weitem wahrgenommen werden oder aber das Erscheinen ist überraschend (Kap. 3.2). Wie der Reiz umgesetzt wird,

hängt von verschiedenen Charakteristiken des Vogels ab, wie beispielsweise Art, soziales Umfeld, Erfahrung, usw. (Kap. 3.3). Erst das Verhalten des Vogels entscheidet, ob einem Reiz eine Störwirkung zugeordnet werden kann (Kap 4).

3.1 Reaktionen auf Luftfahrzeuge

Fluchtverhalten

Die Problematik des Einflusses von Luftfahrzeugen auf Vögel liegt primär darin, dass Vögel in ihrem natürlichen Verhalten gestört werden. Dies äussert sich ganz deutlich im Fluchtverhalten. Gezielt wurde diese Reaktionsweise genutzt, um Vögel wie beispielsweise Steinadler (O’Gara & Getz 1986) oder Kanadakraniche (Ellis et al. 1998) einzufangen. Kollisionen von Flugzeugen mit Vögeln belegen hingegen, dass die Flucht nicht immer genügend früh stattfindet, um einem Zusammenstoss auszuweichen und manchmal gar ausbleibt. Eine vollständige Gewöhnung und sogar ein Nachfolgeverhalten wurde bei Kanadagänsen und Singschwänen gegenüber Ultraleichtflugzeugen genutzt, um Junggänse in ihr Winterquartier zu führen (Carrick 1999).

Offensichtlich reagieren Vögel gegenüber Luftfahrzeugen in einer sehr differenzierten Weise, die durch den Typ des Luftfahrzeuges und dessen Flugverhalten beeinflusst wird. Diese zwei Parameter können nur sehr beschränkt unabhängig voneinander betrachtet werden. So überfliegen beispielsweise Militärjets ein Gebiet stets mit grosser Geschwindigkeit und relativ geradlinig, während Helikopter in sehr variablen Flughöhen und -bahnen fliegen können. Aus diesem Grunde diskutieren wir hier die Effekte von Distanzen, Flugbahn und Fluggeschwindigkeiten getrennt nach den Typen Helikopter, Militärjets, Kleinflugzeuge und Kleinaviatik. Transportflugzeuge werden hier nicht einbezogen, weil ihre Auswirkungen ausserhalb der Flughafenbereiche eher gering sind (Lensink et al. 2001, van Rijn et al. 2000), während Modellflugzeuge diskutiert werden, da diese einen relevanten Störfaktor darstellen können.

3.1.1 Kleinflugzeuge

Unter den verschiedenen in Küstengebieten beobachteten Störreizen hatten Kleinflugzeuge die nachhaltigsten und grössten Auswirkungen (Davidson & Rothwell 1993, CWSS 1991). Die Untersuchungen von Lauersen (1986 in CWSS 1991) im holländischen Wattenmeer zeigten, dass Kleinflugzeuge in 41% der Fälle einen Teil der Vögel auffliegen liessen. Im deutschen Wattenmeer veranlassten Kleinflugzeuge (und Helikopter) im Mittel über 80% der Gänse eines Schwarmes aufzufliegen (Stock 1990, 1992a, b). Der anschliessende Flug dauerte im Mittel rund 80 s und die Zeitspanne bis zur Wiederaufnahme der ursprünglichen Aktivität weitere rund 40 s. In der Camargue reagierten jeweils 50% der Vögel gegenüber Flugzeugen mit Auffliegen und landeten im Durchschnitt nach 9 s wieder. Riddington et al. (1996) beobachteten an der SO-Küste Englands, dass Kleinflugzeuge jeweils bei etwa 85% der Individuen eines Ringelgans-Schwarmes zu Flügen von ca. 100 s

fürten. Diese Studien dokumentieren die Wirkung von zufällig auftretenden Überflügen und können daher als repräsentativ für den in den jeweiligen Gebieten auftretenden Flugverkehr betrachtet werden.

Horizontale und vertikale Distanzen

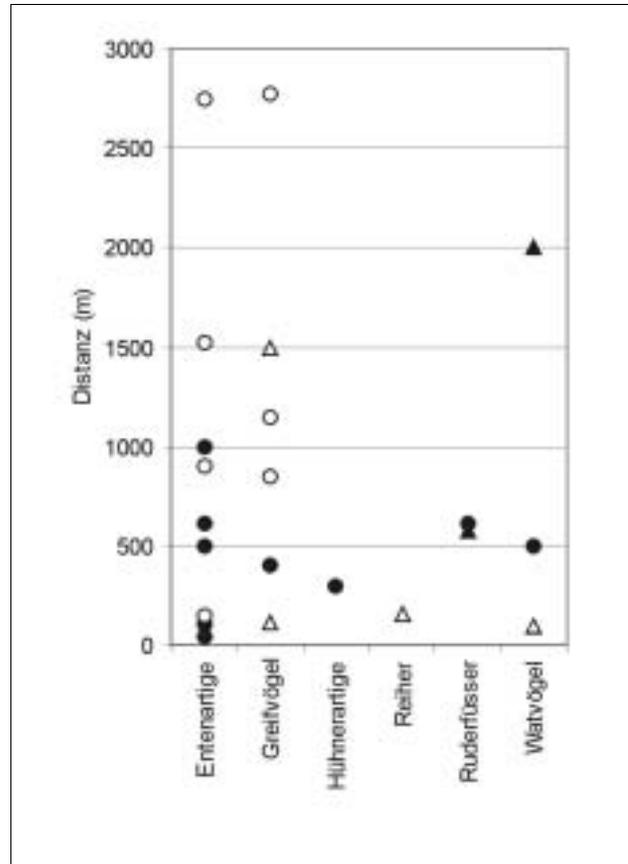
In Alaska zeigten nicht-brütende Ringelgänse in 49% der Überflüge von Kleinflugzeugen eine Verhaltensänderung und flogen in 26% der Fälle auf (Ward et al. 1994). Die Reaktion hing von der horizontalen und vertikalen Distanz des Flugzeuges ab. 50% der Gänse flogen bei einer seitlichen Distanz $\leq 0,8$ km auf, 13% bei $\geq 0,8$ km. Bei einer seitlichen Distanz von 0,8 km und einer Höhe ≤ 600 m flogen 68% der Gänse auf, bei grösserer Höhe 33%. Dieser Zusammenhang – zunehmende Wahrscheinlichkeit einer Verhaltensänderung und zunehmende Reaktionsintensität mit abnehmender vertikaler und horizontaler Distanz – wird in vielen Arbeiten bestätigt (z.B. Roberts 1966, Barry & Spencer 1976, Forshaw 1983, Heinen 1986, Dietrich et al. 1989, Stock 1992a, Smit & Visser 1993, Niemann & Sossinka 1991, Owen 1973). In Süd-Alaska zeigten nicht-brütende Ringel- und Kanadagänse die heftigste Reaktion bei Flugzeugen auf 300 bis 750 m ü.B. (Ward et al. 1999). Als wichtigste Einflussgrösse wurde die seitliche Distanz zwischen Flugzeug und Gänseschwarm identifiziert. Die Minimaldistanzen, bei denen Kleinflugzeuge eine Verhaltensänderung auslösten, hingen aber entscheidend vom Flugzeugtyp und von dessen Lärmemission ab.

Der Vergleich von Distanzangaben und Reaktionsintensitäten ist in Anbetracht der grossen Unterschiede zwischen Vogelarten, Umweltfaktoren und methodischen Aspekten nur sehr bedingt möglich. Vereinfachend haben wir die mittleren Distanzen, bei welchen gemäss verschiedenen Studien eine Reaktion auftrat bzw. ausblieb, zusammengestellt (Abb. 3). Hüppop & Hagen (1990) wiesen nach, dass Flugzeuge bei Austernfischern noch in einer Distanz von 2 km eine Erhöhung der Herzschlagfrequenz auslösen (siehe auch Kap. 4.2.1). Eiderenten tauchten ab, sobald sich ein Flugzeug auf 250 m Flughöhe auf weniger als 1000 m näherte (Mosbech & Boertmann 1999). Ringelgänse an der SW-Küste Englands wurden von jedem Kleinflugzeug unter 500 m Höhe und bis zu einer Distanz von 1,5 km zum Auffliegen veranlasst (Owens 1977). Forshaw (1983) beobachtete bei Kurzschnabelgänsen in Lancashire ebenfalls, dass direkt überfliegende Kleinflugzeuge unter 500 m ü.B. stets eine Reaktion auslösten. Distanzangaben in ähnlichem Rahmen finden sich in den Untersuchungen von Visser (1986 in Kempf & Hüppop 1998) über verschiedene Limikolenarten. Der Überflug eines Kleinflugzeuges auf 30 bis 60 m ü.B. scheuchte Schneegänse beim Grasens auf, worauf diese mit einer Hochspannungsleitung kollidierten (Blokpoel & Hatch 1976).

Einfluss der Flugbahn

Kempf & Hüppop (1998) zitieren mehrere Arbeiten, welche belegen, dass langsame und in Kurven fliegende Flugzeuge eine stärkere Reaktion auslösen als geradlinige und schnelle. Äsende und niedrig fliegende Gänse reagieren sehr empfindlich mit Flucht auf relativ langsame Luftfahrzeuge wie Kleinflugzeuge und Hubschrauber (Gerdes & Reepmeyer 1983).

Abbildung 3:
Mittlere horizontale oder vertikale Distanzen, bei denen Vögel eine Reaktion gegenüber Kleinflugzeugen zeigten (ausgefüllte Symbole), bzw. keine Reaktion beobachtet wurde (offene Symbole) für brütende (Dreiecke) sowie nicht-brütende Vögel (Kreise). (Nettleship 1975, Blokpoel & Hatch 1976, Dunnet 1977, Owens 1977, Grubb 1978, Fraser et al. 1985, Hüppop & Hagen 1990, Grub et al. 1992, Niemann & Sossinka 1992, Smit & Visser 1993, Anthony et al. 1995, Müller 1996, Grubb & Bowerman 1997, Mosbech & Boertman 1999).



Gewöhnung

Ringelgänse gewöhnten sich an Transportflugzeuge, die regelmässig in der Nähe starteten, Kleinflugzeuge behielten jedoch ihren beunruhigenden Effekt (Owens 1977). Der Autor erklärt diese Unterschiede damit, dass Kleinflugzeuge grossen Vögeln und damit potenziellen Räubern gleichen. Die Tatsache, dass Vögel auf Flugplätzen und sogar auf stark frequentierten Flughäfen zu einem erheblichen Risikofaktor bezüglich Kollisionen (bird strikes) werden können, zeigt deutlich, dass Gewöhnung eine durchaus normale Komponente des Vogelverhaltens ist. Sogar die Massnahmen zur Verscheuchung von Vögeln aus dem Flughafenareal, wie etwa die Anwendung von Gaskanonen und Petarden, müssen im Einsatz variiert werden, um Gewöhnung zu vermeiden (siehe etwa Blokpoel 1976).

Im Falle einer Brutkolonie von Meeresvögeln wurden die fehlenden Reaktionen gegenüber Kleinflugzeugen und Helikoptern auf 100 bis 150 m Höhe mit Gewöhnung erklärt (Dunnet 1977). Eine Gewöhnung ist demnach auch bei Kleinflugzeugen nicht prinzipiell auszuschliessen, sondern scheint von der jeweiligen Vogelart und weiteren Umständen abzuhängen. Für eine Umweltverträglichkeitsprüfung wurden Testflüge mit Kleinflugzeugen auf verschiedenen Flughöhen über einer gemischten Reiherkolonie von Nacht-, Kanada- und Silberreihern durchgeführt (Grubb 1978). Nicht einmal bei einer Höhe von weniger als 50 m ü.B. zeigten die Reiher eine Verhaltensänderung. Die untersuchte Reiherkolonie befand sich in

besiedeltem Gebiet; Flugverkehr auf 600 m ü.B. trat regelmässig auf. Daher liegt der Schluss nahe, dass die Reiher an Störungen verschiedener Art gewöhnt waren. Auch Kushlan (1979) stellte fest, dass Überflüge von Helikoptern und Kleinflugzeugen auf 120 und 60 m über einer Reiherkolonie bei 90% der Vögel zu keiner Reaktion oder höchstens zu kurzem Aufschauen führten. Das Ziel dieser Arbeit waren Vogelzählungen.

Reaktionen bei Zählungen Bei Zählungen von brütenden Vögeln fällt auf, dass die Reaktionen der Vögel meist als geringer eingestuft und Reaktionen erst in wesentlich geringerer Distanz beobachtet wurden. Bei Zählungen mittels Luftaufnahmen aus einem niedrig fliegenden Kleinflugzeug in 550 bis 600 m Distanz von einer Basstölpel-Kolonie wurden nur schwache Verhaltensänderungen beobachtet (Nettleship 1975). Bei der Erfassung von brütenden Weisskopfseeadlern aus einem Kleinflugzeug in 20 bis 200 m Distanz verharrten die Altvögel auf ihren Nestern (Fraser et al. 1985). Flüge auf 140–155 m ü.B. zwecks Zählungen lösten bei brütenden Ringelgänsen offenbar keine sichtbaren Reaktionen aus (Anthony et al. 1995).

Folgerungen aus Kap. 3.1.1:

- Die Reaktionen auf Kleinflugzeuge sind je nach Vogelart und Situation extrem verschieden.
- Vögel in der Brutzeit zeigen weniger sichtbare Reaktionen als grosse Vogelansammlungen ausserhalb der Brutzeit (wobei äusserlich nicht erkennbarer Stress bei Brutvögeln wahrscheinlich ist; vgl. Kap. 4.1.2 und 4.2.1). – Dass brütende Ringelgänse bei Anflügen auf 150 m ü.B. und Weisskopfseeadler bei 200–20 m (!) Entfernung vom Nest kaum sichtbare Reaktionen zeigten, bleibt dennoch erstaunlich.
- Die meisten Arbeiten befassen sich mit grossen Ansammlungen von relativ empfindlichen Arten (Gänsen, Limikolen) ausserhalb der Brutzeit. In diesen Fällen wurde, insbesondere bei Gänsen, eine hohe Sensibilität festgestellt, die bei Anflughöhen bis zu 600 m und Horizontalabständen bis zu 1 km bei einem hohen Prozentsatz der Vögel (25–85%) erhebliche Reaktionen (z.B. Flüge von 10–100 s) hervorrief.
- Verallgemeinernd kann festgehalten werden, dass die Wahrscheinlichkeit von Verhaltensänderungen und die Reaktionsintensität mit abnehmendem Vertikal- und Horizontalabstand des Flugzeuges zunimmt. Kurvenflug wirkt störender als geradliniger Flug. Gewöhnung an Flugbetrieb ist möglich, scheint jedoch bei Kleinflugzeugen geringer als bei grossen Transportflugzeugen.

3.1.2 Helikopter

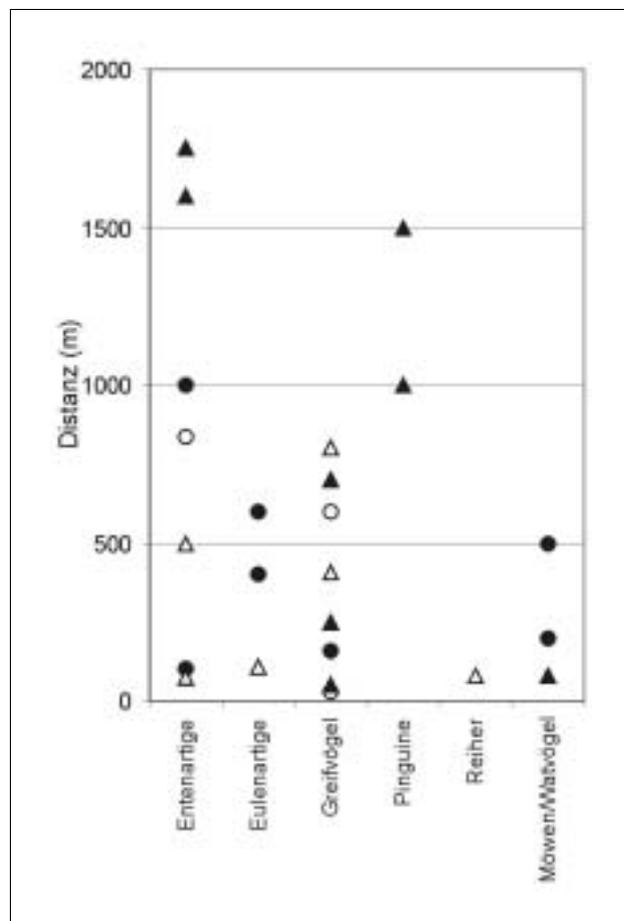
Helikopter im Vergleich mit anderen Luftfahrzeugen

Untersuchungen, die Auswirkungen von Helikoptern und Kleinflugzeugen vergleichen, zeigten übereinstimmend, dass Helikopter eindeutig stärker stören (Roberts 1966, Norman & Saunders 1969, Owens 1977, Forshaw 1983, Kempf & Hüppop 1995, Seriot & Blanchon 1996, Visser 1986 in Kempf & Hüppop 1998). Gladwin et al. (1988a) zeigten, dass Helikopter zu 70% Reaktionen auslösten, während dies bei Kleinflugzeugen in 50% der Fälle zutraf. Im Wattenmeer führte das Auftreten von Helikoptern in 67% der Fälle zu Panik oder Auffliegen unter den Vögeln, bei Kleinflugzeugen in 41% der Fälle (Lauersen 1986 in CWSS 1991). Bei brütenden Weisskopfseeadlern führten Helikopter in 47% der Überflüge zu einer Reaktion, Kleinflugzeuge in 26% (Grubb & Bowerman 1997). In der Studie von Watson (1993) über die gleiche Art ist dieses Zahlenverhältnis mit 53% zu 7% noch ausgeprägter. Auch Ringelgänse flogen bei Helikopter-Überflügen mit grösserer Wahrscheinlichkeit auf und ihr Flug dauerte länger als bei Überflügen von Kleinflugzeugen (Stock 1990, 1992ab, Ward et al. 1994, Stock et al. 1995). Schneegänse reagierten mit einer längeren Flug- und Rückkehrzeit nach einer Störung durch Helikopter als bei anderen Störereignissen (Bélanger & Bédard 1989). Austernfischer und Grosse Brachvögel hatten gegenüber Helikoptern eine grössere Fluchtdistanz als gegenüber anderen Störquellen (Smit & Visser 1993). Grosse und laute Helikopter der Typen CH53 oder Bell störten stärker als die kleineren und leiseren Alouette oder BO105 (Sossinka & Niemann 1994). Die Fluchtdistanz von mausernden Gänsen war für die grössere Bell 212 mit 10 km doppelt so gross wie für die Bell 206 (Mosbech & Glahder 1991). Eine Ausnahme stellt das Resultat von Kushlan (1979) dar, der bei Testflügen von Kleinflugzeugen und Helikoptern auf der gleichen Route feststellte, dass Helikopter ähnlich oder gar weniger störend wirkten.

Horizontale und vertikale Distanzen

Wie bei Kleinflugzeugen, so scheint auch bei Helikoptern die Reaktionsintensität mit abnehmender Entfernung zu den Vögeln zuzunehmen. In einer Studie über Ringelgänse hing der Anteil der aufmerkenden oder auffliegenden Individuen vor allem von der Flughöhe der Helikopter ab, weniger hingegen von der Flugrichtung oder dem Flugweg (Holm 1997). Eine klare Höhenabhängigkeit findet sich auch in den Resultaten von Sossinka und Niemann (1994). Helikopter-Überflüge auf 50–80 m verursachten bei Entenvögeln in 83% der Fälle eine Reaktion (aufmerken, schwimmen), wobei der Anteil auf 27% abnahm, wenn die Flughöhe auf 200–300 m gesteigert wurde.

Abbildung 4:
 Mittlere horizontale oder vertikale Distanzen, bei denen Vögel eine Reaktion gegenüber Helikoptern zeigten (ausgefüllte Symbole), bzw. keine Reaktion beobachtet wurde (offene Symbole) für brütende (Dreiecke) sowie nicht-brütende Vögel (Kreise). Die Extremwerte von Mosbech & Glahder (1991, siehe Text) werden nicht gezeigt. (Barry & Spencer 1976, Carrier & Melquist 1976, Platt 1977 in Grubb & Bowerman 1997, Kushlan 1979, Leit & Renno 1983, Gabrielsen 1987, Andersen et al. 1989, Culik et al. 1990, Wilson et al. 1991, Grubb et al. 1992, Niemann & Sossinka 1992, Smit & Visser 1993, Grubb & Bowerman 1997, Holm 1997, Delaney et al. 1999).



Zunehmende Reaktionsintensität bei abnehmenden Überflughöhen zeigten sich auch bei Greifvögeln. Brütende Gerfalke flogen bei Helikopter-Überflügen unter 160 m ü.B. immer auf, während Reaktionen bei einer Mindesthöhe von 600 m ü.B. ausblieben (Platt 1977 in Grubb & Bowerman 1997). Bei Helikopter-Überflügen auf eine Höhe von 60–120 m ü.B. flogen ca. 50% der beobachteten überwinterten Weisskopfseeadler auf oder unterbrachen das Fressen (Stalmaster & Kaiser 1997). Bei einer Flughöhe über 300 m ü.B. reagierten dieselben Vögel kaum. Intensive Störungen durch Helikopter-Überflüge auf 100 m über Horsten von Weissbauch-Seeadlern führten zum Absterben der Eier, da die Altvögel während der Störung ihr Nest verliessen und die Eier zu lange der Witterung ausgesetzt waren (Stokes 1996). Auch bei Steinadlern wurde nach intensiven Helikopterflügen im Horstbereich während der Bebrütung Brutverlust festgestellt (Jenny 1992).

Abnehmende horizontale Distanz führt in ähnlicher Weise wie abnehmende vertikale Distanz zu intensiveren Reaktionen. Bei einer Entfernung von mehr als 600 m reagierten Fleckenkäuze in bewaldetem Habitat nicht auf Helikopterflüge, bei etwa 400 m reagierten sie mit erhöhter Aufmerksamkeit durch Kopfdrehen, bei etwa 120 m wurde der Körper heftiger bewegt und unter 50 m Distanz flogen sie auf

(Delaney et al. 1999). Mausernde Kurzschnabel- und Weisswangengänse reagierten bereits bei einer Entfernung von 5 bis 10 km mit grosser Unruhe auf Helikopter (Mosbech & Glahder 1991). Bei dieser Distanz waren die Helikopter erst hörbar aber noch nicht sichtbar. In einem arktischen Gebiet war die Beunruhigung bei verschiedenen Vogelarten bis in einem Umkreis von 2.5 km zu beobachten (Barry & Spencer 1976). Graue Gänse (Gattung *Anser*) reagierten bereits, wenn sich ein Helikopter in 1,5 km Distanz befand, wobei der Flugkörper teilweise noch nicht sichtbar war (Niemann & Sossinka 1992). Die Fluchtdistanz von Weisswangengänsen gegenüber Helikoptern betrug 0,5 bis 3 km (Leito & Renno 1983). Helikopter führten bei Adélie-Pinguinen in einer Distanz von über einem Kilometer zu einer Erhöhung der Herzschlagrate oder zu äusserlich sichtbarer Unruhe (Culik et al. 1990, Wilson et al. 1991). Adélie-Pinguine verliessen zu 20–30% ihre Kolonie bei Annäherung eines Helikopters auf 1000 m (Sladen & Leresche 1970 in Carney & Sydeman 1999). Wilson et al. (1991) beschrieben, dass Helikopterflüge Panik unter heimkehrenden Pinguinen auslösten, sodass sie ihr Nest erst verspätet erreichen konnten.

Gewöhnung

Die Vergleichbarkeit der Studien ist durch die Vielfalt der einbezogenen Arten, der Helikoptertypen und der methodischen Ansätze sehr eingeschränkt. Die Unterteilung in Reaktion/keine Reaktion in Abhängigkeit der Distanz zwischen Helikoptern und Vögeln zeigt, dass Distanzen unter 300 m in den meisten Fällen zu einer Reaktion führten (Abb. 4). Empfindliche Arten zeigten teilweise bereits bei sehr grossen Entfernungen Verhaltensänderungen, die vermutlich nur durch den akustischen Stimulus ausgelöst wurden. Nur in der Arbeit von Andersen et al. (1989) wird erwähnt, dass sich Vögel an Helikopterflüge gewöhnen. Sie schliessen aus ihren Daten, dass naive Rotschwanzbussarde stärker gegenüber Helikoptern reagierten als erfahrene Artgenossen. Gewöhnungseffekte wären auf Helikopterbasen zu überprüfen.

Folgerungen aus Kap. 3.1.2:

- Helikopter stören unter vergleichbaren Bedingungen mit grösserer Wahrscheinlichkeit und mit länger dauernder Wirkung als Kleinflugzeuge.
- Die Störung nimmt mit zunehmender Grösse und Lärmentwicklung der Helikopter sowie mit abnehmender Vertikal- und Horizontalabstand zu.
- Die meisten Arten reagieren bei Annäherungsdistanzen unter 300 m, empfindliche Arten wie Gänse zeigen Fluchtdistanzen von 0,5–3 km und Unruhe bereits bei Distanzen von über 5 km. Adélie-Pinguine verliessen bei Annäherung eines Helikopters auf 1000 m zu 20–30% ihre Kolonie.
- Enten und Greifvögel scheinen weniger empfindlich zu reagieren als Gänse: Gerfalken reagierten bei Flughöhen über 600 m nie, bei Höhen unter 160 m immer. Nicht-brütende Weisskopfseeadler reagierten bei Überflügen auf 60–100 m zu 50%, bei Höhen von 300 m kaum. Enten reagierten auf Überflüge in Höhen von 50–80 m in 83% der Fälle, bei 200–300 m in 27% der Fälle.

3.1.3 Militärjets

Flugbahn

Im Vergleich zu Kleinflugzeugen und Helikoptern fliegen Kampfjets schneller und geradliniger. Vermutlich aus diesem Grunde war die Reaktionsintensität von Pfuhschnepfen im Wattenmeer gegenüber Kampfjets geringer als bei Kleinflugzeug- und Helikopter-Überflügen (Smit & Visser 1993). Enten und Gänse reagierten empfindlicher bei Kurven fliegenden Jets als bei geradliniger Flugbahn (Lugert 1988). Im dänischen Wattenmeer lösten Kampfjets im Mittel zu 36% eine Reaktion aus, während andere Luftfahrzeuge in 41 bis 67% der Überflüge reaktionsauslösend waren (Lauersen 1986 in CWSS 1991).

Horizontale und vertikale Distanzen

Bei seitlichen Entfernungen bis 1000 m wurden im Wattenmeer vergleichsweise geringe Auswirkungen von Jet-Überflügen festgestellt (Kempf & Hüppop 1998). Bei Kampfjets, die stets auf 1000 m ü.B. flogen, führte jeweils der erste Überflug einer Serie zum Aufliegen einzelner Limikolenschwärme (van Raden & Küsters 1990). Danach traten kaum mehr starke Reaktionen auf. Brütende Grosstrappen zeigten nur eine schwache Reaktion auf Jets, indem die Hennen mit schräggehaltenem Kopf nach oben blickten (Quaisser & Hüppop 1995). Lugert (1988) beobachtete, dass Enten und Gänse bei Überflughöhen von 300 m ü.B. aufflogen, wobei sie besonders sensibel reagierten, wenn die Jets Kurven flogen. In einem Gebiet des holländischen Wattenmeeres, in dem häufig Tiefflüge auf 50 m ü.B. stattfanden, waren an Tagen mit Flugverkehr weniger Strandläufer anwesend und sie zeigten eine grössere Fluchtdistanz gegenüber Menschen als an flugfreien Tagen (Koolhaas 1993). Die Reproduktionsrate und Nestwiederbesetzung von Wanderfalken in Arizona (USA) war trotz häufiger Tiefflügen von Jets (z.T. mit Überschallknall) hoch (Ellis et al. 1991). Waren die Jets 500 m oder weiter entfernt, konnten keine Verhaltensänderungen beobachtet werden. Bei Schalldrucken von 82–114 dB (A) waren die Vögel nur kurzfristig beunruhigt. Basstölpel verliessen bei Tiefflügen durch Jets über ihrer Brutkolonie die Nester, was zu massivem Brutausfall führte (Bourne 1991). Bei Russseeschwalben verursachten tiefe Überflüge mit militärischen Jets (z.T. mit Überschallknall) einen Brutausfall von 99% (Bell 1972). Auch der Fortpflanzungserfolg von Brandseeschwalben-Kolonien wurden durch tieffliegende Jets erheblich beeinträchtigt (Temme 1967 und Schmid 1988 in Kempf & Hüppop 1998).

Bei Lande- und Startmanövern von sehr lärmintensiven Flugzeugen flogen brütende Möwen häufiger auf als bei leiseren Typen (Burger 1981a). Dabei wurden Eier zerstört oder der Prädation ausgesetzt. In dichten Kolonien waren die Verluste besonders hoch. Simulationen des Überschallknalles zeigten, dass eine relativ schnelle Gewöhnung stattfinden kann, während die Kombination mit dem optischen Reiz länger zu Beunruhigungen führt (siehe Kap. 4.3.1).

Eine Übersichtsarbeit von Gladwin et al. (1988a) kommt zum Schluss, dass militärische Flugbewegungen sich zu 60% störend auswirkten. Zu diesen militärischen Flugbewegungen gehörten kleine Jets, die sich mit 59% als häufiger reaktionsauslösend erwiesen als grosse Jets (31%).

In Gibraltar wurde nach intensiven militärischen Übungen eine grosse Streuung der nächtlichen Flugrichtungen von Singvögeln auf dem Frühjahrszug beobachtet (Hilgerloh 1990).

Folgerungen aus Kap. 3.1.3:

- Die Reaktionen von Vögeln scheinen bei Militärjets eher geringer zu sein als bei Helikoptern und Kleinflugzeugen, nehmen aber bei Kurvenflügen zu. Gewöhnung ist möglich (z.T. sogar in kurzer Zeit).
- Zum Teil wurden bedeutende Brutauffälle nach Tiefflügen (z.T. mit Überschallknall) über Brutkolonien verschiedener Arten festgestellt.

3.1.4 Kleinaviatik

Angaben über die Auswirkungen dieser unregelmässig auftretenden Luftfahrzeuge beruhen vorwiegend auf Beschreibungen von Einzelbeobachtungen.

Ballone

Wie bei motorisierten Luftfahrzeugen wurde auch bei Heissluft- und Gasballonen ein Zusammenhang zwischen der Reaktion der Tiere und der Fahrhöhe festgestellt (Georgii & Hofer 1997). Fluchtreaktionen wurden bei Fahrten unter 150 m ü.B. etwa doppelt so häufig festgestellt wie bei Fahrhöhen zwischen 150 und 300 m ü.B. und bei Höhen über 300 m ü.B. blieben Reaktionen meist ganz aus. Der Unterschied zwischen Heissluft- und Gasballonen wurde als gering eingestuft. Insbesondere bei Niedrigfahrten können Tiere auch von geräuschlos dahinfahrenden Gasballonen beunruhigt oder in die Flucht geschlagen werden. Die von Georgii & Hofer (1997) durchgeführte Umfrage ergab jedoch, dass dem Brennergeräusch des Ballons die grösste Bedeutung als Auslöser von Tierreaktionen zugemessen wird. Die gemeldeten Beobachtungen beziehen sich überwiegend auf Vogelarten, welche sich in offenem Gelände aufhalten und deshalb gut beobachtbar sind, wie Enten, Gänse, Hühner, Greifvögel, Reiher, Raben und Tauben. In der Übersichtsarbeit von Stephan (1997) über die Einflüsse von Heissluftballone wird der Überraschungseffekt tieffliegender Ballone, welche plötzlich beispielsweise über Baumwipfeln auftauchen oder den Brenner zünden, als besonders schwerwiegend beschrieben. Dies kann bei Nutztieren im Freien Fluchtverhalten auslösen, das in verschiedenen Fällen zu Verletzungen geführt hat.

Offensichtlich schlägt aber das Erscheinungsbild alleine Vögel nicht unbedingt in die Flucht. Greifvögel wurden beobachtet, wie sie Ballone begleiteten (Georgii & Hofer 1997). Ballonfahrer berichteten von einem Grünspecht, der in 100 bis 150 m aus einem Wald aufflog und auf dem Korb landete (Fox 1997). In einem anderen Fall umflogen Mehlschwalben in grosser Anzahl zwei Heissluftballone, vermutlich auf der Suche nach Nahrung (McNeil 1992).

Heissluft- und Gasballone haben die Besonderheit, dass sie weder zeitlich noch räumlich regelmässig in Erscheinung treten. Zudem ist ihre Fortbewegungsweise einerseits geräuschlos, andererseits mit unregelmässiger Lärmentwicklung verbunden. In der Folge ist ein Gewöhnungseffekt weitgehend ausgeschlossen (Georgii & Hofer 1997).

Ultraleichtflugzeuge	Die Zunahme von Überflügen mit Ultraleichtflugzeugen (UL) in einem Naturschutzgebiet Hessens wurde für das Ausbleiben der Brutten der bis 1983 alljährlich beobachteten Uferschnepfen und Grossen Brachvögeln verantwortlich gemacht (Keil 1986). Die brutwilligen Paare verliessen Ende April bis Anfang Mai das Gebiet, womit begonnene Gelege aufgegeben wurden. Zwergschwäne nutzten ein Nahrungsgebiet nicht mehr, nachdem im angrenzenden Gebiet ein Flugplatz für UL eingerichtet wurde (Smit & Visser 1989 in Kempf & Hüppop 1998). Analog zu Vergleichen bei häufigeren Luftfahrzeugen, wird auch bei UL angenommen, dass ihr langsamer Flug dramatischere Effekte haben kann als schnelle Luftfahrzeuge (Smit & Visser 1993). Die relativ geringe Flughöhe von meist 300 m ü.B. führt zudem in struktureicher Topographie oft zu einem Überraschungseffekt (Keil 1986, Ziese & Wulfert 1989).
Segelflugzeuge	Bei der Annäherung eines Motorseglers auf 50 bis 100 m ü.B. flohen ein Kiebitz, rund 100 Ringeltauben, 30 Dohlen und 6 Stare, welche in der gleichen Fläche rasteten (Dietrich et al. 1989). Der An- und Überflug von Segelflugzeugen und Motorseglern über Birkhühner in einer Auswilderungsvoliere löste panikartige Flucht aus (Clemens 1990 in Kempf & Hüppop 1998).
Hängegleiter und Gleitschirme	Die Flugtechnik von Hängegleitern und Gleitschirmen erfordert Höhenunterschiede und Steilabfälle wie sie an Felsen gegeben sind. Damit steht der Konflikt mit Felsenbrütern, beispielsweise Wanderfalke, Kolkrabe, Uhu und Steinadler, im Vordergrund (Opitz 1990). Zur Brutzeit führt ein Fluggerät, insbesondere wenn es überraschend auftaucht, bei Vögeln im Nestbereich zu grosser Beunruhigung. Relevante Auswirkungen von Hängegleitern auf felsbrütende Vogelarten beschränken sich auf einen Umkreis von einigen hundert Metern (Weber & Schnidrig-Petrig 1997). Hängegleiter können bei Birkhühnern und Greifvögeln Stressreaktionen auslösen und in Extremfällen dazu führen, dass Nester aufgegeben werden (Lorch 1995). Allerdings brütete in den Pyrenäen ein Schmutzgeierpaar erfolgreich direkt unterhalb eines Gleitschirm-Startplatzes (Seriot & Blanchon 1996). Schnidrig-Petrig (1995) beurteilt Hängegleiter im Alpenraum als bedeutende Störquelle für Steinadler und Raufusshühner, sowohl im Sommer wie im Winter. Eine Umfrage unter Schweizer Wildhütern ergab, dass Störungen durch Gleitschirme den Bestand der Raufusshühner (Auer-, Birk- und Schneehühner) beeinträchtigen könnten (Mosler-Berger 1994). Auch französische Parkwächter geben an, dass verschiedene Greifvogelarten, sowie Auer- und Birkwild durch Überflüge von Hängegleitern und Gleitschirmen deutlich beunruhigt werden (Seriot & Blanchon 1996). Die Häufung der Störereignisse durch weitere Luftfahrzeuge wie Helikopter und Kleinflugzeuge führt zum Verlassen von Nahrungs- und Brutplätzen, sodass der Fortpflanzungserfolg reduziert wird. In mehreren Gebieten im Oberallgäu (Bayern) konnte hingegen kein negativer Einfluss von Hängegleiter- und Gleitschirm-Flügen auf die Anzahl Raufusshühner festgestellt werden (Zeitler 1995). Dieser widersprüchliche Befund wird damit erklärt, dass sich letztere Studie auf ein Gebiet mit besserer Deckung durch die Vegetation bezieht, während negative Auswirkungen in exponierterem Gelände beobachtet wurden.

Während und nach Überflügen von Hängegleitern und Gleitschirmen verliessen Ringeltauben den Wald längere Zeit nicht mehr für ihre Nahrungssuche (Südbeck & Spitznagel 2001). Rauch- und Mehlschwalben wurden beobachtet, wie sie Gleitschirmflieger umkreisten und Wacholderdrosseln, wie sie diese bekoteten (Südbeck & Spitznagel 2001). Diese Verhaltensweisen treten auch bei nahe vorbeifliegenden Greifvögeln auf. Mosler-Berger (1994) stellt fest, dass Gleitschirme, Hängegleiter und Segelflieger ähnliche Fluchtreaktionen provozieren wie laute Flugzeuge. Eine Gewöhnung kann durch das unregelmässige Auftreten dieser Fluggeräte und die Überraschungseffekte im unübersichtlichen Gelände ausgeschlossen werden.

Folgerungen aus Kap. 3.1.4:

- Sporadische Beobachtungen deuten auf ein erhebliches Störpotenzial von Heissluftballonen, Ultraleichtflugzeugen, Motorseglern und Hängegleiter hin.
- Bei den lautlosen Flugkörpern dürfte sich die Störwirkung auf wenige hundert Meter beschränken.
- Systematische Untersuchungen fehlen.

3.1.5 Modellflugzeuge

**Motorisierte
Modellflugzeuge**

Modellflugzeuge rechtfertigen eine separate Betrachtung, weil sie in ihrer Grösse und Wendigkeit am nächsten an Greifvögel herankommen und damit am besten dem angeborenen Feindschema der Vögel entsprechen (Keil 1988). Vögel reagieren auf ein solches Feindschema oft relativ automatisch z.B. mit Flucht oder Sich-Ducken (Angeborener Auslösemechanismus, Schleidt 1961). Die unkalkulierbaren Flugmanöver der Modelle (horizontal und vertikal), verbunden mit hohen Winkelgeschwindigkeiten, rufen eine besonders starke Reaktion hervor (Rossbach 1982). Hinzu kommt die Lärmbelastung bei motorisierten Modellen. Die Fluchtdistanzen verschiedener Vogelarten liegen im Bereich von 200 bis 400 m, maximal 600 m (Abb. 5). Damit wird eine weit über den eigentlichen Flugplatz hinausgehende Fläche entwertet (Opitz 1990).

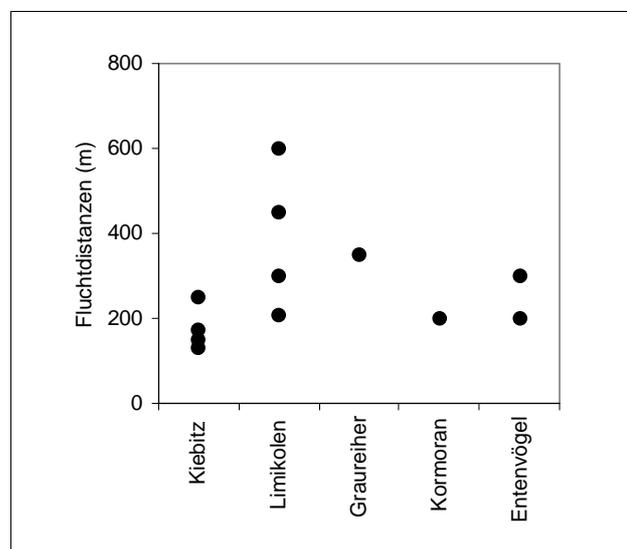


Abbildung 5:
Fluchtdistanzen gegenüber
Modellflugzeugen gemäss
Angaben in Putzer (1995) und
Dietrich et al. (1989).

Ausbleibende Gewöhnung Bei einem Modellfluggelände konzentriert sich der Flugbetrieb meist auf die Wochenenden oder auf wenige Stunden am späten Nachmittag. So folgen auf ruhige Perioden besonders intensive und anhaltende Störphasen; die Möglichkeit der Gewöhnung wird dadurch stark eingeschränkt (Riederer 1976, Rossbach 1982). Die geringe Gewöhnung wurde – zumindest in Versuchen – erfolgreich genutzt, um Vögel aus dem Flughafengelände zu verscheuchen (Bivings 1991). Der Beginn der jährlichen Flugsaison fällt meist mit dem Beginn der Brutperiode der Vögel zusammen. An Tagen mit Flugbetrieb wird dann die Revieraufteilung völlig über den Haufen geworfen und brütende Individuen werden von ihren Nestern fern gehalten. Reduzierter Bruterfolg oder Abnahme der Anzahl Brutpaare, wie im Falle des Grossen Brachvogels in Süddeutschland, können die Vorstufe für das spätere Verschwinden einer Art sein (Opitz 1975, Boschert 1993, Boschert & Rupp 1993). Es kann angenommen werden, dass andere Wiesenbrüter gleichermaßen davon betroffen sind (Riederer 1976). Überdies attackierten revierinhabende Brachvögel Modellflugzeuge zum Teil heftig (Boschert 1993). Kiebitze reagierten weniger heftig. Bei der Annäherung von Modellflugzeugen kam es zum Teil zu einer leichten Steigerung der Herzschlagrate (Dietrich et al. 1989). Brütende Kiebitze verharrten jedoch auf ihren Nestern. In diesem Falle wurde vermutet, dass sich diese Vögel an den seit Jahren stattfindenden Modellflugbetrieb in gewissem Ausmass gewöhnt hatten.

Folgerungen aus Kap 3.1.5:

- Modellflugzeuge haben ein hohes Störpotenzial wegen Ähnlichkeit mit Greifvögeln, Wendigkeit, schubweisem Flugbetrieb und oft bedeutendem Lärm.
- Die Wirkung ist in Gebieten mit zeitweise konzentriertem Flugbetrieb gravierend.
- Fluchtdistanzen 200–600 m.

3.1.6 Vergleiche zwischen Luftfahrzeugen

Die Störwirkung eines Luftfahrzeuges hängt vom Flugzeugtyp ab, von der Art des Fluges, von der lateralen Distanz, Höhe, Geschwindigkeit, Flugrichtung und vom Schalldruck (CWSS 1991). Einige dieser Parameter sind durch den Typ des Luftfahrzeuges vorbestimmt, sodass folgende Verallgemeinerungen möglich sind: Die grösste Störwirkung weisen meist Helikopter auf, und in absteigender Folge Kleinflugzeuge und Militärjets (Ward et al. 1999). Dies wird durch Vergleiche im Wattenmeer illustriert, wo Helikopter in 67% der Fälle ein Auffliegen der Vögel verursachten, Kleinflugzeuge in 41%, militärische Transportflugzeuge in 50% und Kampffjets in 36% der Fälle (Lauersen 1986 in CWSS 1991). Zu einer vergleichbaren Reihenfolge kamen Gladwin et al. (1988a) bei ihrer Übersichtsarbeit über den Einfluss von Lärm auf Vögel. Sie fassen zusammen, dass sich Helikopter zu 70% störend auswirken, kleine Kampffjets zu 59%, kleine Propellerflugzeuge zu 50%, grosse Kampffjets zu 31%, militärische Flugbewegungen zu 60%, private zu 44% und kommerzielle zu 37%. Keinen Unterschied zwischen der Störwirkung von Kampffjets und Kleinflugzeugen fanden Heinen (1986) bei Untersuchungen über rastende Küstenvögel im Wattenmeer und Philippona (1972) bei Blässgänsen.

Birkhühner in Gehegen reagierten kaum auf tieffliegende Düsenflugzeuge (Clemens 1990 in Mosler-Berger 1994; keine Höhenangaben); auf tieffliegende, relativ langsame Helikopter, Motor- und Segelflugzeuge reagieren sie hingegen deutlich mit reglosem Verharren oder Auffliegen, bei direktem An- und Überflug mit Panik. Langsame Luftfahrzeuge wie Helikopter und Ultraleichtflugzeuge können auch auf grösserer Höhe eine stärkere Wirkung haben als Kampffjets (Smit & Visser 1993, Stock 1993). Helikopter lösten bereits in 600 m Distanz bei über 50% der beobachteten Pfuhlschnepfen eine Reaktion aus, während bei Jets in gleicher Distanz nur 20% reagierten (Visser 1986 in Smit & Visser 1993). Auf wiesenbrütende Limikolen (Brachvogel, Uferschnepfe) hatten Kleinflugzeuge geringere Auswirkungen als Modell- und Ultraleichtflugzeuge (Dietrich et al. 1989).

Folgerungen aus Kap. 3.1.6:

- Modell- und Ultraleichtflugzeuge haben im Kurzdistanzbereich die gravierendsten Auswirkungen.
- Grössere Flugzeuge wirken auf grössere Distanz.
- Am stärksten wirken Helikopter, dann in absteigende Reihenfolge Kleinflugzeuge, Kampffjets und Transportflugzeuge.

3.2 Charakterisierung des Störreizes

Abgesehen von Kollisionen stellen Flugzeuge keine direkte Bedrohung für Vögel dar. Dennoch reagieren Vögel auf die unterschiedlichsten Luftfahrzeuge, wie es gegenüber einer ernsthaften Gefahr plausibel wäre. Bei plötzlichem Auftreten eines Flugobjektes wäre es denkbar, dass die Schrecksituation keine differenzierte Reaktion zulässt. In manchen Fällen suggeriert das Verhalten verschiedener Vogelarten, dass Form und Bewegung der Flugzeuge einen angeborenen Verhaltenskomplex aus dem Bereich des Feindverhaltens ansprechen (Angeborener Auslösemechanismus, Manning 1979). Dabei steht der optische Reiz im Vordergrund, der im Kap. 3.2.1 diskutiert wird. Der optische Reiz wird bei Flugzeugen von Lärm begleitet. Der zusätzlich akustische Reiz kann zu einer Reizsummutation führen und damit die Störwirkung des Flugbildes verstärken (Manning 1979). Ausserdem kann (ev. aufgrund von Erfahrungen) der Lärm allein bereits Reaktionen auslösen (z.B. bei Gänsen: Mosbech & Glauder 1991, Barry & Spencer 1976, Niemann & Sossinka 1992). Während es in der Praxis nur mit Hängegleitern, Gleitschirmen oder Segelflugzeugen gelingt, das Flugbild losgelöst vom akustischen Reiz zu untersuchen, ist es möglich die Lärmwirkung mit akustischen Experimenten separat zu analysieren (siehe Kap. 3.2.2).

Feindverhalten

Neben der akustischen und optischen Komponente hängt die Störwirkung eines Luftfahrzeuges von dessen räumlichem und zeitlichem Auftreten ab. Die räumlichen Aspekte beinhalten einerseits die Distanz zwischen Flugzeug und Vogel, andererseits die lokale Topographie und die Struktur des Lebensraumes (Kap. 3.2.3). Unter den zeitlichen Komponenten betrachten wir jahreszeitliche und tageszeitliche Aspekte, sowie die Dauer und die Häufigkeit von Störreizen (Kap. 3.2.4).

3.2.1 Optischer Reiz

Der visuelle Reiz von Flugzeugen führt bei Vögeln zu grösserer Beunruhigung als der akustische Reiz (Kempf & Hüppop 1996). Es kommt zu einer Reaktion, wie sie gegenüber Beutegreifern auftritt. Allein der vorbeiziehende Schatten eines Greifvogels oder eines Flugzeuges löste bei Vögeln in Aussengehegen heftige Reaktionen aus (Bell 1972). Gleitschirme, Hängegleiter und Segelflieger können offensichtlich ähnliche Reaktionen, teilweise auch panikartige Flucht, auslösen wie laute Flugzeuge (Mosler-Berger 1994, Müller 1996).

Einfluss Silhouette

In der klassischen Verhaltensforschung wurde bereits in den 30er-Jahren die Wirkung von Vogelsilhouetten auf gekäfigte Vögel untersucht (Manning 1979). Dabei wurde eine Attrappe verwendet, welche in einer Flugrichtung einen Habicht nachahmt, in umgekehrter Richtung eine Gans (Abb. 6). Die Gans-Silhouette löste im Gegensatz zur Habicht-Silhouette keine Alarmreaktion aus. In Laboruntersuchungen stellte Schleidt (1961) jedoch fest, dass Putenküken nicht angeborenermassen verschieden auf lang- oder kurzhalsige Attrappen reagieren (allerdings könnte die Eignung von Putenküken für diesen Versuch angezweifelt werden). Nach Wiederholungen liess die Wirkung der Attrappen generell nach, wobei die Reaktionen bei seltenen Formen länger anhielten. Vermutlich können Vögel erhebliche Silhouetten-Unterschiede mit der Zeit auch beurteilen. Eine Gewöhnung hängt aber nicht von der Form ab. Bestimmte Silhouetten können grössere Wirkung erzielen, wenn sie mit einer (möglicherweise erlebten) effektiven Bedrohung assoziiert werden (Sossinka 1978, Manning 1979, Niemann & Sossinka 1991).

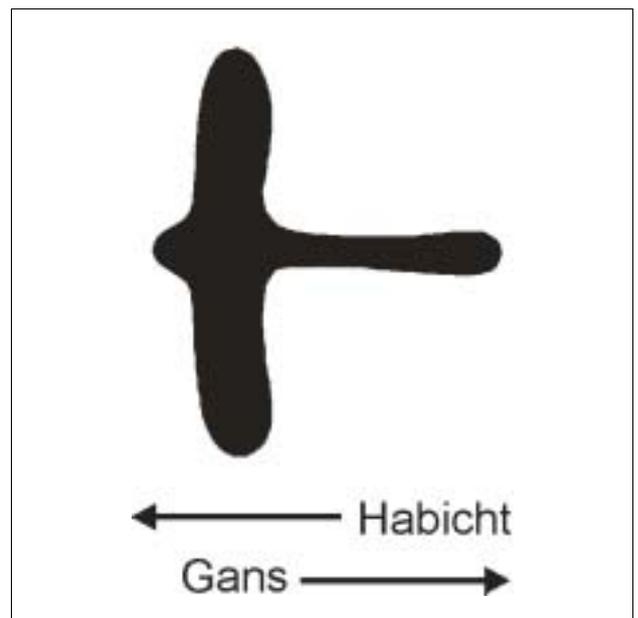


Abbildung 6:
In Experimenten über die Wirkung verschiedener Silhouetten benutzte Attrappenform (Manning 1979).

Einfluss Flugbahn

Die Reaktionsintensität der Vögel hängt auch von der Flugbahn der Luftfahrzeuge ab. Geradlinige Flüge ziehen geringere Verhaltensänderungen nach sich als Kurvenflug (Lugert 1988). Überflüge in grosser Höhe lösten im Wattenmeer z.T. panikartige Reaktionen aus, wenn Kurven geflogen wurden. Niemann & Sossinka (1991) wie auch Kempf & Hüppop (1998) nehmen an, dass für die Wirkung eines Flugobjektes im Sinne eines Auslöse-Mechanismus die Objektwinkelgrösse, die Winkelgeschwindigkeit und die Relativgeschwindigkeit wesentliche Grössen sind; dabei entspricht die Objektwinkelgrösse dem Winkel, der für den Beobachter durch ein Objekt abgedeckt wird; die Winkelgeschwindigkeit ist die Objektbewegung in Grad pro Sekunde und die Relativgeschwindigkeit ist das Verhältnis zwischen Winkelgeschwindigkeit und Objektwinkelgrösse. Nach Schleidt (1961) lösen Objektwinkelgrössen von 1 bis 4°, Winkelgeschwindigkeiten unter 50°/s, bzw. Relativgeschwindigkeiten unter 30°/s starkes Fluchtverhalten aus (Schleidt 1961).

Vermutlich ist der optische Reiz dafür verantwortlich, dass Hausgeflügel auf Tief Flüge von Flugzeugen heftiger reagierte als auf die Lärmeinwirkung eines Überschallknalls (Bell 1970). Während bei simuliertem Fluglärm in einer Eilseeschwalben-Kolonie erst bei sehr hohem Schallpegel Schreck- oder Fluchtverhalten auftrat, flohen 98% der Vögel, als nach dieser Simulation ein Ballon über die Kolonie flog (Brown 1990). Bei einer benachbarten Kolonie flogen indes nur 10% der Eilseeschwalben auf. Die Wirkung des Ballones ohne vorhergehenden akustischen Reiz wurde in diesem Fall nicht getestet. Die Kombination von akustischem und ungewohntem optischem Reiz löst aber offenbar heftigere Verhaltensänderungen aus als Lärm für sich alleine.

3.2.2 Akustischer Reiz

Lärm

Sofern keine weiteren Stimuli (optisch, chemisch) gleichzeitig einwirken, gewöhnen sich höhere Vertebraten schnell an neue Lärmquellen (Busnel 1978). Akustische Reize haben offensichtlich auch bei Vögeln ein hohes Gewöhnungspotenzial (Maczey & Boye 1995). Hähne, welche regelmässig einem Lärmreiz simulierter Flugzeug-Überflüge von 120 dB ausgesetzt wurden, gewöhnten sich schnell daran und zeigten dann keine Reaktion mehr (Kosin 1954). Bei freilebenden Gänsen wirkte Lärm weniger störend als optische Reize, wobei plötzlich auftretender Lärm dennoch zu Schreckreaktionen führte (Owen 1973). Auch bei Gänsen wurde beobachtet, dass noch ferne Motorgeräusche von Sportflugzeugen und Helikoptern Gänse sichern und starten liessen (Gerdes & Reepmeyer 1983); dabei bleibt offen, ob sie den Lärm mit früheren Überflügen assoziierten oder ob sie durch die unbekannte Störung irritiert waren. Hennen reduzierten aufgrund von Lärmeinwirkung von Flugzeug-Überflügen die Brutzeit pro Tag oder gaben das Brutgeschäft vollständig auf (Granacher 1985). Hingegen konnte bei freilebenden Kalifornischen Mückenfängern, welche in der Umgebung einer militärischen Basis brüteten, kein klarer Zusammenhang zwischen Lärmintensität und Nestbau oder Gelegegrösse nachgewiesen werden (Awbrey & Hunsaker 1997). Auch an Orten mit einem Schalldruck von über 80 dB während täglich mehreren Stunden wurden erfolgreiche Bruten festgestellt.

Simulation Fluglärm

Simulationen ermöglichen, die Auswirkung akustischer Reize unabhängig von optischen Reizen zu testen. Dazu wird Flugzeuglärm mit unterschiedlichem Schalldruck über Lautsprecher abgespielt. Bereits bei relativ geringem Schalldruck, der nur wenig über den Lärmpegel der Umgebung lag, zeigten Eilseeschwalben erhöhte Aufmerksamkeit (Brown & Malther 1988, Brown 1990). Bei einem Pegel über 85 dB(A) wurde eine erhöhte Startbereitschaft beobachtet oder die Vögel flogen auf. Geflügel in geschlossenen Ställen gewöhnte sich jedoch schnell an den Fluglärm und reagierte auch bei 120 dB nicht (Kosin 1954, Granacher 1985). Der andauernde und starke Maschinenlärm in Fabrikationshallen von 115 dB hält Kleinvögel (Sperlinge, Meisen u.a.) offensichtlich nicht davon ab unter dem Dach zu brüten (Busnel 1978); dasselbe gilt für Tauben (eigene Beob.).

Überschallknall

Militärjets, die mit Geschwindigkeiten über der Schallgeschwindigkeit fliegen, verursachen Überschallknalle (sonic booms). Diese sind als rein akustischer Reiz zu interpretieren, denn der Knall wird wahrgenommen, wenn das Flugzeug sich nicht über dem Beobachter befindet. Es entstehen kurze, äusserst hohe Schalldrucke. Vögel reagieren auf Überschallknalle mit Wegrennen, Auffliegen oder enger Zusammenrücken im Falle von Vogelgruppen (Bell 1972, Übersichtsarbeit).

Überschallknalle und anderer Flugzeuglärm hatten keine Auswirkung auf den Schlüpfertag von Hühnereiern (Heinemann 1969 in Gladwin et al. 1988). Der aussergewöhnlich hohe Brutausschlag von 99% in einer Kolonie von 50'000 Russseeschwalben wurde in Zusammenhang mit regelmässig auftretenden Überschallknallen gebracht (Austin et al. 1970). Es wurde als eher unwahrscheinlich betrachtet, dass die Embryonen durch physikalische Beschädigung abstarben. Vielmehr wurde vermutet, dass die Eier auskühlten, weil die brütenden Vögel aufgrund der Knalle die Nester zu häufig verliessen. Ein Überschallknall löste bei Kolkraben ein sehr auffälliges Verhalten aus (Davis 1967): Innerhalb von etwa fünf Minuten sammelten sich laut rufend und flatternd rund 70 Raben aus einem Umkreis von 2 km. Diese Ansammlung löste sich erst nach und nach auf, wobei nach einer halben Stunde immer noch 30 Raben zusammen kreisten.

Gehörschaden bei Vögeln

Kanarienvögel, welche in Laborexperimenten Lärm von 95 bis 100 dB ausgesetzt wurden, erlitten permanente Gehörschäden (Marler et al. 1973). Dabei ging das Hörvermögen höherer Frequenzen zurück, unabhängig vom Frequenzbereich des Lärmes, welchem sie ausgesetzt waren. In der Folge war das Singrepertoire bedeutend weniger vielfältig, steigerte sich jedoch nach Absetzen des Lärmes trotz Gehörschadens wieder. In einem bewaldeten Gebiet mit durch Strassen- und Flugverkehr verursachtem Lärmpegel von 85–90 dB wurde vermutet, dass Buchfinken durch den Lärm zu intensiverem Singen stimuliert wurden (Il'ichev 1995). Neben normalen Strophen wurde bei 20% allerdings festgestellt, dass die erste oder letzte Silbe weggelassen wurde. Der Gesang wurde bei fluktuierendem Lärmpegel vermehrt gekürzt. Während diese Reaktion auf Störreize bei Vögeln ausserhalb der Brutzeit bekannt ist, wurde sie hier mitten im Brutgeschäft beobachtet. Dieses Verhalten erschwert oder verhindert möglicherweise die artspezifische Kommunikation.

3.2.3 Räumliche Faktoren

Distanzen

Grundsätzlich wird in allen Untersuchungen die plausible Ansicht vertreten, dass die Wirkung eines Störreizes mit abnehmender Distanz zunimmt (z.B. Barry & Spencer 1976, Owen 1973, Heinen 1986, Dietrich et al. 1989, Sossinka & Niemann 1989, Stock 1992, Smit & Visser 1993, Ward et al. 1994; siehe Abb. 3, 4, 5). Mit abnehmender Distanz nimmt einerseits der Energieverbrauch der Vögel zu, indem die Bewegungsintensität eine Steigerung erfährt (z.B. aufblicken, schwimmen, auffliegen). Andererseits nimmt auch die Reaktionsdauer zu, sowie die Häufigkeit weiterer negativer Auswirkungen wie beispielsweise Brutverlust (siehe auch Abb. 7).

Flugbahn

Die Störwirkung wird reduziert, wenn die Annäherung eines Luftfahrzeuges wahrgenommen werden kann und die Flugbahn vorhersehbar ist (White & Sherrod 1973). Auch diesbezüglich wirkt sich eine grössere Flughöhe positiv aus. Holm (1997) vertritt die Ansicht, dass die Flughöhe entscheidender ist als die Flugrichtung oder -route. Allerdings lösen langsame und in Kurven fliegende Flugzeuge grössere Reaktionen aus als schnell geradeausfliegende, da sie vermutlich eher einem Flugfeind gleichen (Smit & Visser 1993, siehe auch Kap. 3.2.1).

3.2.4 Zeitliche Faktoren

Häufigkeit der Störreize

Die Belastung eines Untersuchungsgebietes durch Störreize wurde in verschiedenen Studien als Reizhäufigkeit pro Stunde quantifiziert. Ein Störreiz wurde jeweils als solcher gezählt, wenn die beobachteten Vögel eine Reaktion zeigten. Die Störreize pro Stunde widerspiegelt deshalb weniger die tatsächliche Häufigkeit der Störereignisse, sondern eher die Häufigkeit der Reaktionen und damit die Sensibilität der entsprechenden Vögel. Deshalb ist die Vergleichbarkeit zwischen den Gebieten bezüglich Störungsintensität beschränkt. In den vorliegenden Arbeiten variiert die Störreizintensität zwischen 0,5 und 2,2 Ereignissen pro Stunde, wobei die Störquelle in unterschiedlichem Ausmass auf Luftfahrzeuge zurückgeht (Tab. 2).

Tabelle 2: Störreizintensitäten in verschiedenen Gebieten, gemessen an den Reaktionen verschiedener Entenartiger

Quelle	Gebiet	Anzahl Störreize pro Stunde	Anteil des Flugverkehrs an Störreizen
Bélangier & Bédard 1990	Feuchtgebiet Kanada	Herbst 1,46 ¹ Frühling 1,02 ¹	45%
Bruns et al. 1994	Nordseeküste	0,7 ² 1,5 ³	26% 7%
Norris & Wilson 1988	Irland	0,5 ⁴	12–15%
Owens 1977	Essex, GB	0,74 ⁵	39%
Riddington et al. 1996	Norfolk, GB	0,83 ⁵	19,4%
Stock 1992 a, b	Wattenmeer, D	1,5 ± 0,7 ⁵	30%
Stock & Hofeditz 1994	Wattenmeer, D	2,2 ± 1,9 ⁵	37–48%

¹ Schneegänse; ² Nonnengänse; ³ Pfeifenten; ⁴ Blässgänse; ⁵ Ringelgänse

Bei zeitlich regelmässigem Auftreten von Luftfahrzeugen können sich Vögel an diese gewöhnen, sodass sichtbare Reaktionen mehr und mehr ausbleiben (z.B. Küsters & van Raden 1986, Smit & Visser 1993, Kempf & Hüppop 1996; siehe auch Kap. 4.3.1). Sporadische Ereignisse erlauben keine Gewöhnung. Bei einer einmaligen Flugsportveranstaltung flohen ganze Trupps verschiedener Kleinvögel aus einem angrenzenden Naturschutzgebiet (Werner & Schuster 1985). Nach intensiven militärischen Flugmanövern flogen nächtlich ziehende Vögel in abnorme Richtungen (Hilgerloh 1990). Modellflugbetrieb beschränkt sich oft auf die Wochenenden oder wenige Stunden nach Feierabend, sodass ein erhöhtes Störpotenzial entsteht (Riederer 1976).

Überraschungseffekt

Kurze und intensive Störreize, wie sie vor allem bei Tiefflügen auftreten, können sich dramatisch auswirken. Flugzeuge in geringer Höhe über Grund führen unter bestimmten topographischen Bedingungen zu Überraschungseffekten, die Schreckreaktionen auslösen können (z.B. Bunnell et al. 1981, Stephan 1997). So kollidierten aufgeschreckte Schneegänse mit elektrischen Leitungen (Blokpoel & Hatch 1976) oder Nestlinge von Trottellummen stürzten aus ihren Nestern zu Tode (Zonfrillo 1992).

Das Verhalten eines Vogels gegenüber einem Störreiz folgt einer Risiko/Nutzen-Schätzung (Ydenberg & Dill 1986; Zusammenfassung in Mosler-Berger 1994). Bei einem brütenden Individuum sinkt deshalb die Bereitschaft aufzufliegen, während sie bei rastenden Zugvögeln höher sein wird. Mausernde Reiherenten tauchen bei Annäherung von Flugzeugen häufiger ab als überwinternde (Sossinka & Niemann 1994). Subadulte Weisskopfseeadler fliegen bei einem Helikopter-Überflug mit einer grösseren Wahrscheinlichkeit auf als Adulte (Stalmaster & Kaiser 1997). In diesem Sinne verändert sich die Sensibilität der Vögel im Verlaufe des Jahres. Tageszeitliche Unterschiede können ähnlich begründet werden.

Folgerung aus Kap 3.2:

- Die grosse Variation im Zusammenwirken unterschiedlicher Sinneseindrücke auf verschiedene Vogelarten in unterschiedlichen Lebensphasen und variierender Umwelt führt zu einer enormen Variation in den sichtbaren Reaktionen.
- Da die Reaktionen von Vögeln auf Flugzeuge auf der Interaktion verschiedener Sinneseindrücke und Mechanismen beruhen, sind art- bzw. ortstypische sowie jahreszeitliche und tageszeitliche Unterschiede zu erwarten.
- Das Verhalten der Vögel folgt einer Risiko/Nutzen-Schätzung. Bei brütenden Vögeln ist die Ortsbindung und die Bereitschaft, einer momentanen Bedrohung zu widerstehen, grösser als bei Vögeln ausserhalb der Brutzeit (siehe auch Kap. 4.1.2)
- Ein Störobjekt kann entweder angeborene Auslösemechanismen oder Feindbilder ansprechen oder es kann gerade durch sein «Unbekanntsein» Angstreaktionen auslösen (z.B. Heissluftballon).
- Optische Reize scheinen stärker zu wirken als akustische. Die beiden Reizformen können sich in der Kombination verstärken.
- Die Wirkung nimmt mit abnehmender Distanz zur Störquelle zu. Dem Überraschungsmoment kommt eine grosse Bedeutung zu.
- Die Wirkung der Störung kann sich durch Gewöhnung verändern.

3.3 Einflüsse anderer Umweltfaktoren

**Anteil Luftfahrzeuge an
Störreizen**

Luftfahrzeuge verursachen oft einen relativ geringen Anteil aller anthropogenen Störereignisse. Im Bodenseegebiet gingen 3% der Störereignisse auf Luftfahrzeuge zurück (Bauer et al. 1992), im Ermatinger Becken des Bodensees 1% (Frenzel 1987), in der Camargue 3,4% (Campredon 1993) und im holländischen Wattenmeer 3% (Schilperoord & Schilperoord-Huisman 1994). Studien in anderen Gebieten belegen hingegen wesentlich grössere Anteile von Luftfahrzeugen an den beobachteten Störereignissen: In Irland gingen 15% auf Luftfahrzeuge zurück, in einem Küstengebiet in Lancashire 20%, im deutschen Wattenmeer 26% in den Untersuchungen von Stock (1990, 1993), bzw. 29% in der Arbeit von Smit & Visser (1993). In einem Küstengebiet Dumfriesshires (Schottland) wurden 35% der Störereignisse durch Luftfahrzeuge verursacht (Roberts 1966), in Essex (England) 39% (Owens 1977), im Schleswig-Holsteinischen Wattenmeer 40% (Stock & Hofeditz 1994), in einem Feuchtgebiet in Québec über 49% (Bélanger & Bédard 1989) und in einem Seengebiet Alaskas 49% (Ward et al. 1994).

Unabhängig vom proportionalen Anteil wirken durch Luftfahrzeuge verursachte Störreize oft stärker als Störreize aus anderen Quellen (CWWS 1991). In einer Übersichtsarbeit werden schnelle und laute Objekte über Wasserflächen (u.a. Flugzeuge) als die störendsten beurteilt (Korschgen & Dahlgren 1992). Unter den verschiedenen Störfaktoren in Küstengebieten gehörten Kleinflugzeuge zu denen mit den nachhaltigsten und grössten Effekten. Für Gänse an der Küste Englands gehen die bedeutendsten Störreize von tief fliegenden Flugzeugen aus und in absteigender Folge von der Jagd, menschlicher Anwesenheit und unbekanntem bzw. auffälligen

Objekten wie Bohrtürmen (Newton et al. 1973). Die Reaktion gegenüber Flugzeugen oder Helikoptern war bei Schneegänsen heftiger als gegenüber anderen Störreizen (Längere Flugzeit, längere Rückkehrzeit; Bélanger & Bédard 1989). Der Anteil auffliegender Individuen aus einer Gruppe von Möwen konnte in einem Küstengebiet Nordamerikas durch folgende Variablen, mit abnehmender Stärke des Einflusses, erklärt werden: Boote, Flugzeuge, spazierende Personen, Hunde (Burger & Galli 1987). Im Zusammenhang mit brütenden Vögeln finden sich aber auch Hinweise, dass tiefe Überflüge eine geringere Störwirkung hatten als andere Umweltfaktoren, insbesondere hinsichtlich des Bruterfolgs (Schreiber & Schreiber 1980 in Ellis et al. 1991, Black et al. 1994). Bei Bodenbrütern haben freilaufende Hunde und Spaziergänger eindeutig nachteiligere Einflüsse. Ausgeprägte Fluchtreaktionen treten vermutlich besonders dann auf, wenn mehrere Störfaktoren gleichzeitig einwirken (Küsters & van Raden 1987). Im Falle von Modellflugplätzen addieren sich zur Störwirkung der Modellflugzeuge das Eindringen von Personen und der Autoverkehr (Keil 1988, Dietrich et al. 1989).

Topographie

Vermutlich reagieren Vogelarten in offenen Lebensräumen (z.B. Gewässer, Meeres- und Seeufer, Wiesen, Berggebiete über der Waldgrenze) rascher und stärker auf Störreize als Vogelarten in halb offenen oder reich strukturierten Räumen (Südbeck & Spitznagel 2001). Die Störwirkung von Hängegleitern und Gleitschirmen in offenen Gebieten der Alpen scheint deutlich negativer als in deckungsreichem Gelände im Oberallgäu (Zeitler 1995). Modellflugzeuge verscheuchten fressende und rastende Vögel auf offenen Flächen, nicht aber Vögel an deckungsreichen Schlafplätzen mit dichter Vegetation (Bivings 1991). In felsigem Gebiet spielt der Überraschungseffekt eine Rolle, wenn Flugzeuge plötzlich auftauchen und so eine Schreckreaktion auslösen. Über Wasserflächen werden Schallwellen nicht gedämpft, sodass schnelle und laute Bewegungen über Wasser grosse Auswirkungen haben (Korschgen & Dahlgren 1992). Während die Vögel auf grösseren Gewässern in ungestörte Bereiche ausweichen können, gehen kleine Gewässer für die Nutzung durch Vögel verloren (Newton et al. 1973).

Folgerungen aus Kap. 3.3:

- Luftfahrzeuge machen einen von Ort zu Ort variierenden, in manchen Gebieten aber erheblichen Anteil an der Gesamtmenge anthropogener Störungen aus.
- Der von Luftfahrzeugen ausgehende Störreiz ist oft grösser als derjenige anderer Störquellen.
- Stärkste Wirkung entsteht durch die Summierung von Störreizen sowie durch deren zeitlich und räumlich «geklumptes» Auftreten (wie etwa bei Modellflugplätzen). Solche Situationen wirken sich vor allem auf die lokal brütenden Vögel aus.
- Vögel in offenen Gebieten scheinen auf Luftfahrzeuge stärker zu reagieren als Bewohner von dichter Vegetation. Die offenen Gebiete sind zugleich auch die Orte grösster Ansammlungen von Zugvögeln.

4 Auswirkungen

Die Reaktion eines Vogels auf einen Störreiz verursacht zusätzliche Kosten, die sich auf sein Energie-Zeit-Budget auswirken. Im günstigeren Fall sind sie so klein, dass sie keine nachweislichen Folgen haben oder die entstandenen Kosten durch Anpassung des Verhaltens kompensiert werden können. Im ungünstigeren Fall hat die Reaktion Folgen, die sich einerseits negativ auf das Energie-Budget und letztlich auf das Überleben auswirken, andererseits den Bruterfolg und damit die biologische Fitness reduzieren. Ein Störreiz wird als gravierend oder nachhaltig aufgefasst, wenn die Reaktionen eines Vogels oder einer Population Konsequenzen hat, die nicht kompensiert werden können bzw. die Anpassungsfähigkeit überfordern (Südbeck & Spitznagel 2001). Letztlich interessieren uns die aktivitäts- oder erregungsbedingten Änderungen im Energieumsatz, welche sich auf die individuelle Lebenserwartung, auf die Fortpflanzungsrate und schliesslich auf die Bestandsgrösse einer Vogelart auswirken können (Hüppop 1985, Keller 1995, Stock et al. 1994). Kausalzusammenhänge können meist nur schlecht oder gar nicht erfasst werden. Deshalb beschränkt sich die Mehrzahl der Studien auf die Quantifizierung der direkten und teilweise indirekten Folgen der Störreize auf der Ebene des Individuums, während über die Folgen auf Populationsebene meist nur Mutmassungen angestellt werden können.

Auf der Ebene des Individuums kann die unmittelbare Reaktion auf einen Störreiz qualitativ und quantitativ erfasst werden. Innerliche (physiologische) Prozesse und äusserlich sichtbare Verhaltensänderungen (Kap. 4.2) haben verschiedenste Konsequenzen (Kap. 4.3) und wirken sich direkt oder indirekt auf den Zeit/Energie-Haushalt aus. Diese Zusammenhänge sind, soweit sich dazu Grundlagen in der Literatur finden, in Abbildung 7 schematisch zusammengestellt.

Folgerungen aus der Einleitung zu Kap. 4:

- Störungen verursachen Kosten. Wenn diese nicht durch Verhaltensanpassungen kompensiert werden können, sprechen wir von nachhaltigen Auswirkungen.
- Aus methodischen Gründen werden meist nur die sichtbaren Reaktionen von Individuen erfasst, während physiologische Reaktionen und Konsequenzen auf Populationsebene nur selten quantifiziert werden können.

4.1 Reaktionsnormen der Vögel

Ähnlichkeit mit Greifvögel Die Reaktion eines Vogels auf einen Reiz entspricht gewissen Normen, welche sich für bestimmte Vogelgruppen evolutiv bewährt haben und somit einen Überlebensvorteil mit sich bringen. Theoretische Grundlagen dazu sind in Mosler-Berger (1994) zusammengefasst. Ein plötzlich auftretender Störreiz löst meist unabhängig von der realen Bedrohung eine Schreckreaktion aus, denn es bleibt keine Zeit zur Reiz-Beurteilung. Flugobjekte besitzen zum Teil Eigenschaften, die einem Beutegreifer entsprechen und deshalb eine Fluchtreaktion oder Abwehrverhalten auslösen. Als entscheidende Charakteristika werden oft die Objektwinkelgrösse, die Winkelgeschwindigkeit und die Relativgeschwindigkeit angesehen (Schleidt 1961). Die Ähnlichkeit von Modellflugzeugen mit Greifvögeln könnte ein Grund für deren

nachhaltige Wirkung auf Wiesenvögel sein (Keil 1988). Lugert (1988) vermutet, dass die empfindliche Reaktion von Entenvögeln auf Helikopter, Tiefflüge und Kurvenflüge auf ihr angeborenes Greifvogelschema zurückzuführen ist. Grosse, sich plötzlich nähernde oder kreisende Flugobjekte werden vielleicht mit dem Hauptfeind grösserer Wasservögel – dem Seeadler – verwechselt.

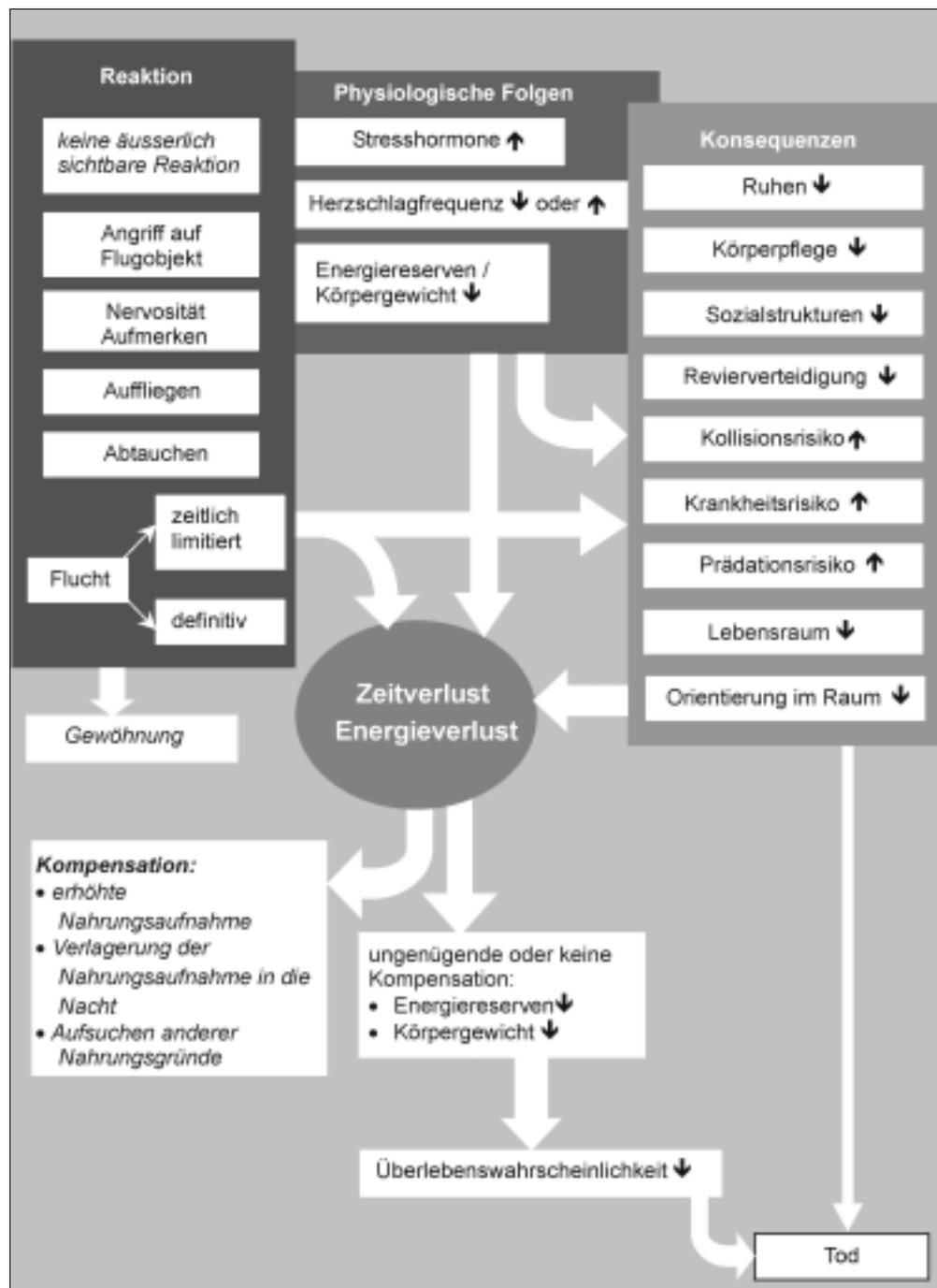


Abbildung 7:
Unmittelbare Reaktionen und deren Folgen, welche bei Störungen durch Luftfahrzeuge bei Vögeln beobachtet worden sind (↓ reduziert, verschlechtert; ↑ erhöht).

Fluchtverhalten, wie es in einem natürlichen Umfeld auch auftritt, kann durch die Lebensweise erklärt werden. Für die meisten Vogelarten ist es am effizientesten sich fliegend vor einem potenziellen Räuber in Sicherheit zu bringen. Bei Wasservögeln kann auch beobachtet werden, dass sie abtauchen. Beispielsweise tauchten Eiderenten ab, wenn ein Kleinflugzeug auf 250 m ü.B. näher als 1000m kam (Mosbech & Boertmann 1999). Pinguine in einer gewissen Distanz vom Wasser hingegen verharren äusserlich ruhig.

Die Reaktionsintensität von Vögeln variiert auch entsprechend den momentanen Umständen. Zu beachten sind dabei unter anderem: Ihre Vorerfahrungen, ihr Verhalten unmittelbar vor dem Störreiz, das Verhalten anderer Vögel in der näheren Umgebung, die Situation im Jahresverlauf (Brut- oder Nichtbrüter-Status). Mausernde Enten oder Gänse verlieren vorübergehend die Flugfähigkeit. Vermutlich erklärt dies, weshalb Entenartige in ihren Mausergebieten bereits auf sehr weit entfernte Flugobjekte reagieren. Mausernde Kurzschnabelgänse und Weisswangengänse reagierten auf Helikopter in 5 bis 10 km Distanz (Mosbech & Glahder 1991).

4.1.1 Artunterschiede

Gänse und Enten

Die Resultate verschiedener Studien belegen klar, dass zwischen bestimmten Vogelarten grosse Unterschiede in der Empfindlichkeit gegenüber dem gleichen Störereignis bestehen. Einige Tendenzen wie z.B. die grössere Toleranz von Höckerschwänen und Stockenten wurden wiederholt gezeigt, während andere Vergleiche möglicherweise nur für die jeweilige Situation gültig sind. Kurzschnabelgänse zeigten gegenüber Helikoptern früher eine Verhaltensänderung als Weisswangengänse (Mosbech & Glahder 1991). Kurzschnabelgänse verliessen einen Rastplatz nach Störreizen häufiger als Graugänse (Newton et al.1973). Graugänse reagierten jedoch im Vergleich zu anderen Entenvögeln deutlicher (Lugert 1988, Niemann & Sossinka 1992, Sossinka & Niemann 1994). Brautenten zeigten einen geringeren Gewöhnungseffekt als Dunkelenten (Conomy et al. 1998b). Singschwäne reagierten empfindlicher als Höckerschwäne, ebenso Tafel- und Reiherenten im Vergleich zu Stockenten (Sossinka & Niemann 1994). Gänse reagieren besonders empfindlich auf Flugzeuge (Gerdes & Reepmeyer 1983, Heinen 1986, Küsters & van Raden 1986, Bivings 1991, Niemann & Sossinka 1991).

Limikolen

Auch unter Limikolenarten wurden Unterschiede festgestellt (Davidson & Rothwell 1993). Während Austernfischer als relativ tolerant bezeichnet werden (Niemann & Sossinka 1992, Smit & Visser 1993), verhalten sich Pfuhschnepfen und Grosse Brachvögel sensibler (Smit & Visser 1993). Kiebitze besitzen im Vergleich zu anderen Arten vermutlich eine geringere Stöempfindlichkeit (Riederer 1976). Während Zwergseeschwalben bei Überflügen von Kleinflugzeugen auf 150 m ü.B. meist aufflogen, blieben Seeregenpfeifer gleichzeitig meist sitzen (Flore 1997).

Greifvögel

Eine Umfrage unter Parkwächtern von Naturschutzgebieten im Gebirge Frankreichs ergab, dass Greifvögel (Steinadler, Bartgeier, Gänsegeier, Schmutzgeier, Wanderfalken) sensibler auf verschiedene Luftfahrzeuge reagieren als Raufusshühner

(Auer- und Birkhühner), während Kolkraben die geringste Beunruhigung zeigten (Seriot & Blanchon 1996). Eulen scheinen weniger empfindlich zu sein als Greifvögel (Delaney et al. 1999). Während Steinadler bei der Annäherung von Helikoptern nicht reagierten, begannen Präriefalken zu rufen oder flogen auf, und Rot-schwanzbussarde verteidigten ihr Nest mit Überflügen, Rufen oder Ansitz in Nestnähe (Craig & Craig 1984).

4.1.2 Brütende Vögel

Verharren auf dem Nest

Die Kosten eines Brutverlustes durch erhöhtes Prädationsrisiko oder durch Auskühlen der Eier bzw. Jungvögel erklären die starke Tendenz brütender Vögel bei Störreizen ihr Nest nicht zu verlassen (Bivings 1991, Wilson et al. 1991, Watson 1993). Auch bei relativ tiefen Überflügen fliehen brütende Individuen oft nicht; so z.B. Ringelgänse bei Überflügen auf 140–155 m ü.B. (Anthony et al. 1995). Nach einem Brutverlust flohen Blässgänse und Kanadagänse auf grössere Distanz bei einer Annäherung eines Helikopters auf 50 m ü.B. als brütende Artgenossen (Bromley et al. 1995). Weisskopfseeadler reagierten weniger oder nicht auf Störreize, wenn Junge im Nest waren (Watson 1993). Je später in der Brutsaison, desto eher reagierten Weisskopfseeadler auf Störreize mit Wachsamkeit und Auffliegen (Grubb & Bowerman 1997). Steinadler sind vor allem während der Bebrütung und frühen Nestlingszeit äusserst störempfindlich; intensive Helikopterflüge im Horstbereich führten zu Brutverlust (Jenny 1992). Bei Adélie-Pinguinen nimmt die Bereitschaft, das Nest zu verlassen mit zunehmendem Alter der Jungvögel zu (Wilson et al. 1991). Die Altvögel neigten besonders zur Flucht wenn sie während der Brutablösung von oder zum Nest gestört wurde.

Koloniebrüter

Bei verschiedenen Arten von Koloniebrütern wurde ein hoher Grad an Sensibilität gegenüber Flugzeugen beobachtet. Die Reaktionen der Brutvögel werden bei grossen Ansammlungen, wie sie insbesondere an felsigen Meeresküsten vorkommen, besonders auffällig und können drastische Folgen haben. Störereignisse, welche zu hohen Brutverlusten führten, wurden bei Trottellummen und Alken (Zonfrillo 1992), Basstölpeln (Bourne 1991, Zonfrillo 1992), Pelikanen (Bunnell et al. 1981), Brandseeschwalben (Schmid 1988 in Kempf & Hüppop 1998) und Adélie-Pinguinen (Culik et al. 1990) beobachtet. In einer Brutkolonie von Zwergseeschwalben wurde ein differenziertes Verhalten gegenüber Luftfahrzeugen festgestellt (Norman & Saunders 1969): Helikopter scheuchten die brütenden Vögel auf, während die Vögel auf Kleinflugzeuge kaum reagierten. In einer Meeresvogelkolonie in England wurden bei fünf Überflügen auf 100 m über die Brutvögel allerdings keine Reaktionen beobachtet (Dunnet 1977). Siehe dazu auch die im Kapitel 3.1.1. erwähnten erstaunlich geringen Reaktionen von Basstölpeln (Nettleship 1975) und von brütenden Ringelgänsen (Anthony et al. 1995) bei Bestandsaufnahmen vom Flugzeug aus.

4.1.3 Nicht brütende Vögel

Wat- und Wasservögel bilden ausserhalb der Brutzeit oft grosse Schwärme. Diese konzentrieren sich in Rastgebieten entlang der Zugrouten und in den Winterquartieren. Die unter diesen Bedingungen gute Beobachtbarkeit der Vögel in offenen Flächen wurde in verschiedenen, umfangreicheren Studien genutzt (z.B. Galhoff et al. 1984, Küsters & van Raden 1986, 1987, Bélanger & Bédard 1989, 1990, CWSS 1991, Bauer et al. 1992, Koolhaas et al. 1993).

Vögel im Schwarm

Es kann angenommen werden, dass das Verhalten eines ganzen Schwarmes von der Reaktion der empfindlichsten Tiere beeinflusst wird. Grosse Brachvögel, an sich schon eine relativ empfindliche Art, verhalten sich in Schwärmen noch sensibler (Zwarts 1972 und Zegers 1973 in Smit & Visser 1993, Heinen 1986, Visser 1986). Der Anteil auffliegender Gänse eines Schwarms nimmt mit zunehmender Schwarmgrösse zu (Stock 1992a,b). Stare und Kiebitze fliegen häufiger auf, wenn sie in grossen Schwärmen beisammen sind (Kempf & Hüppop 1995). Grosse Schwärme reagieren nachhaltiger auf Helikopter-Überflüge als kleine Schwärme (Jensen 1990 in Miller et al. 1994). Die Flugdistanz, welche Kurzschnabelgänse nach einer Störung zurücklegten, nahm mit zunehmender Schwarmgrösse zu (Madsen 1985). Limikolen reagieren besonders auf Störreize, wenn sie in grossen Schwärmen versammelt sind (Heinen 1986, Küsters & van Raden 1987, Ranftl 1988, Smit & Visser 1993). Kirst (1989) postuliert dass sich die Fluchtdistanz von Schwärmen im Vergleich zu Einzeltieren um das 3- bis 5-fache erhöht. Holm (1997) fand hingegen keinen Zusammenhang zwischen der Schwarmgrösse und dem Anteil aufmerkender oder auffliegender Gänse. Ringelgänse im kleinen Familienverband reagierten weniger empfindlich auf Flugzeug-Überflüge als nach Auflösung dieser Verbände und Übergang zu grösseren Ansammlungen (Jones & Jones 1966).

Folgerungen aus Kap. 4.1:

- Viele Vögel reagieren auch auf unnatürliche Störreize gemäss angeborenen Reaktionsmustern.
- Es ist zu beachten, dass sich die Reaktionsmuster je nach Vogelart, Lebensumständen (insbesondere Brut oder Nicht-Brut), Einzel- oder Koloniebrüter, Schwarmgrösse usw. unterscheiden können.

4.2 Reaktionen

4.2.1 Physiologische Reaktionen

Herzschlagfrequenz

Trotz Fehlen einer äusserlich sichtbaren Reaktion auf einen Störreiz können physiologische Prozesse ausgelöst werden, wie beispielsweise Hormonausschüttung und Veränderung der Herzschlagfrequenz. Die Ausschüttung von Stresshormonen beschleunigt den Stoffwechsel und damit die Herzschlagfrequenz. Dadurch wird der Körper auf einen plötzlichen Energiebedarf, wie er bei Flucht oder Angriff nötig wird, vorbereitet.

Die Messung der Herzschlagfrequenz ist ausserhalb des Labors der einzige Parameter, welcher die Erkennung eines unmittelbaren Zusammenhanges zwischen Störungsursache und -wirkung erlaubt (Hüppop 1995, Hüppop & Hagen 1990, Culik et al. 1990, Dietrich et al. 1989). Um die Herzschlagfrequenz zu erfassen, werden als technische Hilfsmittel Radiosender (transmitter) verwendet, die bei der non-invasiven Methode ins Nest gelegt werden. Bei fehlendem Körperkontakt fällt jedoch die Datenübermittlung aus. Transmitter können auch implantiert werden; damit werden kontinuierliche Messungen möglich. Mittels solcher Implantate wurde festgestellt, dass Adélie-Pinguine auf Helikopter in Distanzen von über einem Kilometer mit erhöhter Herzschlagfrequenz reagieren (Culik et al. 1990). Bei Austernfischern wurde mit ins Nest gelegtem Transmitter gemessen, dass Flugzeuge selbst in 2 km Distanz den Puls erhöhen (Hüppop & Hagen 1990). Bei einer brütenden Eiderente erhöhte sich jedoch die Herzschlagfrequenz nicht, als ein Helikopter in 500 m Entfernung startete und anschliessend auf 50 bis 100 m Höhe die Ente überflog (Gabrielsen 1987). Bei der gleichen Versuchsanordnung verdoppelte sich hingegen der Puls einer Dreizehenmöwe in einer Brutkolonie. Lärm alleine kann bereits ein schnelles Ansteigen der Herzschlagfrequenz bewirken (Brown & Glick 1971 in Granacher 1985). Der Überflug verschiedener Reiher und Greifvögel führte bei Dunkelenten zu schnellen Pulsanstiegen, die von keiner äusserlich sichtbaren Reaktion begleitet waren (Wooley & Owen 1978). Bei Kiebitzen lösten Modellflugzeuge eine Steigerung der Herzschlagfrequenz um 20–40% aus (Dietrich et al. 1989). Auch Gewöhnungseffekte wurden mit dieser Methode nachgewiesen. Nach häufigem Abspielen von Fluglärm veränderte sich die Herzschlagfrequenz bei Dunkelenten nicht mehr (Harms et al. 1997).

4.2.2 Sichtbare Reaktionen

In der Mehrzahl der Studien über den Einfluss von Störreizen auf Vögel werden direkt beobachtbare Verhaltensänderungen erfasst. Die Reaktionsintensität nimmt graduell mit abnehmender Distanz zur Störquelle zu. Dabei reicht die Skala von ausbleibenden oder relativ milden Reaktionen wie geringer Unruhe, über Warnen, Auffliegen oder Abtauchen bis zu Angriff auf das Flugobjekt und panikartiger Flucht.

Vogelzählungen	Bei Bestandsaufnahmen aus Luftfahrzeugen besteht ein erhebliches Interesse, auch ausbleibende Reaktionen zu rapportieren (z.B. Carrier & Melquist 1976, Kirchhoff et al. 1983, Craig & Craig 1984, Gilmer et al. 1988, Anthony et al. 1995, Mosbech & Boertmann 1999). Im Gegensatz dazu werden zufällige Beobachtungen nur dann dokumentiert, wenn die Folgen für den Beobachter eine gewisse Relevanz aufweisen. Je nach Zielsetzung einer Studie wird daher eine Reaktion als bedeutend oder vernachlässigbar eingestuft.
Reaktionsspektrum	Als erstes reagieren Vögel auf Luftfahrzeuge meist mit Aufmerken, d.h. sie heben den Kopf und suchen Sichtkontakt zur Störquelle (Brown 1990, Henson & Grant 1991). Die Vögel werden mit der Annäherung des Luftfahrzeuges zunehmend unruhig. Diese Nervosität äussert sich durch Umhergehen, Flügelschlagen und Rufen. Zunehmend werden sie Ortswechsel vornehmen, sei dies langsam schwimmend im Falle von Enten auf Wasserflächen oder gehend, wie beispielsweise bei grasenden Gänsen. Bei grösserer Beunruhigung fliehen die Vögel vor der Störquelle. Am häufigsten fliegen die Vögel auf (z.B. Bélanger & Bédard 1989, Niemann & Sossinka 1991, Stock 1992), tauchende Arten fliehen oft durch Abtauchen, wie beispielsweise Eider-, Trauer- und Eisenten (Kirchhoff et al. 1983). Auch panikartige Reaktionen wurden beobachtet. Beispielsweise lösten Helikopterflüge bei heimkehrenden Pinguinen Panik aus, sodass sie ihre Nester verspätet erreichten (Wilson et al. 1991). Lummern und Alken zeigten Panikreaktionen nach Tiefflügen über ihrer Brutkolonie (Zonfrillo 1992). Die Altvögel verliessen ihre Nester, richteten Schaden bei der Brut an und noch flugunfähige Jungvögel stürzten in die Tiefe. Die Flucht kann sich zeitlich auf wenige Sekunden oder einige Minuten beschränken, aber es kommt auch vor, dass Vögel ein Gebiet definitiv verlassen.
Aggression	Fischadler flogen herannahenden Kampffjets entgegen, bevor die Beobachter etwas hören konnten (Trimper et al. 1998). Dies wurde als erhöhte Alarmbereitschaft und Anspannung interpretiert. Bei Greifvögeln wurde in mehreren Fällen aggressives Verhalten gegenüber Luftfahrzeugen beobachtet. Bei Zählungen griffen Wanderfalken, Gerfalken, Weisskopfseeadler und Fischadler Helikopter direkt an (White & Sherrod 1973, Carrier & Melquist 1976, Craig & Craig 1984). Während der Brutzeit fliegen Greifvögel Scheinangriffe und attackieren Kleinflugzeuge, Helikopter, Segelflugzeuge, Drachen- und Gleitschirmflieger (Bruderer 1978, Kirst 1989, Watson 1993, Georgii et al. 1994). Grosse Brachvögel griffen Modellflugzeuge in ihren Brutrevieren an (Boschert 1993).

Folgerungen aus Kap. 4.2:

- Physiologische Reaktionen (z.B. Ausschüttung von Stresshormonen oder Erhöhung der Herzschlagfrequenz) treten auf, auch wenn äusserlich keine Reaktionen erkennbar sind.
- Bei den sichtbaren Reaktionen ist zu beachten, dass bei Bestandszählungen aus Flugzeugen ein Interesse besteht, auch ausbleibende Reaktionen zu rapportieren, während zufällige Beobachtungen oft nur dann dokumentiert werden, wenn eine Reaktion beobachtet wurde. Objektive, wenn möglich experimentelle Untersuchungen sind deshalb nötig.

4.3 Gewöhnung

Räumlich und zeitlich regelmässig ablaufender Flugbetrieb führt bereits nach kurzer Zeit zu Gewöhnungseffekten (z.B. Busnel 1978, Smit & Visser 1993, Kempf & Hüppop 1998). Gewöhnung ist ein Lernprozess, der sich in abnehmender Reaktionsintensität äussert. In militärisch regelmässig genutztem Gebiet reagierten Weisskopfseeadler erst bei Distanzen unter 400 m auf Luftfahrzeuge, Adler in nicht militärisch genutzten Gebieten bereits bei 800 m Distanz (Grubb et al. 1992). An Helikopter gewöhnte Rotschwanzbussarde zeigten geringere Reaktionen als naive Vögel (Andersen et al. 1989). Ringelgänse reagierten nach dem Eintreffen im Wintergebiet zusehends schwächer auf Jet-Überflüge (Busnel 1978). Ähnliches wurde auch bei Knutts beobachtet, zumindest bei jenen Individuen, die längere Zeit im gleichen Gebiet blieben (Koolhaas et al. 1993). Auch die sonst relativ empfindlichen Grosstrappen beachteten regelmässig überfliegende Sportflugzeuge kaum (Quaisser & Hüppop 1995). Nach 17 Tagen war die Reaktionshäufigkeit von Brautenten in Gehegen auf Störreize durch Flugzeuge von 38 auf 6% gesunken (Conomy et al. 1998). Eine vollständige Gewöhnung wurde hier aber nicht festgestellt und paradoxerweise nahm die Dauer der Reaktionen zu. Brutvögel einer Meeresvogelkolonie, die regelmässig durch Versorgungsflüge zu einer Ölplattform überflogen wurden, hatten sich an Flüge über 100 m gewöhnt (Dunnet 1977).

Nicht nur die Häufigkeit sondern auch die Regelmässigkeit der Überflüge mit Luftfahrzeugen spielt bei der Gewöhnung eine Rolle: Möwen im Umfeld eines Flugplatzes verhielten sich bei den häufigeren Flugzeugen indifferent, flogen jedoch bei den selteneren Überschallflugzeugen stets auf (Burger 1981a). Vögel, die sich gerne auf ebenen, kurzrasigen Wiesen aufhalten, lassen sich durch Lärm und Flugbewegungen nicht von diesen Vorzugshabitaten abhalten; sie zeigen ein hohes Gewöhnungspotenzial, was nicht selten zu Vogelschlägen führt (Blokoel 1976). Letztlich werden Vögel nur durch die Verminderung der Attraktivität solcher Lebensräume als Rast-, Nahrungs- oder Brutplatz nachhaltig ferngehalten (z.B. Wright 1968, Brough & Bridgman 1980). Die in den extensiv bewirtschafteten Wiesen des Flughafens Zürich-Kloten brütenden Feldlerchen verhalten sich gegenüber dem Flugbetrieb indifferent (Griesser & Hegelbach 1999). Ausweichmanöver oder Schreckreaktionen sind nur selten zu sehen. Siedlungsdichte und Bruterfolg der Feldlerchen werden durch die Lebensraumstrukturen beeinflusst und hängen nicht mit dem Flugbetrieb zusammen. Unmittelbar an den Flughafen Kloten angrenzende Flächen wiesen überdurchschnittlich hohe Brutvogeldichten von 10 verschiedenen Arten auf, darunter auch seltene Arten wie Nachtigall und Feldschwirl (Hegelbach 1999). Das Vorkommen von Kiebitzen in Flugplatzarealen hängt vor allem mit der Eignung des Bodens für die Futtersuche zusammen (Milsom 1990). Im Anflugbereich des Münchner Flughafens durch Kiesabbau entstandene offene Wasserflächen weisen zunehmende Wasservogelpopulationen auf (Sindern & Weber 1996).

Gewöhnung an Lärm

Offenbar gewöhnen sich Vögel relativ rasch an rein akustische Reize. Bei Dunkelenten zeigte die Herzschlagrate bereits nach kurzer Zeit keine Veränderung mehr,

als 48-mal pro Tag Flugzeuglärm ab Tonband abgespielt wurde (Harms et al. 1997). Die Herzschlagfrequenz unterschied sich nach einem Tag nicht mehr von derjenigen ungestörter Enten. In der Geflügelzucht wurde mit Simulation von Fluglärm tieffliegender Jets untersucht, ob zunehmende militärische Flugmanöver wirtschaftlichen Schaden anrichten könnten. Das in geschlossenen Ställen gehaltene Geflügel reagierte jedoch nach kurzer Zeit nicht mehr (Kosin 1954, Granacher 1985). Versuche, Vögel von Flugplätzen durch künstlich erzeugten Lärm zu vertreiben, schlugen nach 1 bis 5 Tagen fehl, wenn der Standort der Lärmquelle nicht ständig verschoben wird (Burger 1983). Sogar an Knallpetarden können sich viele Vögel gewöhnen (Busnel 1978).

Bei sehr intensiven oder überraschend auftretenden Reizen, die Flucht auslösen, sind Gewöhnungsprozesse weniger wahrscheinlich (Mosler-Berger 1994). Gegenüber kleinen, tieffliegenden Flugzeugen nahm die Reaktionshäufigkeit von Gänsen nicht ab (Owens 1977). Auch Ringelgänse in ihrem Winterquartier gewöhnten sich nicht an Flugzeug-Überflüge (Riddington et al. 1996). Gegenüber Modellflugzeugen wurde bei verschiedenen Wasser-, Wat- und Wiesenvögeln keine Abnahme der Reaktionen festgestellt (Putzer 1989, Bivings 1991).

Sensibilisierung

An Stelle von Gewöhnung können Störreize auch eine Sensibilisierung hervorrufen. Nach einem Flugzeugüberflug reagierten Watvögel im Wattenmeer deutlich sensibler auf einen harmlosen, grossen Vogel (Smit & Visser 1993). Bei Ringelgänsen nahm die mittlere Reaktionsdauer im Verlaufe der Zeit zu (Stock 1990, 1993).

4.4 Konsequenzen

4.4.1 Energie- und Zeitbudget

Energieverlust

Reaktionen auf Störreize beinhalten grundsätzlich einen zusätzlichen Energieverlust. Erregung alleine führt zu einem erhöhten Energieumsatz (Hubert & Hüppop 1993 in Kempf & Hüppop 1998). Gleichzeitig verliert der Vogel durch die Verhaltensänderung Zeit, die er beispielsweise mit Nahrungsaufnahme verbringen könnte. Die Faktoren Energie und Zeit lassen sich in diesem Sinne selten getrennt beurteilen. Studien, welche sich mit den Auswirkungen des Luftverkehrs auf das Zeit/Energiebudget von Vögeln befassen, sind in Anhang 2 zusammengestellt.

Energetischer Aufwand

Ein erhöhter Grad an Aufmerksamkeit oder Schwimmen steigert bei Dunkelenten den Energieverbrauch im Vergleich zum Ruheumsatz (Wooley & Owen 1978). Die durch Flugzeuge verursachten zusätzlichen energetischen Kosten wurden auf 0,016 kJ durch Schwimmen, 0,096 kJ durch Aufmerken und 9,33 kJ durch Fliegen berechnet (Conomy et al. 1988a). Bei Vögeln mit guter Anpassung ans Fliegen steigt der Energieumsatz während des Fluges auf das Dreifache des Grundumsatzes, bei ineffizienten Fliegern oder hohen Geschwindigkeiten aber teilweise auf mehr als das Zwanzigfache (Hüppop 1985). Flucht oder Angriff sind also stets sehr energieaufwändig. Ringelgänse in ihrem Winterquartier in England hatten aufgrund

von störungsbedingten Flügen eine um 10% erhöhte Energieausgabe pro Stunde (Riddington et al. 1996). An Tagen mit extrem häufigen Störereignissen stieg der zusätzliche Energieaufwand um bis zu 38,5%. In diesem Falle ist die zusätzliche Flugzeit von grösserer Bedeutung als der Zeitverlust für das Fressen. Bei Tafelenten erhöht sich der Energiebedarf bei etwa 15 min Ausweichflug pro Tag um ca. 5% (Galhoff 1987). Bedingt durch Störreize verdoppelten Ringelgänse in England ihre normale Flugzeit (Owens 1977). Durch Luftfahrzeuge ausgelöste Flüge dauerten bei Ringelgänsen im holländischen Wattenmeer etwa 2 bis 3 min (Schilperoord & Schilperoord-Huisman 1984), bei Ringelgänsen in England etwa 1,5 min. Saat-, Bläss-, und Nonnengänse flogen während 5 bis 6 min (van den Bergh 1983). Gänse im deutschen Wattenmeer flogen, nachdem sie von Luftfahrzeugen aufgescheucht wurden, während 80 s umher und es dauerte weitere 40 s bis sie ihr ursprüngliches Verhalten wieder aufnahmen (Stock 1990, 1992).

Zeitverlust

Die Zeitdauer nach einem Störreiz bis zur Rückkehr zum ursprünglichen Verhalten, die so genannte Retentionszeit, quantifiziert den Zeitverlust. Bei Gänsen wurde nach einem Flugzeugüberflug auf 200–500 m ü.B. eine Retentionszeit von 5 bis 6 min gemessen (van den Bergh 1983). Stock et al. (1995) beobachteten mit 116 ± 5 s die längsten Rückkehrzeiten nach Helikopter-Überflügen, bei Kampffjets 85 s. Schneegänse kehrten im Herbst nach 12 min zur Nahrungsaufnahme zurück, im Frühling nach 2 min (Bélanger & Bédard 1989). Die Dauer einer Reaktion von Ringelgänsen aufgrund eines durch Helikopter verursachten Störreizes hängt von der lateralen Distanz und der Flughöhe ab (Jensen 1990 in Miller et al. 1994).

Zeitbudget

Die Nahrungsaufnahme wird durch Störungen reduziert (Owen 1973, Owens 1977). Schneegänse fressen aufgrund von Störreizen 4–51% weniger lang während des Tages (Bélanger & Bédard 1990). Die Nahrungsaufnahmerate pro Stunde war durch Störreize um 1,6% reduziert, gleichzeitig der Energieverbrauch um 5,3% erhöht. Die fehlende Fresszeit konnte in diesem Fall nicht durch intensiveres oder nächtliches Fressen kompensiert werden, wie dies von Riddington et al. (1996) bei Ringelgänsen beobachtet wurde. Gleich nach der Reaktion auf einen Störreiz reduzierte sich der zeitliche Anteil, den Ringelgänse mit der Nahrungsaufnahme verbrachten (Stock et al. 1995). Danach stieg dieser Anteil über das Tagesmittel an, sodass Zeitverluste verzögert kompensiert wurden. Im stark von Tourismus und Flugverkehr beeinflussten Vorderland von Westerhever zeigten Gänse eine grosse Anpassungsfähigkeit (Stock & Hofeditz 1994). Die Vögel verbrachten mehr Zeit mit fliegen (+46%) und fressen (+30%), während sie weniger Zeit mit rasten (-66%) und putzen (-23%) verbrachten. Auch bei Limikolen wurde festgestellt, dass sie nach störungsbedingtem Fliegen mehr Zeit für die Nahrungsaufnahme verwendeten (Smit & Visser 1993, Glaser et al. 1998). Dieses Verhalten wurde auch bei Kurzschnabelgänsen beobachtet (Schilperoord & Schilperoord-Huisman 1984).

4.4.2 Raumnutzung

Verlagerung in andere Gebiete

Wenn sich Vögel in einem Gebiet nicht an Störreize gewöhnen, werden sie es kurzzeitig oder definitiv verlassen. Bei neu errichteten Flugplätzen für Ultraleicht- oder Modellflugzeuge nahm der Brutbestand verschiedener Arten in der Umgebung ab, obwohl der eigentliche Brutplatz in seiner Struktur nicht beeinträchtigt wurde (Opitz 1975, Riederer 1976, Keil 1986, Bourne 1991). Die Besiedlung durch den Bartgeier scheint in gewissen Regionen der Pyrenäen und Alpen negativ durch Luftfahrzeuge, insb. Helikopter, beeinflusst zu werden (Seriot & Blanchon 1996). Für die Nahrungsaufnahme oder als Rastplatz geeignete Gebiete werden unter Umständen allein aufgrund von Störreizen gemieden (Newton et al. 1976, Riederer 1976, Andersen et al. 1986, Lugert 1988, Smit & Visser 1993, Stock 1993). Graugansfamilien wanderten nach erheblichen Störeinflüssen zu Fuss in ein angrenzendes Gebiet ab (Lugert 1988). Durch Modellflugbetrieb wurden Grosse Brachvögel an den Rand der für sie nutzbaren Gebiete verdrängt (Boschert & Rupp 1993). Zuckerrüben-Felder auf denen Kurzschnabelgänse häufiger durch Störreize bedingt aufflogen, wurden weniger häufig zur Nahrungsaufnahme genutzt als Felder mit weniger Störereignissen (Gill et al. 1996). Ressourcen können nicht in gleichem Masse wie unter ungestörten Bedingungen genutzt werden. Somit wird der effektive Lebensraum für die betroffenen Vogelarten reduziert (Reduktion der Tragfähigkeit), was längerfristig zu einem Populationsrückgang führt.

Luftverkehr kann auch zu Verschiebungen im räumlich-zeitlichen Nutzungsmuster führen (Newton et al. 1973, Owen 1973, Gerdes & Reepmeyer 1983, Galhoff et al. 1984, Bélanger & Bédard 1989, Putzer 1989, Stock 1990, 1992b, 1993, Smit & Visser 1993, Gill et al. 1996, Stock & Hofeditz 1994, 1997, Conomy et al. 1998). Rotschwanzbussarde verliessen ihre Territorien während militärischen Flugmanövern und kehrten danach zurück (Andersen et al. 1986). Steinadler, Prärie- und Rotschwanzbussarde verlagerten und vergrösserten das genutzte Gebiet weg aus dem Störungsbereich militärischer Übungen (Andersen et al. 1990). Die Untersuchungen über die Auswirkungen des Luftverkehrs auf die Verbreitung und Raumnutzung von Vögeln sind in Anhang 3 zusammengestellt.

4.4.3 Bruterfolg

Der Bruterfolg kann auf verschiedene Art und Weise durch den Einfluss von Flugzeugen vermindert werden. Häufige Störreize am potenziellen Neststandort kann zur Folge haben, dass Vögel vom Brutvorhaben absehen und das Gebiet verlassen (Opitz 1975, Keil 1986, Bourne 1991, Seriot & Blanchon 1996). Auch Störungen während der Revierabgrenzung gegenüber Artgenossen kann den Beginn des Nestbaus verhindern (Keil 1988). Zumindest bei Hühnern konnte nachgewiesen werden, dass Fluglärm die Befruchtungsfähigkeit herabsetzte, auch wenn die Samenqualität nicht beeinträchtigt war (Kosin 1958). Zudem war die Legeleistung durch die Lärmeinwirkung reduziert, die Hennen verbrachten weniger Zeit pro Tag mit Brüten oder gaben das Brutgeschäft vollständig auf (Granacher 1985). Bei Schwarzschwanz-Mückenfängern konnte jedoch kein negativer Einfluss des Fluglärms einer

militärischen Basis auf den Nestbau oder die Gelegegrösse nachgewiesen werden (Awbrey & Hunsaker 1997). Verlassen brütende Vögel in panikartiger Flucht ihr Nest, können Eier oder Küken zertrampelt oder aus dem Nest geworfen werden (Bell 1972, White & Sherrod 1973). Dies wurde auch bei Tiefflügen über einer Brutkolonie von Trottellummen beobachtet, wo auch Nestlinge aus dem Nest sprangen und zu Tode stürzten (Zonfrillo 1972). Nashornpelikane schreckten bei Überflügen auf etwa 600 m ü.B. auf und zertraten ihre Eier, sodass der Reproduktionserfolg nachhaltig reduziert wurde (Bunnell et al. 1981). Möwen, welche beim Überflug von Überschallflugzeugen von ihren Nestern aufflogen, waren häufiger bei ihrer Rückkehr in Streitigkeiten verwickelt, bei denen Eier zerstört wurden (Burger 1981a).

Brutverlust

Den 99%-igen Brutausfall in einer Kolonie von Russeeschwalben erklärten Austin et al. (1970) dadurch, dass die Altvögel infolge häufiger Überflüge von Überschallflugzeugen die Nester vorübergehend oder endgültig verliessen, sodass die Eier oder die Nestlinge starben. Werden Nester während der Bebrütungszeit zu lange verlassen, kühlen die Eier aus oder werden durch Sonneneinstrahlung überhitzt, sodass die Embryonen absterben. Die Eier von Weissbauch-Seeadlern starben ab, während die Altvögel infolge intensiver Helikopter-Überflüge ihre Nester mieden (Stokes 1996).

Verlassene Eier und Nestlinge sind nicht nur in stärkerer Masse der Witterung, sondern auch einem erhöhten Räuberdruck ausgesetzt (Barry & Spencer 1976, Keil 1988, Lister 1990, Zonfrillo 1992, Boschert 1993). Nestlinge von Adélie-Pinguinen waren einer höheren Prädationsrate durch Skuas ausgesetzt, als die Altvögel aufgrund von Störungen durch Helikopter ihr Nest verliessen (Wilson et al. 1991). Oft ist es schwierig zu eruieren, welcher Faktor letztlich zu einem reduzierten Bruterfolg führte, doch scheint der Zusammenhang mit dem Auftreten von Luftfahrzeugen in mehreren Fällen gegeben (Kosin 1958, Bunnell 1981, Burger 1981a, Boschert & Rupp 1993, Davidson & Rothwell 1993, Hüppop 1985, Stock & Hofeditz 1997). Grosse Brachvögel, beispielsweise, verliessen ihre Nester während der Modellflugbetrieb in 100–500 m Entfernung anhielt und kehrten erst nach Beendigung der Flüge zurück (Boschert 1993).

Fleckenkäuze, die in unterschiedlichem Ausmass Störreizen durch Helikopterlärm ausgesetzt wurden, zeigten keinen Unterschied im Bruterfolg (Delaney et al. 1999). Der Vergleich des Bruterfolges von Weisskopfseeadlern in einem durch militärische Schiessübungen gestörten und einem ungestörten Gebiet ergab ebenfalls keinen Unterschied (Brown et al. 1999). Auch Fischadler, die alle zwei Wochen tiefen Jet-Überflügen ausgesetzt waren, hatten den gleichen Bruterfolg wie Paare in Referenzgebieten (Trimper et al. 1998). Jet-Überflüge in weniger als 500 m Distanz von Horsten hatten bei verschiedenen Greifvogelarten nur geringe Verhaltensänderungen zur Folge und wirkten sich nicht negativ auf den Bruterfolg aus, was die Autoren mit Gewöhnung erklärten (Ellis et al. 1991). Führen Störereignisse im Winterquartier oder an Rastplätzen zu einer verminderten Reservebildung, wirkt sich die schlechtere körperliche Verfassung bei der Ankunft im Brutgebiet negativ

auf den Fortpflanzungserfolg aus (Bélanger & Bédard 1990, Madsen 1994, Drent & Daan 1980). Im Anhang 4 sind die Arbeiten zusammengestellt, welche sich vornehmlich mit den direkten Auswirkungen des Flugverkehrs auf den Bruterfolg befassen.

4.4.4 Überleben

Überlebens- wahrscheinlichkeit

Viele Wasservögel sind ausgeprägte Zugvögel. Eine schlechte körperliche Verfassung, wie sie durch geringe Fettanlagerung bei häufigen Unterbrüchen während der Nahrungsaufnahme und erhöhtem Energieverbrauch entstehen, wirkt sich unter Umständen erst in Tausenden Kilometern Entfernung aus (Davidson & Rothwell 1993). Langfristig wirkt sich dies auf die Überlebenswahrscheinlichkeit und den Reproduktionserfolg eines Individuums und auf die Überlebenswahrscheinlichkeit einer ganzen Population aus. Solche Zusammenhänge sind in Abb. 8 dargestellt. Bedingt durch die komplexen Zusammenhänge und durch die räumlichen und zeitlichen Dimensionen sind Kausalzusammenhänge zwischen Störungen und Populationsrückgang nur in sehr seltenen Fällen nachweisbar.

Das Überleben eines Vogels kann aber auch unmittelbar durch Luftfahrzeuge bedroht werden, wenn es zu einer Kollision mit dem Luftfahrzeug selbst kommt («Vogelschlag», z.B. Blokpoel 1976, Dolbeer et al. 2000) oder wenn die Vögel aufgescheucht werden und so verunglücken (Blokpoel & Hatch 1973, Stephan 1997). Dutzende Schneegänse flogen in eine Hochspannungsleitung als ein sehr grosser Schwarm von einem tieffliegenden Kleinflugzeug überrascht wurde (Blokpoel & Hatch 1976).

Ein Störreiz kann die Aufmerksamkeit eines Vogels ablenken, wodurch er zu einer leichten Beute werden kann. So wurde beobachtet, wie eine vor einem Helikopter fliehende Gans von einem Polarfuchs überrascht und erbeutet wurde (Derksen et al. 1982). Durch eine Flugsportveranstaltung neben einem Naturschutzgebiet wurden Kleinvögel in die Flucht getrieben (Werner & Schuster 1985). Baumfalken und Sperber nutzten diese Fluchtbewegung um Beute zu schlagen.

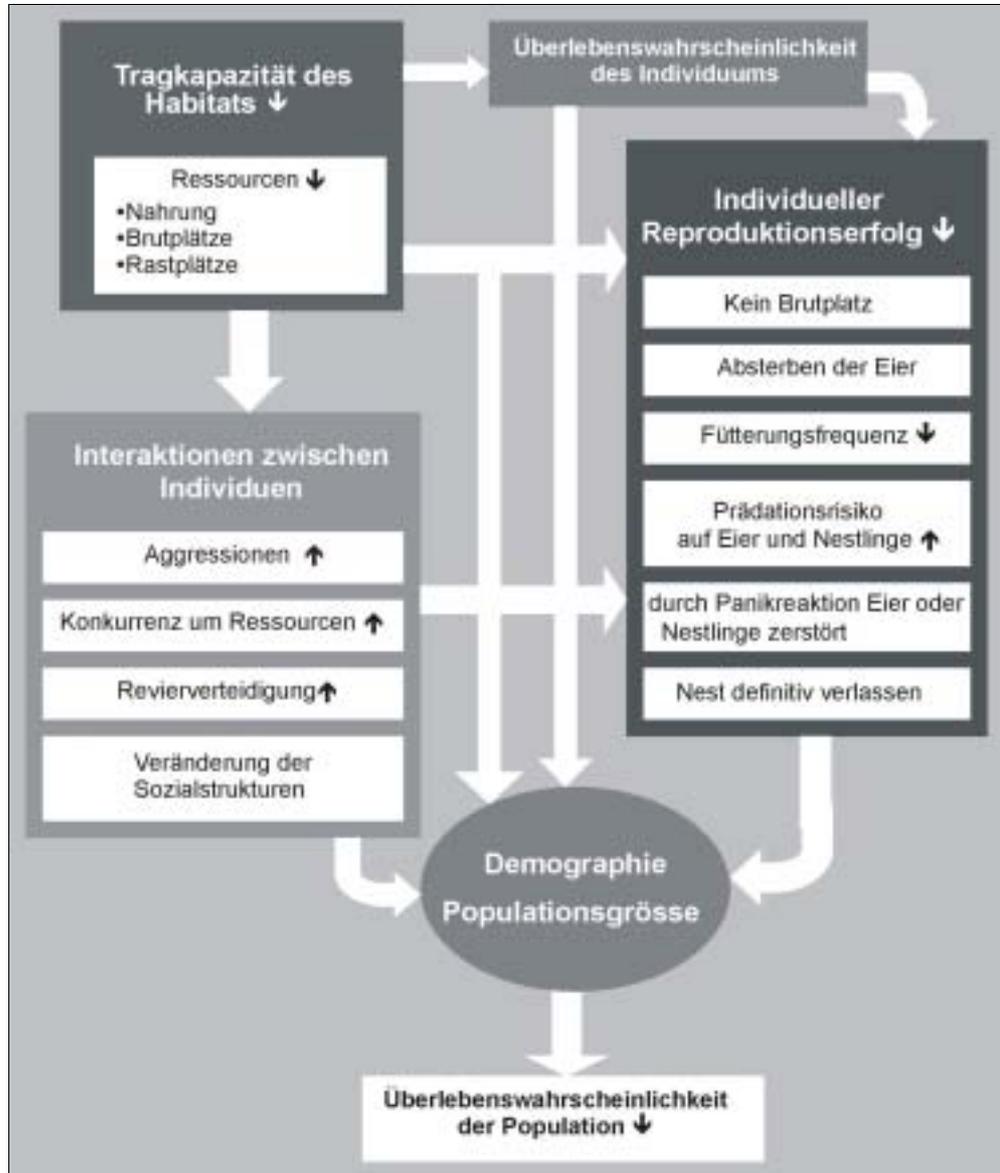


Abbildung 8:
Auswirkungen des
Luftverkehrs, welche
direkt oder indirekt die
Zusammensetzung und
die Grösse von Vogelpopu-
lationen und damit die
langfristige Überlebens-
wahrscheinlichkeit einer
Population beeinflussen
(↓ beeinträchtigt; ↑
erhöht).

Folgerungen aus Kap. 4.3 und 4.4:

- Gewöhnungseffekte sind häufig. Sie scheinen aber bei Modellflugzeugen und überraschend auftretenden Kleinflugzeugen eingeschränkt.
- In verschiedenen Fällen wurde eine erhebliche störungsbedingte Beeinträchtigung des Zeit/Energiebudgets festgestellt. Zeitverluste wurden zum Teil durch Verminderung von Ruhephasen kompensiert.
- Wenn Vögel aufgrund von Störungen auffliegen, ergeben sich hohe Energieverluste; die Zeit bis zur Wiederaufnahme der vorherigen Aktivität kann erheblich sein.
- Wenn aufgrund von Störungen gewisse Gebiete nicht mehr oder zeitlich nur eingeschränkt genutzt werden können, geht durch die Störung Lebensraum verloren.
- Störungsbedingtes Verlassen der Nester kann zum Absterben der Eier oder Jungen durch Auskühlen führen. Panikartiges Verlassen der Nester kann zur Beschädigung bzw. Verletzung von Eiern oder Jungen führen. Ungeschützte Nester sind erhöhter Prädation ausgesetzt.
- Auch Altvögel können infolge Störung erhöhter Unfallgefahr oder Prädation ausgesetzt sein.
- Energieverluste können sich in späteren Lebensphasen negativ auswirken.

5 Empfehlungen zur Reduktion der Störwirkung

Die Störwirkung von Luftfahrzeugen kann gänzlich ausgeschlossen werden, wenn Schutzzonen mit vollständigem Flugverbot durchgesetzt werden. So fordern Seriot & Blanchon (1996) Schutzgebiete für bedrohte Gebirgsvögel (Greifvögel und Raufusshühner) auszuscheiden und für den Flugverkehr zu sperren. Gesetze und Vorschriften sind jedoch wirkungslos, wenn diese nicht eingehalten werden. Die Information der Piloten ist daher der erste Schritt, um Schutzmassnahmen umzusetzen (Seriot & Blanchon 1996, Georgii & Hofer 1997). Der Schutz des Wattenmeeres konnte durch freiwillige Vereinbarungen verbessert werden, indem nun grössere Flughöhen eingehalten werden (CWSS 1991). In Deutschland wurden in verschiedenen Naturschutzgebieten gute Erfahrungen mit freiwillige Überflugbeschränkungen gemacht (W. Scholze, mündl.).

5.1 Räumliche Aspekte

Zum Schutze von sensiblen Gebieten werden minimale Abstände postuliert, die mit hoher Wahrscheinlichkeit über der Fluchtdistanz der Vögel liegen, sodass die negativen Konsequenzen vernachlässigbar sind oder kompensiert werden können (siehe Kap. 4.4). Vorgeschlagene Empfehlungen beziehen sich teilweise auf seitliche Minimalabstände (Tab. 3) zu einem bestimmten Gebiet, welche als Schutzgürtel bezeichnet werden, teilweise auf minimale Flughöhen über Grund (Tab. 4). Angesichts der herausragenden Bedeutung des Wattenmeeres für wandernde Vogelarten wurde dort für besonders sensible Gebiete eine drastische Reduktion oder ein Verbot von Überflügen gefordert (Knoke 1998). Um die Störwirkung von Ballonen zu reduzieren, schlagen Georgii & Hofer (1997) vor, Zwischenlandungen und Tiefflüge über sensiblen Gebieten zu vermeiden. Als Informationsgrundlage für die Piloten sollen in Karten Massstab 1:50'000 für den Naturschutz bedeutsame Gebiete einheitlich gekennzeichnet werden.

Tabelle 3: Empfehlungen Distanzen (Schutzgürtel)

Quelle	Vogelart	Minimaldistanz in m
Mosbech & Glahder 1991	Mauserplätze Gänse	8000
Keil 1988	Naturschutzgebiet	800
Grubb & King 1991	Weisskopfseeadler	625

Mindestflughöhe

Für den Schutz von Weisskopfseeadlern empfehlen Stalmaster & Kaiser (1997) eine Mindesthöhe von 300 m ü.B. Die Resultate einer Simulation von Miller (1994) ergaben, dass zur Reduktion von Störungen mausernder und rastender Ringelgänse auf Überflüge mit Bell-Helikopter verzichtet und eine Überflughöhe von rund 1000 m ü.B. nicht unterschritten werden sollte. Niemann & Sossinka (1991, 1992) stellten fest, dass Reaktionen von Wasservögeln meist ausblieben, wenn ein Helikopterflug in mehr als 700 m Distanz, auf über 150 m Höhe ü.B. und mit einem Schalldruckpegel unter 80 dB(A) stattfand. Van Raden (1990) nimmt an, dass

Helikopterflüge in vertikalem und horizontalem Abstand von 1000 ft (ca. 300 m) von Brutgebieten oder Rastplätzen weder ökologische noch individuelle Auswirkungen haben.

Bei Zählungen von brütenden Greifvögeln muss die Annäherung im sichtbaren Bereich der Vögel erfolgen, denn ein plötzliches Auftauchen beispielsweise über einem Felsen löst Panik aus (White & Sherrod 1973). Grubb & Bowerman (1997) empfehlen für die Zählung die weniger störenden Flächenflugzeuge, oder die Reduktion der Verweildauer von Helikoptern auf 1 min bei einem Minimalabstand von 150 m.

Flugrouten

Für den An- und Abflug sind immer dieselben linearen Routen zu wählen, damit das Auftreten von Störreizen für die Tiere kalkulierbar wird (Kirst 1989). Die Störwirkung von Luftfahrzeugen ist geringer, wenn der Flugverkehr an bestimmte Routen gebunden wird (Barry & Spencer 1976, Miller & Gunn 1979, Niemann & Sossinka 1991, Smit & Visser 1985). Eine Simulation aufgrund empirischer Daten zeigte, dass die Routenwahl ein wichtiger Faktor zu Reduktion von Gewichtsverlusten bei Gänsen ist (Miller 1994).

Tabelle 4: Empfehlungen Minimalflughöhen über Grund (bei direktem Überflug)

Vogelart / Gebiet	Quelle	Gebiet	Minimalhöhe in m
Gänse	Derksen et al. 1982	Mauserplätze	1525
Ringelgänse	Miller 1994	Mauserplatz	1065
Ringelgänse	Riddington et al. 1996	Rastgebiet	500
Wasservögel	Bélanger & Bédard 1989	Küste Naturschutzgebiet	500
Wasservögel	CWWS 1991	Wattenmeer	500
Ringelgänse	Owens 1977	Küste	500
Wat- und Wasservögel	Knoke 1998	Nationalpark Wattenmeer	450
Wasservögel	Niemann & Sossinka 1991	Feuchtgebiet	300
Schneegänse	Barry & Spencer 1976	Flussdelta, Mauser-, Brutgebiet	150
allgemein	Kirst 1989		150

5.2 Zeitliche Aspekte

Die vorliegenden Empfehlungen stammen aus Einzeluntersuchungen und haben im Detail deshalb nur für die entsprechenden Gebiete Gültigkeit. Allgemein scheint aber eine gleichmässige zeitliche Frequentierung im Jahresverlauf für Gewöhnungseffekte günstiger zu sein als unregelmässiger Flugverkehr (Kirst 1989).

Jahreszeiten

Gebiete, in denen sich rastende Wat- oder Wasservögel aufhalten, sollten vom Flugverkehr verschont werden (Ranftl 1990). Bedeutsame Brutvogelvorkommen können geschützt werden, wenn keine Störreize durch Luftfahrzeuge zwischen Mitte März

und Ende Juni, besser Ende Juli, auftreten (Ranftl 1990). Tiefflüge über Brutkolonien besonders sensibler und bedrohter Arten sollen insbesondere während der Bebrütungszeit vermieden werden, damit aufgeschreckte Altvögel ihre Eier nicht zertrampeln (Bunnell et al. 1981). Für Gebirgsvögel (Greifvögel und Raufusshühner) sind Perioden mit Balzverhalten, Brutgeschäft und Jungenaufzucht besonders heikel, d.h. Januar/ Februar bis Juli/August (Seriot & Blanchon 1996). Helikopterflüge in Gebieten, wo sich mausernde Entenvögel konzentrieren, sollen zwischen dem 1. Juni und dem 10. August verboten werden (Mosbech & Glahder 1991). Kunstflugvorführungen richten im Spätsommer den geringsten Schaden an.

Während Frostperioden konzentrieren sich Wasservögel an eisfreien Stellen. Um die Energiebilanz der Tiere nicht zusätzlich zu verschlechtern, sollten solche Orte nicht überflogen werden (Kempf & Hüppop 1998).

Tageszeiten

Für Ballonfahrten empfehlen Georgii & Hofer (1997) Dämmerungszeiten zu meiden, damit Wildtiere während ihrer aktivsten Zeiten nicht gestört werden.

6 Geltende Minimalflughöhen in verschiedenen Ländern

Allgemeine Vorschriften über Minimalflughöhen berücksichtigen primär Sicherheitsaspekte und das Ruhebedürfnis des Menschen. Die Konfliktvermeidung mit Vögel betrifft hauptsächlich die Kollisionsgefahr (bird strike). Vogelkonzentrationen wie sie besonders während der Zugperioden, bei Vogelkolonien oder Rastplätzen entstehen, werden den Piloten kommuniziert, um das Vogelschlag-Risiko zu reduzieren. Solche Informationen werden von den nationalen Luftfahrtämtern in den so genannten Aeronautical Information Publication (AIP), Aeronautical Information Circular (AIC) oder Notice to Airman (NOTAM) veröffentlicht.

In verschiedenen Ländern werden in diesen Publikationsorganen zusätzlich Minimalflughöhen für bestimmte Gebiete festgelegt, damit der Schutzstatus von Nationalparks und anderen Schutzgebieten gewährleistet wird (Tab. 5). Einerseits werden Minimalflughöhen in Fuss (ft) oder Metern (m) über Grund (GND, above ground level AGL) gegeben, andererseits auch in ft oder m über mittlerer Meereshöhe (above mean sea level, AMSL). Dies erschwert den direkten Vergleich zwischen den Ländern. In den uns bekannten Fällen werden grundsätzlich die vertikalen Distanzen geregelt, während die horizontalen Distanzen durch die Grenzen des Schutzgebietes gegeben sind. Einzig in Schweden wird auch der horizontale Abstand zu den Berggipfeln und -kämmen bestimmt. Die meisten der spezifisch geltenden Minimalflughöhen liegen zwischen 300 m und 600 m GND.

EU-Richtlinie

Seit 1992 gilt für alle Mitgliedstaaten der Europäischen Union (EU) eine verbindliche Richtlinie für Überlandflüge bemannter, motorisierter Luftfahrzeuge nach Sichtflugregeln (Visual Flight Rules VFR) von 2000 ft GND (Richtlinie 92/14/EWG des Rates vom 2. März 1992 zur Einschränkung des Betriebes von Flugzeugen des Teils II Kapitel 2 Band 1 des Anhangs 16 zum Abkommen über die Internationale Zivilluftfahrt, 2. Ausgabe 1988; ABl. EG Nr. L76 S.21). Bei Überflügen in dieser Höhe wird einvernehmlich davon ausgegangen, dass keine Störungen am Boden verursacht werden. Sind die Bedingungen für den Sichtflug nicht gegeben, beispielsweise bei tief hängender Wolkendecke, so gelten Mindestflughöhen. Für unbesiedeltes Gebiet sind dies 150 m GND, für besiedeltes 300 m.

Schweiz

In Ländern, für welche keine besonderen Minimalflughöhen für Naturschutzgebiete festgelegt sind, gelten die gleichen Flughöhen wie über dem restlichen unbesiedelten Gebiet. Wo nicht andere Begrenzungen flugtechnischer Art gegeben sind, dürfen deshalb in der Schweiz Schutzgebiete für Wasservögel auf 150 m GND überflogen werden. Für den Schweizerischen Nationalpark wird in der Luftfahrkarte zwar empfohlen möglichst hoch zu fliegen, wobei diese Empfehlung nicht verbindlich ist. Soweit uns bekannt ist, gibt es ebenfalls keine besonderen Regelungen für Naturschutzgebiete in Deutschland, Finnland, Irland, Litauen, Luxemburg, Neuseeland und Norwegen.

Naturschutzgebiet in AIP

Für einige Länder wird eine Minimalflughöhe über Naturschutzgebieten angegeben, welche vermutlich den Mindestflughöhen für Überlandflüge nach Sichtflug mit motorisierten, manntragenden Luftfahrzeugen entspricht, beispielsweise für die Niederlande 300 ft, für Dänemark 1000 ft, für Italien 1500 ft und für Deutschland

2000 ft. Für andere Länder hingegen finden sich in den AIP Listen der geschützten Gebiete, in denen die Lage, die Art des Schutzgebietes und die genauen Minimalflughöhen aufgeführt sind, so zum Beispiel für Estland, Frankreich, Kanada, Polen, Schweden, Spanien und die Tschechische Republik.

**Trilaterales Abkommen
Wattenmeer**

Für das Wattenmeer wurde ein trilaterales Abkommen zwischen Deutschland, Dänemark und den Niederlanden erarbeitet (CWSS 1997, Stock et al. 1996). Dieses sieht eine Mindestflughöhe von 450 bis 600 m vor. Für Helikopter sollen Flugrouten und Flughöhen so festgelegt werden, dass «die Störungen der Tierwelt im Wattenmeer so gering wie möglich gehalten werden».

**Freiwillige
Vereinbarungen**

In Deutschland wird versucht, auf Basis freiwilliger Vereinbarungen und Regelungen, empfindliche Gebiete zu schützen, insbesondere wenn die festgelegten Mindestflughöhen nachweislich nicht ausreichend sind (schriftl. Mitteilung W. Scholze, Stock et al. 1996). In mehreren Nationalparks und anderen Schutzgebieten wurden gute Erfahrungen gesammelt. Grundlagen dafür ist die Information darüber, 1) warum der Schutz eines bestimmten Gebietes besonders bedeutsam ist, 2) eine aus der Luft rechtzeitig erkennbare Abgrenzung und schliesslich 3) die Darstellung in Karten, die bei der Flugvorbereitung und -durchführung verwendbar sind. Die Luftfahrzeugführer verpflichten sich in der Regel dazu, solche Gebiete zu meiden, bzw. nur in abgestimmten Mindestflughöhen zu überfliegen/überfahren. Bei Ballonen sind dies in der Regel 300 m GND. Speziell für bedeutende Überwinterungsgebieten von Gänsen wurden 500 m GND vereinbart. Für motorisierte Luftfahrzeuge gelten meist 500–600 m GND. Die Luftfahrzeugführer aktiv in den Schutz einzubinden wird als aussichtsreicher angesehen, als Verordnungen zu erlassen, welche ohnehin schwierig zu kontrollieren wäre.

Eine Umfrage unter Parkwächern von französischen Naturschutzgebieten im Gebirge zeigte, dass die gesetzlich geregelten Minimalflughöhen von 150 m, bzw. 300 m GND regelmässig unterschritten werden (Seriot & Blanchon 1996). Einerseits unterstehen Militär und Polizei, sowie die Rettungsflugwacht nicht diesen Einschränkungen, andererseits treten Luftfahrzeuge auf, welche die bestehenden Regelungen unterlaufen. Überdies kommt es immer wieder zu Gesetzesverletzungen, deren Ahndung schwierig durchzusetzen ist. Trotz an sich detaillierten Überflugbestimmungen leiden deshalb verschiedene Vogelarten (Greifvögel und Raufusshühner) weiterhin unter Luftfahrzeugen, insb. Gleitschirme und Hängegleiter.

Folgerungen aus Kap. 6:

- Die geltenden Minimalflughöhen über Naturschutzgebieten in verschiedenen Ländern sind äusserst heterogen; während einige Länder den Überflug über Naturschutzgebiete nicht gesondert regeln, variieren die Minimalflughöhen in jenen Ländern mit spezifischen Beschränkungen zwischen 100 m und 5000 m GND, bzw. Flugverbot.
- Die EU-Richtlinie, welche eine Minimalflughöhe von 2000 ft GND für Überlandflüge vorsieht, ist restriktiver als einige Überflugbestimmungen, die speziell für Naturschutzgebiete erlassen wurden.
- Im Falle eines grenzüberschreitenden Naturschutzgebietes, kann ein internationales Abkommen den Lebensraumschutz gewährleisten. Ein Beispiel dafür ist das trilaterale Abkommen, welches die Minimalflughöhen von 450 m bis 600 m über dem dänischen, deutschen und holländischen Wattenmeer festlegt.
- Die Beschaffung der Angaben bezüglich Minimalflughöhen über Naturschutzgebieten war aufwändig, insbesondere wo keine AIP oder AIC zur Verfügung standen. Alle Angaben werden ohne Gewähr gemacht.

Tabelle 5. Reglementierung von Minimalflughöhen über Naturschutzgebieten in verschiedenen Ländern. Die Abkürzungen sind im Abkürzungsverzeichnis aufgelistet.

Land	Minimale Flughöhe über Naturschutzgebieten	Publikationsorgan: Bezeichnung besonderer Gebiete <i>Besondere Bestimmungen</i>
Australien	meist 2000 ft AGL	ERSA GEN – 120 <i>in bestimmten Gebieten Überflugverbot oder vorgeschriebene Flugrichtungen</i>
Dänemark ^{1,2}	1000 ft	Regulation Nr. BL 7-16, Anhang zu BL 7: für besonders empfindliche Gebiete (Wattenmeer)
Deutschland ^{1,2}	-	Wattenmeer 600 m <i>Freiwillige Vereinbarungen über Minimalflughöhen mit Luftsportlern; Selbstbeschränkung der Bundeswehr auf eine Mindestflughöhe von 3000 ft GND über dem Nationalpark Schleswig-Holsteinisches Wattenmeer</i>
Estland	3500 ft MSL	AIP Estland: Liste von 2 National Park
Finnland ¹	-	-
Frankreich ¹	300 m bzw. 1000 m AGL	AIP France:Annexe 1, RAC 5-1-65 bis RAC 5-1-68 und Annexe 2 bis 5: Liste von 48 Nationalparks oder Naturreservaten)
Hongkong	1000 ft AGL	Hong Kong Local Flying Chart: Kennzeichnung von 2 Naturschutzgebieten
Irland ¹	-	-
Israel	-	<i>Für bestimmte Naturschutzgebiete (insb. Brutgebiete von Greifvögeln) können Flugverbote erlassen werden</i>
Italien ¹	1500 ft AGL	-

Land	Minimale Flughöhe über Naturschutzgebieten	Publikationsorgan: Bezeichnung besonderer Gebiete <i>Besondere Bestimmungen</i>
Kanada	2000 ft AGL	AIP Canada: RAC 1-23 bis 1-34
Litauen	-	-
Luxemburg ¹	-	-
Neuseeland	-	<i>auf Antrag des Department of Conservation kann die Überflughöhe in bestimmten Gebieten auf 2000 ft GND festgelegt werden</i>
Niederlande ^{1,2}	300 ft	Wattenmeer 450 m
Norwegen	-	-
Österreich ¹	300 m AGL 3500 m AGL 5000 m AGL Überflugverbot	Landesgesetzblätter
Polen	2000 m	AIP Poland – Volume 1 RAC 5-3-0, RAC 5-3-4 bis RAC 5-3-11: Liste von 22 Nationalparks
Schweden ¹	300 m GND und/oder näher als 5000 m zu Bergkämmen oder -gipfeln	AIP Sweden, ENR 5-0-1, ENR 5-1-8 bis 5-1-15, ENR 5-6-1 bis 5-6-7: Liste von 4 Nationalparks, 1 Vogelschutzgebiet und
Schweiz	-	Luftfahrtkarte ICAO 2253 Schweiz: «Nationalpark – Rücksichtnahme durch hohen Überflug»
Slowenien	11'000 ft	AIP Slovenia ENR 6-5-1: 1 Nationalpark
Spanien ¹	700 ft, bzw. 1000 ft oder 6000 ft ALT	AIP España ENR 5.1-4 bis 5.1-7, ENR 5.6-1 bis 5.6-6: Liste von 7 Nationalparks und Naturreservaten
Südafrika	1500 ft über dem höchsten Punkt	AIC South Africa 20.1, 20.4, 22.7: Liste Nationalparks <i>Regelt Luftverkehr über «Cape Griffons in the Magaliesburg» und «Black Eagles in the Roodekrans Area»</i>
Tansania	1500 ft AGL	AIP Tanzania ENR 5.1-3, 5.1-4: Nationalparks und Jagdschutzgebiete
Tschechische Republik	500 m AGL	AIC Czech Republik A 8/94: Liste von 12 Nationalparks und Naturreservaten

¹ EU-Mitgliedstaat; ² Trilaterales Abkommen Wattenmeer

7 Literatur

- Acoustical Society of America 1980. San Diego workshop on the interaction between manmade noise and vibration and Arctic marine wildlife. – Acoustic Society of America, American Institute of Physics.
- Altman, R. L. & Gano, R. D. 1984. Least Terns nest along side harrier jet pad. – J. Field. Ornithol. 55: 108–109.
- Andersen, D. E. Rongstad, O.J. & Mytton, W. R. 1990. Home-range changes in raptors exposed to increased human activity levels in southeastern Colorado. Wildl. Soc. Bull. 18(2):134–142.
- Andersen, D. E., Rongstad, O. J. & Mytton, W. R. 1986. The behavioral response of red-tailed hawk to military training activity. – Raptor Research 20: 65–68.
- Andersen, D. E., Rongstad, O. J. & Mytton, W. R. 1989. Response of nesting red-tailed hawks to helicopter overflights. – Condor 91: 296–299.
- Anonymous 1970. An annotated bibliography on animal response to sonic booms and other loud noises. – National academy of sciences national research council.
- Anthony, R. M., Anderson, D. W., Sedinger, J. S. & McDonald, L. L. 1995. Estimating populations of nesting brant using aerial videography. – Wild. Soc. Bull. 23: 80–87.
- Asherin, S. A. & Gladwin, D. N. 1988. Effects of aircraft noise and sonic booms on fish and wildlife: a research needs workshop. – U.S.Fish and Wildlife Service, National Ecol.Research Center.
- Austin, O. L. Jr., Robertson, W. B. Jr. & Woolfenden, G. E. 1970. Mass hatching failure of Dry trotugas sooty terns (*Sterna fuscata*). Voous, K. H. Proc.of the 15th International Ornithological Congress the Hague, Holland, 627.
- Awbrey, F. T. & Hunsaker, D. 1997. Effects of fixed-wing military aircraft noise in California gnatcatcher reproduction. J. Acoust. Soc. Am., Vol. 102 (5): 3177.
- Barry, T. W. & Spencer, R. 1976. Wildlife response to oil well drilling. – Canadian Wildlife Service Progress Notes 67: 1–15.
- Bauer, H. G., Stark, H. & Frenzel, P. 1992. Der Einfluss von Störungen auf überwinternde Wasservögel am westlichen Bodensee. – Ornithol. Beob. 89: 93–110.
- Bélanger, L. & Bédard, J. 1989. Responses of staging greater snow geese to human disturbance. – J. Wild. Manage.53: 713–719.
- Bélanger, L. & Bédard, J. 1990. Energetic cost of man-induced disturbance to staging snow geese. – J. Wild. Manage.54: 36–41.
- Bell, W. B. 1972. Animal responses to sonic booms. – J. Acoust. Soc. Amer. 51: 758–765.
- Bivings, A. E. 1991. Vorteile und Grenzen des Einsatzes funkgesteuerter Kleinflugzeuge zur Vergrämung von Vögeln. – Vogel und Luftverkehr 11: 34–38.
- Black, B. B., Collopy, M. W., Percival, H. F., Tiller, A. A. & Bohall, P. G. 1984. Effect of low-level military training flights on wading bird colonies in Florida. Florida Coop. Fish. Wildl. Res. Unit, Sch. For. Res. Conserv., University of Florida, pp. 190.
- Blokpoel, H. & Hatch, D. R. M. 1976. Snow Geese, disturbed by aircraft, crash into power lines. – Can. Field Nat.90: 195.
- Blokpoel, H. 1976. Bird hazards to aircraft: problems and prevention of bird/aircraft collisions. – Clarke, Irwin & Co., Toronto.
- Boschert, M. & Rupp, J. 1993. Brutbiologie des Grossen Brachvogels *Numenius arquata* in einem Brutgebiet am südlichen Oberrhein. – Vogelwelt 114: 199–221.
- Boschert, M. 1993. Auswirkungen von Modellflug und Strassenverkehr auf die Raumnutzung beim Grossen Brachvogel (*Numenius arquata*). – Z. Oekologie u. Naturschutz 2: 11–18.

- Bourne, W. R. P. 1991. Gannets and aircraft at Troup Head. – BTO-News 19.
- Broggi, M. F. 1986. Neue Formen des Fluglärms im Alpenraum: Heliturismus und Ultralights. – Jahrbuch Naturschutz und Landschaftspflege 38: 93–98.
- Bromley, R. G., Heard, D. C. & Croft, B. 1995. Visibility bias in aerial surveys relating to nest success of Arctic geese. J. Wildl. Manage. 59(2): 364–371.
- Brough, T. & Bridgman, C. J. 1980. An evaluation of long grass as a bird deterrent on British airfields. – J. App. Ecol. 17: 243–253.
- Brown, A. L. & Mathers, R. 1988. Investigations of the response of nesting seabirds to the noise of aircraft overflight. – In: Berglund, B., Berglund, U., Karlsson, J. & Lindvall, T. (eds.), Noise as a public health problem, 3: 103–108.
- Brown, A. L. 1990. Measuring the effect of aircraft noise on sea birds. – Environ. Interpr. 16: 587–592.
- Brown, B. T., Mills, G. S., Powels, C., Russell, W. A., Therres, G. D. & Pottie, J. J. 1999. The influence of weapons-testing noise on bald eagle behavior. – J. Raptor Res. 33: 227–232.
- Bruderer, B. 1978. Collisions of aircrafts with birds of prey in the Alps. – Bird Strike Committee Europe 13: 72–76.
- Bruns, H. A., Fuellhaas, U., Klemp, C., Kordes, A. & Ottersberg, H. 1994. Zur Habitatwahl von Pfeifente (*Anas penelope*) und Nonnengans (*Branta leucopsis*) und Auswirkungen von Störreizen bei der Nahrungsaufnahme (Nordkehdingen/Landkreis Stade). – Vogelkdl. Ber. Aus Nieders. 26: 59–74.
- Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft (BUWAL) et al. 1998. Landschaftskonzept Schweiz Teil I Konzept; Teil 2 Bericht, Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft/Bundesamt für Raumplanung (Hrsg.) in der Reihe: Konzepte und Sachpläne (Art. 13 RPG), BRP, Bern: 175 S..
- Bunnell, F. L., Dunbar, D., Koza, L. & Ryder, G. 1981. Effects of disturbance on the productivity and numbers of white pelicans in British Columbia – observations and models. – Colon. Waterbird 4: 2–11.
- Burger, J. & Galli, J. 1987. Factors affecting distribution of gulls (*Larus* spp.) on two New Jersey coastal bays. – Environ. Cons. 14: 59–65.
- Burger, J. 1981a. Behavioural responses of herring gulls (*Larus argentatus*) to aircraft noise. – Environ. Pollut. Ser. A. Ecol. Biol. 24: 177–184.
- Burger, J. 1981b. The effect of human activity on birds at a coastal bay. – Biol. Conserv. 21: 231–241.
- Burger, J. 1983. Bird control at airports. – Environ. Cons. 10: 115–124.
- Burger, J. 1986. The effect of human activity on shorebirds in two coastal bays in northeastern United States. – Environ. Cons. 13: 123–130.
- Busnel, R. G. 1978. Introduction. – In: Fletcher, J. L. & Busnel, R. G. (eds.), Effects of noise on wildlife. Academic Press, pp. 7–22.
- BUWAL/BRP 1998. Landschaftskonzept Schweiz. Teil 1 Konzept, 40 S; Teil 2 Bericht. Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft / Bundesamt für Raumplanung, Bern.
- Campredon, P. 1981. Hivernage du canard siffleur *Anas penelope* L. en Camargue (France) stationnements et activités. – Alauda 49: 161–193.
- Carney, K. M. & Sydeman, W. J. 1999. A review of human disturbance effects on nesting colonial waterbirds. – Waterbirds 22: 68–79.
- Carrick, H. W. 1999. Induced migration using ultralite aircraft. – Trumpeter Swan Society Newsletter No. 16: 115–121.

- Carrier, W. D. & Melquist, W. E. 1976. The use of a rotor-winged aircraft in conducting nesting surveys of Ospreys in Northern Idaho. – Raptor Research 10: 77–83.
- Cayford, J. 1993. Wader disturbance: a theoretical overview. – Wader Study Group Bulletin 68: 3–5.
- Conomy, J. T., Collazo, J. A., Dubovsky, J. A. & Fleming, W. J. 1998a. Dabbling duck behavior and aircraft activity in coastal North Carolina. – The J. Wild. Manage. 62: 1127–1134.
- Conomy, J. T., Dubovsky, J. A., Collazo, J. A. & Fleming, W. J. 1998b. Do black ducks and wood ducks habituate to aircraft disturbance? – J. Wild. Manage. 62: 1135–1142.
- Craig, T. H. & Craig, E. H. 1984. Results of a helicopter survey of cliff nesting raptors in a deep canyon in Southern Idaho. – Raptor Research 18: 20–25.
- Culik, B., Adelung, D. & Wokes, A. J. 1990. The effect of disturbance on the heart rate and behaviour of Adélie penguins (*Pygoscelis adeliae*) during the breeding season. – In: Kerry, K. R. & Hempel, G. (eds.), Antarctic ecosystems, ecological change and conservation. Springer-Verlag, pp. 177–182.
- CWSS 1991. Air traffic in the Wadden Sea area. An analysis of the air traffic in the Wadden Sea area with respect to disturbance of man and wildlife. Wilhelmshaven, Common Wadden Sea Secretariat. Working Dokument. 37 S.
- CWSS 1997. Erklärung von Stade. Trilateraler Wattenmeerplan. Ministererklärung der Achten Trilateralen Regierungskonferenz zum Schutz des Wattenmeeres.
- Dahlgren, R. B. & Korschgen, C. E. 1992. Human disturbances of waterfowl: An annotated bibliography. – USDI Fish Wildl. Serv.
- Davidson, N. C. & Rothwell, P. I. 1993. Human disturbance to waterfowl on estuaries: conservation and coastal management implications of current knowledge. – Wader Study Group Bulletin 68: 97–105.
- Davis, P. 1967. Ravens' response to sonic bangs. – Brit. Birds 60: 370–371.
- Delaney, D. K., Grubb, T. G., Beier, P., Pater, L. L. & Reiser, M. H. 1999. Effects of helicopter noise on Mexican spotted owls. – J. Wild. Manage. 63: 60–76.
- Derksen, D. V., Eldridge, W. D. & Weller, M. W. 1982. Habitat ecology of pacific black brant and other geese moulting near Teshekpuk Lake, Alaska. – Wildfowl 33: 39–57.
- Dietrich, K., Koepff, C., von der Mühlen, G. & Steiof, K. 1989. Untersuchungen über die Auswirkung von Modellflugbetrieb auf das Verhalten von Wiesenvögeln. Unveröffentlichtes Gutachten. S. 76
- Dolbeer, R. A., Wright, S. E. & Cleary, E. C. 2000. Ranking the hazard level of wildlife species on aviation. – Wild. Soc. Bull. 28: 372–378.
- Drent, R. H. & Daan, S. 1980. The prudent parent: energetic adjustments in avian breeding. – Ardea 68: 225–252.
- Dunnet, G. M. 1977. Observations on the effects of low-flying aircraft on seabird colonies on the coast of Aberdeen. – Biol. Conserv. 12: 55–63.
- Ellis, D. H., Ellis, C. H. & Mindell, D. P. 1991. Raptor responses to low-level jet aircraft and sonic booms. – Environ. Pollut. 74: 53–83.
- Ellis, D. H., Hjertaas, D., Johns, B. W. & Urbanek, R. P. 1998. Use of a helicopter to capture flighted cranes. – Wild. Soc. Bull. 26(2): 103–107.
- Flore, B.-O. 1997. Brutbestand, Bruterfolg und Gefährdung von *Seeregenpfeifern* (*Charadrius alexandrinus*) und Zwergseeschwalben (*Sterna albifrons*) im Wattenmeer in Niedersachsen. – Vogelkdl. Ber. Aus Nieders. 29: 85–102.

- Forshaw, W. D. 1983. Numbers, distribution and behaviour of Pink-footed Geese in Lancashire. – *Wildfowl* 34: 64–76.
- Fox, M. 1997. Green woodpecker visiting hot-air balloonists. – *Brit. Birds* 90(4): 148.
- Fraser, J. D., Frenzel, L. D. & Mathisen, J. E. 1985. The impact of human activities on breeding bald eagles in north-central Minnesota. – *J. Wildl. Manage.* 49: 585–592.
- Frenzel, P. & Schneider, M. 1987. Oekologische Untersuchungen an überwinternden Wasservögeln im Ermatinger Becken (Bodensee): Die Auswirkungen von Jagd, Schifffahrt und Freizeitaktivitäten. – *Ornithol. Jahreshefte für Baden-Württemberg* 3: 53–79.
- Gabrielsen, G. W. 1987. Reaksjoner på menneskelige forstyrrelser hos aerfugl, svalbardrype og krykke i egg/ungeperioden. *Var Fuglefauna* 10: 153–158.
- Galhoff, H. 1987. Untersuchungen zum Energiebedarf und zur Nahrungsnutzung auf einem Stausee überwinternder Tafelenten (*Aythya ferina* L.). – *Ökol. Vögel* 9: 71–84.
- Galhoff, H., Sell, M. & Abs, M. 1984. Aktivitätsrhythmus, Verteilungsmuster und Ausweichflüge von Tafelenten *Aythya ferina* L. in einem nordwestdeutschen Ueberwinterungsquartier (Ruhrstausee Kemnade). – *Anzeiger der Ornithol. Gesell. Bayern* 23: 133–147.
- Georgii, B. & Hofer, D. 1997. Ballonsport, Tiere und Vegetation. Materialien 123. Bayerisches Staatsministerium für Landesentwicklung und Umweltfragen, München. 84 S.
- Georgii, B., Zeitler, A. & Hofer, D. 1994. Hängegleiten, Gleitsegeln und Wildtiere – Eine Umfrage unter Piloten, Berufsjägern und Bergsteigern. – *Verhandl. Gesell. Ökol.* 23: 263–267.
- Gerdes, K. & Reepmeyer, H. 1983. Zur räumlichen Verteilung überwinternder Saat- und Blessgänse (*Anser fabalis* und *A. albifrons*) in Abhängigkeit von naturschutzschädlichen und fördernder Einflüssen. – *Vogelwelt* 104: 54–70.
- Gill, J. A., Sutherland, W. J. & Watkinson, A. R. 1996. A method to quantify the effects of human disturbance on animal populations. – *J. App. Ecol.* 33: 786–792.
- Gilmer, D. S., Brass, J. A., Strong, J. J. & Card, D. H. 1988. Goose counts from aerial photographs using an optical digitizer. – *Wild. Soc. Bull.* 16: 204–206.
- Gladwin, D. N., Asherin, D. A. & Mancini, K. M. 1988a. Effects of aircraft noise and sonic booms on fish and wildlife: Results of a survey of U.S. Fish and Wildlife Service Endangered Species and Ecological Services Field Offices, Refuges, Hatcheries, and Research Centers. – *U.S. Fish and Wildl. Serv., National Ecol. Research Center*.
- Gladwin, D. N., Mancini, K. M. & Vilella, R. 1988b. Effects of aircraft noise and sonic booms on domestic animals and wildlife: Bibliographic abstracts. – *U.S. Fish and Wildl. Serv., National Ecol. Research Center*.
- Glaser, R. L., Horsepool, K., Simhai, N. & Yosef, R. 1998. The effects of disturbance on migrant waders at Eilat, Israel. – *Sandgrouse* 20: 30–35.
- Granacher, A. 1985. Untersuchungen zum Einfluss von Fluglärm auf Produktivität, Verhalten und Mortalität in der Mastputenhaltung. Dissertation, Tierärztliche Hochschule Hannover. 128 S.
- Griesser, M. & Hegelbach, J. 1999. Territorialität und Brutbiologie der Feldlerche *Alauda arvensis* in extensiv bewirtschafteten Wiesen des Flughafens Zürich-Kloten. – *Ornithol. Beob.* 96: 73–82.
- Grubb, M. M. 1978. Effects of increased noise levels on nesting herons and egrets. In: Southern, W. E. (ed), *Proc. Colon. Waterbird Group Conference*, New York: 49–54.

- Grubb, T. G. & Bowerman, W. W. 1997. Variations in breeding Bald Eagle responses to jets, light planes and helicopters. – J. Raptor Res. 31: 213–222.
- Grubb, T. G. & King, R. M. 1991. Assessing human disturbance of breeding bald eagles with classification tree models. – J. Wildl. Manage. 55: 500–511.
- Grubb, T. G., Bowerman, W. W., Giesy, J. P. & Dawson, G. A. 1992. Responses of breeding bald eagles, *Haliaeetus leucocephalus*, to human activities in northcentral Michigan. – Can. Field Nat. 106: 443–453.
- Hamm, D. 1968. Sensory stress effects on layers. – Poult. Sci. 46: 1267.
- Harms, C. A., Fleming, W. J. & Stoskopf, M. K. 1997. A technique for dorsal subcutaneous implantation of heart rate biotelemetry transmitters in black ducks: application in an aircraft noise response study. – Condor 99: 231–237.
- Hegelbach, J. 1999. Brutbestand der Nachtigall *Luscinia megarhynchos* und anderer ausgewählter Singvogelarten in einer Probestfläche am Rande des Flughafens Zürich-Kloten. – Ornithol. Beob. 96: 41–48.
- Heinemann, J. M. 1969. Effects of sonic booms on the hatchability of chicken eggs an other studies of aircraft generated noise effects on animals. – Tech. Rep. Rehl (K) Proj. No. 65 2.
- Heinen, F. 1986. Untersuchungen über den Einfluss des Flugverkehrs auf brütende und rastende Küstenvögel an ausgewählten Stellen des niedersächsischen Wattenmeeres. Diplomarbeit, Universität Essen. S. 82.
- Heintzelman, D. S. 1989. Stopping proposed low-altitude military aircraft flights: a Pennsylvania case study. – Wildlife Cons. Report 8: 1–13.
- Henson, P. & Grant, T. A. 1991. The effects of human disturbance on trumpeter swan breeding behavior. – Wild. Soc. Bull. 19: 248–257.
- Hilgerloh, G. 1990. Ungewöhnliches Verhalten von Zugvögeln in Gibraltar: Störung durch Flugzeuge. – J. Ornithol. 131: 311–316.
- Hockin, D., Ounsted, M., Gorman, M., Hill, D., Keller, V. & Barker, M. A. 1992. Examination of the effects of disturbance on birds with reference to its importance in ecological assessments. – J. Environ. Manage. 36: 253–286.
- Holm, C. 1997. Disturbance of Dark-bellied Brent Geese by helicopters in a spring staging area. – Dansk Ornitologisk Forenings Tidsskrift 91: 69–73.
- Hüppop, O. & Hagen, K. 1990. Der Einfluss von Störungen auf Wildtiere am Beispiel der Herzschlagrate brütender Austernfischer (*Haematopus ostralegus*). – Vogelwarte 35: 301–310.
- Hüppop, O. 1993. Auswirkung von Störungen auf Küstenvögel. – Wilhelmshavener Tage 4: 95–104.
- Hüppop, O. 1995. Störungsbewertung anhand physiologischer Parameter. – Ornithol. Beob. 92: 257–268.
- Il'ichev, V. D. 1995. Bird songs in the industrial noise-polluted environment. – Doklady Biol. Sci. 345: 604–605.
- Jenny, D. 1992. Bruterfolg und Bestandesregulation einer alpinen Population des Steinadlers *Aquila chrysaetos*. – Ornithol. Beob. 89: 1–43.
- Jones, R. D. & Jones, D. M. 1966. The process of family desintegration in black brant. – Wildfowl 17: 75–78.
- Kahlert, J. 1994. Effects of human disturbance on broods of Red-breasted *Mergansers* *Mergus serrator*. – Wildfowl 45: 222–231.
- Keil, W. 1986. Ultraleichtflugzeuge und Hängegleiter – Anfänge einer bedenklichen Entwicklung. – Jahrbuch Naturschutz und Landschaftspflege 38: 88–92.
- Keil, W. 1988. Modellflugsport aus der Sicht des Vogelschutzes. – LÖLF-Mitteilungen 13: 31–32.

- Keller, V. 1995. Auswirkungen menschlicher Störungen auf Vögel – eine Literaturübersicht. – Ornithol. Beob. 92: 3–38.
- Keller, V. 1996. Effects and management of disturbance of waterbirds by human recreational activities: a review. – *Gibier Faune Sauvage* 13: 1039–1047.
- Kempf, N. & Hüppop, O. 1995. Behaviour of meadow birds towards aircraft close to an airport. – *Wader Study Group Bull.* 76: 21.
- Kempf, N. & Hüppop, O. 1996. Auswirkungen von Fluglärm auf Wildtiere: ein kommentierter Überblick. – *J. Ornithol.* 137: 101–113.
- Kempf, N. & Hüppop, O. 1998. Wie wirken Flugzeuge auf Vögel? Eine bewertende Übersicht. – *Naturschutz und Landschaftsplanung* 30: 17–28.
- Kirchhoff, K., Prokosch, P. & Thiessen, H. 1983. Wasservogelerfassung mit dem Flugzeug an der schleswig-holsteinischen Ostseeküste. – *Corax* 9: 154–177.
- Kirst, C. 1989. Flugsportanlagen in der Bundesrepublik Deutschland und ihr Konflikt mit dem Naturschutz. – *Natur und Landschaft* 7/8: 343–349.
- Knoke, V. 1998. Flugverkehr über dem Nationalpark «Schleswig-Holsteinisches Wattenmeer». – Umweltbundesamt Berlin, Texte 77/97: 181–203.
- Koolhaas, A., Dekinga, A. & Piersma, T. 1993. Disturbance of foraging Knots by aircraft in the Dutch Wadden Sea in August-October 1992. – *Wader Study Group Bull.* 68: 20–22.
- Korschgen, C. E. & Dahlgren, R. B. 1992. Human disturbances of waterfowl: Causes, effects, and management. – In: Cross, D. H. (ed.), *Waterfowl management handbook*. USDI Fish Wildl. Serv. Fish Wildl., pp. 1–8.
- Kosin, I. L. 1958. Effect of simulated airplane sounds on the reproductive functions of the male domestic chicken. – *J. Appl. Physiol.* 12: 217–220.
- Kushlan, J. A. 1979. Effects of helicopter censuses on wading bird colonies. – *J. Wildl. Manage.* 43: 756–760.
- Küsters, E. & van Raden, H. 1986. Zum Einfluss von Tiefflug, Schiessbetrieb und anderen anthropogenen Störungen auf Vögel im Wattenmeer bei List/Sylt. Teil 1: Untersuchungen an Ringelgänsen. – *Vogel und Luftverkehr* 6: 75–89.
- Küsters, E. & van Raden, H. 1987. Zum Einfluss von Tiefflug, Schiessbetrieb und anderen anthropogenen Störungen auf Vögel im Wattenmeer bei List/Sylt. Teil 2: Anatiden und Limikolen. – *Vogel und Luftverkehr* 7: 15–24.
- Leito, A. & Renno, O. 1983. Über die Zugökologie der an der Barentsee heimischen Population der Weisswangengans (*Branta leucopsis*) in Estland. – *Vogelwarte* 32: 89–102.
- Lensink, R., van Lieshout, S. M. J. & Dirksen, S. 2001. Effecten van het vliegverkeer van en naar Schiphol op vogels en andere fauna in relatie tot de Vogelrichtlijn, de Habitatrichtlijn en de Natuurbeschermingswet. – Bureau Waardenburg bv.
- Lister, H. 1990. Experimental method for assessing the effect of aircraft noise on breeding seabirds. – *Acta XX Int. Congr. (Suppl.)* Christchurch, N. Z. 402.
- Lorch, J. 1995. Trendsportarten in den Alpen. Konflikte, rechtliche Reglementierung, Lösungen. – Internationale Alpenschutzkommission CIPRA.
- Lugert, J. 1988. Militär und Tourismus als Störfaktor für Enten und Gänse (Anatidae) in dem Naturschutzgebiet «Geltinger Birk». – *Seevögel* 9: 44–47.
- Lynch, T. E. & Speake, D. W. 1978. Eastern wild turkey behavioral responses induced by sonic booms. – In: Fletcher, J. L. and Busnel, R. G. (eds.), *Effects of noise on wildlife*. Academic Press, S. 47–61.
- Maczey, N. & Boye, P. 1995. Lärmwirkungen auf Tiere – ein Naturschutzproblem? Auswertung einer Fachtagung des Bundesamtes für Naturschutz. – *Natur und Landschaft* 70: 545–549.

- Maczey, N. & Boye, P. 1997. Bibliographie Nr. 75: Lärmwirkung auf Tiere. – Dokumentation Natur und Landschaft Sonderheft, 27: 1–57.
- Madsen, J. 1985. Impact of disturbance on field utilization of pink-footed geese in west Jutland, Denmark. – Biol. Conserv. 33: 53–63.
- Madsen, J. 1995. Impacts of disturbance on migratory waterfowl. – Ibis 137 suppl.: 67–74.
- Manci, K. M., Gladwin, D. N., Vilella, R. & Cavendish, M. G. 1988. Effects of aircraft noise and sonic booms on domestic animals and wildlife: A literature synthesis. – U.S.Fish and Wildl.Serv., National Ecol. Research Center.
- Manning, A. 1979. Verhaltensforschung – eine Einführung. Springer Verlag, Berlin. S. 320.
- Marler, P., Konishi, M., Lutjen, A., Waser, M.S. 1973. Effects of continuous noise on avian hearing and vocal development. – Proc. Nat. Acad. Sci. USA 70(5):1393–1396.
- McNeil, D. A. C. 1992. House martins associating with hot-air balloon. – Brit. Birds 85(5): 244.
- Miller, M. W. 1994. Route selection to minimize helicopter disturbance of molting Pacific Black Brant: a simulation. – Arctic 471: 341–349.
- Miller, M. W., Jensen, K. C., Grant, W. E. & Weller, M. W. 1994. A simulation model of helicopter disturbance of molting Pacific black brant. – Ecol. Model.73: 293–309.
- Milsom, T. P. 1990. Lapwings *Vanellus vanellus* on aerodromes and the birdstrike hazard. – Ibis 132: 218–231.
- Mosbech, A. & Boertman, D. 1999. Distribution, abundance and reaction to aerial surveys of post-breeding king eiders (*Somateria spectabilis*) in western Greenland. – Arctic 52: 188–203.
- Mosbech, A. & Glahder, C. 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.
- Mosler-Berger, C. 1992a. Gleitschirme, Deltasegler, Wildtiere. Eine Umfrage bei Wildhütern und Jagdaufsehern in 17 Schweizer Kantonen. – Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft (BUWAL).
- Mosler-Berger, C. 1992b. Wie stark sind unsere Wildtiere gestört? Umfrage bei Wildhütern und Jagdaufsehern in der Schweiz. – Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft (BUWAL).
- Mosler-Berger, C. 1994. Störungen von Wildtieren: Umfrageergebnisse und Literatúrauswertung. – Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft (BUWAL).
- Müller, F. 1996. «Störung» von Bodenbrütern durch Flugobjekte. Beispiel Rebhuhn. – Acta Ornithoecol. 3: 311–313.
- Nettleship, D. N. 1975. A recent decline of Gannets, *Morus bassanus*, on Bonaventura Island, Quebec. – Can. Field Nat.89: 125–133.
- Newton, I., Thom, V. M. & Brotherston, W. 1973. Behaviour and distribution of wild geese in south-east Scotland. – Wildfowl 24: 111–121.
- Niemann, J. & Sossinka, R. 1991. Zum Einfluss von militärischen Übungen auf die Vogelwelt im international bedeutsamen Feuchtgebiet «Weserstaustufe Schlüsselburg».
- Niemann, J. & Sossinka, R. 1992. Zum Einfluss von militärischen Hubschrauberflügen auf die Vogelwelt im Feuchtgebiet internationaler Bedeutung «Weser-Staustufe Schlüsselburg». – Vogel und Luftverkehr 12: 100–113.

- Norman, R. K. & Saunders, D. R. 1969. Status of little tern in Great Britain and Ireland in 1967. – *Brit. Birds* 62: 4–13.
- Norris, D. W. & Wilson, H. J. 1988. Disturbance and flock size changes in Whitefronted Geese wintering in Ireland. – *Wildfowl* 39: 63–70.
- Opitz, H. 1975. Brutvorkommen, Gefährdung und Schutz des Grossen Brachvogels. – Beiheft Veröffentlichungen Natur- und Landschaftspflege Baden-Württemberg 7: 65–67.
- Opitz, H. 1990. Sport und Naturschutz... immer mit Rücksicht. – *Naturschutz heute* 22(3): 42–45.
- Owen, M. 1973. The management of grassland areas for wintering geese. – *Wildfowl* 24: 123–130.
- Owens, N. W. 1977. Responses of wintering brent geese to human disturbance. – *Wildfowl* 28: 5–14.
- Philippson, J. 1972. Die Blessgans. – *Neue Brehm-Bücherei* 457, Wittenberg Lutherstadt.
- Plachter, H. 1991. *Naturschutz*. – Gustav Fischer Verlag, Stuttgart.
- Putzer, D. 1989. Wirkung und Wichtung menschlicher Anwesenheit und Störung am Beispiel bestandsbedrohter, an Feuchtgebiete gebundener Vogelarten. – *Schriftenreihe für Landschaftspflege und Naturschutz* 29: 169–194.
- Quaisser, C. & Hüppop, O. 1995. Was stört den Kulturfolger Grosstrappe *Otis tarda* in der Kulturlandschaft? – *Ornithol. Beob.* 92: 269–274.
- Ranftl, H. 1990. Auswirkungen des Luftsports auf die Vogelwelt und die sich daraus ergebenden Forderungen. – *Vogel und Luftverkehr* 10: 24–33.
- Richardson, C. T. & Miller, C. K. 1997. Recommendations for protecting raptors from human disturbance: a review. – *Wild. Soc. Bull.* 25: 634–638.
- Riddington, R., Hassall, M., Lane, S. J., Turner, P. A. & Walters, R. 1996. The impact of disturbance on the behaviour and energy budget of Brent Geese *Branta b. bernicla*. – *Bird Study* 43: 269–279.
- Riederer, M. 1976. Die Auswirkungen eines Modellflugzeugplatzes im Isarmoos bei Unterwattenbach (Landkreis Landshut) auf die Brutvogelwelt dieses Gebietes. – *Naturwissenschaftl. Z.Niederbayern* 26: 13–19.
- Roberts, E. L. 1966. Movements and flock behaviour of Barnacle Geese on the Solway Firth. – *Wildfowl* 17: 36–45.
- Rosbach, R. 1982. Vogelschutz und Modellflugsport. – *Vogel und Umwelt* 23: 6.
- Safina, C. and Burger, J. 1983. Effects of human disturbance on reproductive success in the Black Skimmer. – *Condor* 85: 164–171.
- Scheuer, F. 1981. Verbot der Errichtung eines Start- und Landplatzes für Segel-, Motor-, und Fesselflugmodelle in einem Landschaftsschutzgebiet. – *Natur und Landschaft* 56: 221–222.
- Schilperoord, L. J. & Schilperoord-Huisman, M. 1984. Verstoring van Kleine Rietganzen *Anser brachyrhynchus* in Zuidwest-Friesland. – *Het Vogeljaar* 32: 225–235.
- Schleidt, W. M. 1961. Reaktionen von Truthühnern auf fliegende Raubvögel und Versuche zur Analyse von AAM's. – *Z.Tierpsychol.* 18: 534–560.
- Schnidrig-Petrig, R. 1995. Der moderne Ikarus – eine Gefahr für Wildtiere? – *Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft (BUWAL)-Bulletin* 41–43.
- Seriot, J. & Blanchon, J.-J. 1996. Étude relative à l'impact sur l'avifaune du survol des réserves naturelles de montagne par des aéronefs. Rapport de fin de contrat rédigé à la demande de Ministère de l'Environnement- Direction de la Nature et des Paysages. Unveröffentlichtes Gutachten S. 34.

- Sindern, C. & Weber, E. 1996. Wasservogelzählungen im Kiesabrabungsbereich im Nahraum des Flughafens München «Franz-Josef-Strauss». – Vogel und Luftverkehr 16: 57–64.
- Smit, C. J. & Visser, J. M. 1993. Effects of disturbance on shorebirds: a summary of existing knowledge from the Dutch Wadden Sea and Delta area. – Wader Study Group Bull. 68: 6–19.
- Sossinka, R. & Niemann, J. 1994. Störungen von Entenvögeln durch Hubschrauber nach Untersuchungen an der Weserstaustufe Schlüsselburg. – Artenschutzreport 4: 19–21.
- Sossinka, R. 1978. Flugfeinderkennung bei Hühnern- und Entenvögeln. In: Stokes, W.A., Immelmann, K. (Hrsg.) Praktikum der Verhaltensforschung. Fischer Verlag, Stuttgart. S. 124–126.
- Stalmaster, M. V. & Kaiser, J. L. 1997. Flushing responses of wintering bald eagles to military activity. – J. Wild. Manage. 61: 1307–1313.
- Stephan, W. 1997. Einflüsse von Heissluftballon-Überfahrten auf Tiere im Freien. – Deutsche Tierärztliche Wochenschrift 104: 79–84.
- Stock, M. & Hofeditz, F. 1994. Beeinflussen Flugbetrieb und Freizeitaktivitäten das Aktivitätsmuster von Ringelgänsen (*Branta bernicla*) im Wattenmeer? – Artenschutzreport 94: 13–19.
- Stock, M. & Hofeditz, F. 1997. Grenzen der Kompensation: Energiebudgets von Ringelgänsen unter der Wirkung von Störreizen. – J. Ornithol. 138: 387–411.
- Stock, M. 1990. Studies on the effects of disturbances on staging brent geese: a progress report. – IWRB Goose Res. Group Bull. 11–18.
- Stock, M. 1992a. Die Auswirkung anthropogener Störungen auf die Vogelwelt: eine Fallstudie aus dem Vorland von Westerhever. – In: Geschäftsstelle, Ökosystemforschung Wattenmeer (ed.), 2. Wissenschaftliches Symposium der Ökosystemforschung Wattenmeer, Buisum, 4.–5. März 1991. S. 45–56.
- Stock, M. 1992b. Effects of man-induced disturbance on staging brent geese. – Netherlands Institute for Sea Research Publication Series 20: 289–293.
- Stock, M. 1993. Studies on the effects of disturbances on staging brent geese: A progress report. – Wader Study Group Bull. 68: 29–34.
- Stock, M., Bergmann, H.-H., Helb, H.-W., Keller, V., Schnidrig-Petrig, R. & Zehnter, H.-C. 1994. Der Begriff Störung in naturschutzorientierter Forschung: ein Diskussionsbeitrag aus ornithologischer Sicht. – Z. Ökologie u. Naturschutz 3: 49–57.
- Stock, M., Hofeditz, F., Mock, K. and Pohl, B. 1995. Einflüsse von Flugbetrieb und Freizeitaktivitäten auf Verhalten und Raumnutzung von Ringelgänsen im Wattenmeer. – Corax 16: 63–83.
- Stock, M., Schrey, E., Kellermann, A., Gätje, C., Eskildsen, K., Feige, M., Fischer, G., Hartmann, F., Knoke, V. Möller, A., Ruth, M., Thiessen, A. & Vorberg, G. 1996. Ökosystemforschung Wattenmeer- Synthesebericht: Grundlagen für einen Nationalparkplan, Schriftenreihe des Nationalparks Schleswig-Holsteinisches Wattenmeer, Heft 8. S. 784
- Stokes, T. 1996. Helicopter effects upon nesting white-bellied sea-eagles and upon smaller birds at an isolated protected location (Eshelby Island, Great Barrier Reef, Australia). – Corella 20: 25–28.
- Südbeck, P. & Spitznagel, A. 2001. Freizeitnutzung, Sport und Tourismus. – In: Richarz, K., Bezzel, E. & Hormann, M. (eds.), Taschenbuch für Naturschutz. Aula-Verlag, pp. 340–374.

- Trimper, P. G., Standen, N. M., Lye, L. M., Lemon, D., Chubbs, T. E. & Humphries, F. W. 1998. Effects of low-level jet aircraft noise on the behaviour of nesting osprey. – *J. App. Ecol.* 35: 122–130.
- UVEK 2001. Luftverkehr-Staatsvertrag: 11. Schweizerisch-deutsche Verhandlungsrunde – Beratungen auf technischer Ebene abgeschlossen. Medienmitteilung 26. Juli 2001. Eidgenössisches Departement für Umwelt, Verkehr, Energie und Kommunikation, Bern.
- Van den Bergh, L. 1983. Ganzen en vliegtuigen. – *Het Vogeljaar* 31: 152–155.
- Van Raden, H. & Küsters, E. 1990. Untersuchung zu speziellen Auswirkungen des Erprobungsbetriebes der Wehrtechnischen Dienststelle 71 auf Vögel und Seehunde in der Meldorfer Bucht. Unveröffentlichtes Gutachten. S.25.
- van Rijn, U., Lensink, R., Dirksen, S., Goossen, M. & van Elteren, A. 2000. Onderzoek: Verstoring fauna en recreatie door de kleine burgerluchtvaart – bouwstenen voor toekomstig beleid. – Bureau Waardenburg bv, Alterra, Obden Kamp Adviesgroep. Unveröffentlichtes Gutachten, S. 95
- Ward, D. H., Stehn, R. A. & Derksen, D. V. 1994. Response of staging brant to disturbance at the Izembek Lagoon, Alaska. – *Wild. Soc. Bull.* 22: 220–228.
- Ward, D. H., Stehn, R. A., Erickson, W. P. and Derksen, D. V. 1999. Response of fall-staging Brant and Canada geese to aircraft overflights in southwestern Alaska. – *J. Wild. Manage.* 63: 373–381.
- Watson, J. W. 1993. Responses of nesting bald eagles to helicopter surveys. – *Wild. Soc. Bull.* 21: 171–178.
- Weber, D. & Schnidrig-Petrig, R. 1997. Praxishilfe Hängegleiten – Wildtiere – Wald. – Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft (BUWAL). S. 57.
- Werner, H. & Schuster, S. 1985. Flugsportveranstaltungen direkt neben wertvollem Naturschutzgebiet. – *Ber. Dtsch. Sect. Int. Rat Vogelschutz* 25: 151–154.
- White, C. M. & Sherrod, S. K. 1973. Advantages and disadvantages of the use of rotor-winged aircraft in raptor surveys. – *Raptor Research* 7: 97–104.
- Wilson, R. P., Culik, B., Danfeld, R. & Adelung, D. 1991. People in Antarctica – how much do Adélie Penguins *Pygoscelis adeliae* care? – *Polar Biol.* 11: 363–370.
- Wolters, H. E. 1982. Die Vogelarten der Erde: Eine systematische Liste mit Verbreitungsangaben sowie deutschen und englischen Namen. Paul Parey, Hamburg, Berlin.
- Wooley, J. B. & Owen, R. B. 1978. Energy costs of activity and daily energy expenditure in the black duck. – *J. Wild. Manage.* 42: 739–745.
- Wright, E. N. 1968. Modification of the habitat as a means of bird control. – In: Murton, R. K. and Wright, E. N. (eds.), *The Problems of Birds as Pests*. Academic Press, pp. 97–105.
- Ydenberg, R. C. & Dill L. M. 1986. The economics of fleeing from predators. *Adv. Study Behav.* 16: 229–249.
- Zeitler, A. 1995. Ikarus und die Wildtiere. Grundlagenstudie zum Thema Hängegleiten, Gleitsegeln und Wildtiere. Wildbiologische Gesellschaft München e.V. 41 S.
- Ziese, I. & Wulfert, G. 1989. Junge Disziplinen des Luftsports und ihre Auswirkungen auf die Natur. – *LÖLF-Mitteilungen* 14: 60–63.
- Zonfrillo, B. 1992. The menace of low-flying aircraft to seabirds on Ailsa Craig. – *Scot. Bird News* 28: 4.

Dank

Zu grossem Dank sind wir Frau V. Keller (Schweizerische Vogelwarte, Sempach) verpflichtet, die uns ihre Literatursammlung zur Verfügung stellte und C. Schweizer (Infodienst Wildbiologie & Ökologie) für die Hilfe bei der Suche nach Literatur an der Dokumentationsstelle für Wildforschung. R. Anderegg (BUWAL), B. Georgii (Verein für Arten-, Umwelt und Naturschutz e.V.), O. Hüppop (Vogelwarte Helgoland), F. Liechi (Schweizerische Vogelwarte, Sempach), C. Marti (Schweizerische Vogelwarte, Sempach), J. Winkelman (Vogelbescherming Nederland), B. Zonfrillo (Glasgow University) und K. P. Zsivanovits (Bundesamt für Naturschutz, Deutschland) vermittelten uns weitere Publikationen.

Wir danken R. Anderegg (BUWAL), M. Trocmé (BUWAL), C. Marthe (BAZL), C. Mosler-Berger (Infodienst Wildbiologie & Ökologie) und V. Keller (Schweizerische Vogelwarte, Sempach) für die wertvollen Verbesserungsvorschläge.

C. Marthe (BAZL) kontaktierte brieflich die Ämter für Zivilluftfahrt verschiedener Länder. Die Angaben über Vorschriften bezüglich Mindestflughöhen wurden uns von folgenden Personen vermittelt (in alphabetischer Reihenfolge der Länder):

- S. Lynch, Civil Aviation Safety Authority, Australien
- B. Junker-Hansen, Ministry of Environment, Dänemark
- G. Sjösten, Civil Aviation Administration, Dänemark
- D. Hansen, Nationalpark Schleswig-Holsteinisches Wattenmeer, Deutschland
- W. Scholze, Deutscher Aero Club, Deutschland
- K. P. Zsivanovits, Bundesamt für Naturschutz, Deutschland
- A. Lee, Civil Aviation Administration, Estland
- O. Stenman, Game and Fisheries Research, Helsinki, Finnland
- O. Uusitalo, Civil Aviation Administration, Finnland
- R. Rosso, Direction de la Navigation Aérienne, Frankreich
- G. Ng, Civil Aviation Department, Hong Kong
- F. Russell und T. Kelly, Air Accident Investigation Unit, Irland
- Y. Yom-Tov, Tel Aviv University, Israel
- V. Battistoni, Aero Civile, Italien
- R. J. Shuter, International Aviation, Kanada
- M. Zalakevicius, Institute of Ecology, Vilnius, Litauen
- A. Genia, Direction de l'Aviation Civile, Luxemburg
- M. W. Evans, Civil Aviation Authority, Neuseeland
- T. Lysne und C. Horn-Hanssen, Civil Aviation Authority, Norwegen
- K. Nonnenmacher, Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie, Österreich
- Z. Maczka und T. Kadziolka, Civil Aviation Authority, Polen
- R. R. Gundström, Civil Aviation Authority, Schweden
- S. Kocjan, Civil Aviation Authority, Slowenien
- C. Rueda Fernández, Aeropuertos Españoles y Navegación Aerea, Spanien
- C. Ashford, Civil Aviation Authority, Südafrika
- W. O. Malisa, Civil Aviation Authority, Tansania
- O. Gorgol, Civil Aviation Department, Tschechische Republik

U. Nöthiger (BUWAL) danken wir herzlich für die Hilfe bei der Formatierung des Textes.

Anhang

Anhang 1: Artenliste

Anhang 1: Artliste aller erwähnten Vögel

Die Arten sind nach Ordnung gruppiert und alphabetisch geordnet. Die Übersetzungen sind Wolters (1982) entnommen.

Ordnung	Deutscher Artname	Wissenschaftlicher Artname	Englischer Artname
Anseriformes Entenvögel	Blässgans	<i>Anser albifrons</i>	White-fronted goose
	Brautente	<i>Aix sponsa</i>	Wood duck
	Brillente	<i>Melanitta perspicillata</i>	Surf scoter
	Dunkelente	<i>Anas rubripes</i>	American black duck
	Dreizehenmöwe	<i>Rissa tridactyla</i>	Kittiwake
	Eiderente	<i>Somateria mollissima</i>	Eider
	Eisente	<i>Clangula hyemalis</i>	Oldsquaws
	Graugans	<i>Anser anser</i>	Greylag goose
	Höckerschwan	<i>Cygnus olor</i>	Mute swan
	Kanadagans	<i>Branta canadensis</i>	Canada goose
	Krickente	<i>Anas crecca</i>	Teal
	Kurzschnabelgans	<i>Anser brachyrhynchus</i>	Pink-footed goose
	Mittelsäger	<i>Mergus serrator</i>	Red-breasted merganser
	Nordamerikanische Pfeifente	<i>Anas americana</i>	American wigeon
	Pfeifente	<i>Anas penelope</i>	Wigeon
	Prachteiderente	<i>Somateria spectabilis</i>	King eider
	Reiherente	<i>Aythya fuligula</i>	Tufted duck
	Ringelgans	<i>Branta bernicla</i>	Brent goose
	Saatgans	<i>Anser fabalis</i>	Bean goose
	Schnatterente	<i>Anas strepera</i>	Gadwall
	Schneegans	<i>Anser caerulescens</i>	Greater snow goose
	Schneegans	<i>Chen caerulescens</i>	Snow goose
	Singschwan	<i>Cygnus cygnus</i>	Whooper swan
	Stockente	<i>Anas platyrhynchos</i>	Mallard
	Tafelente	<i>Aythya ferina</i>	Pochard
	Trompeterschwan	<i>Cygnus buccinator</i>	Trumpeter swan
	Weisswangengans	<i>Branta leucopsis</i>	Barnacle goose
Charadriiformes Wat-, Möwen- und Alkenvögel	Amer. Zwergseeschwalbe	<i>Sterna antillarum</i>	Least tern
	Austernfischer	<i>Haematopus ostralegus</i>	Oystercatcher
	Dreizehenmöwe	<i>Rissa tridactyla</i>	Kittiwake
	Eilseeschwalbe	<i>Sterna bergii</i>	Crested tern
	Grosser Brachvogel	<i>Numenius arquata</i>	Curlew
	Kiebitz	<i>Vanellus vanellus</i>	Lapwing
	Knutt	<i>Calidris canutus</i>	Knot

Ordnung	Deutscher Artname	Wissenschaftlicher Artname	Englischer Artname
	Krabbentaucher	<i>Alle alle</i>	Little auk
	Möwen ¹	Laridae ¹	Gulls
	Papageitaucher	<i>Fratercula arctica</i>	Puffin
	Pfuhlschnepfe	<i>Limosa lapponica</i>	Bar-tailed godwit
	Russseeschwalbe	<i>Sterna fuscata</i>	Sooty tern
	Seeregenpfeifer	<i>Charadrius alexandrinus</i>	Kentish plover
	Silbermöwe	<i>Larus argentatus</i>	Herring gull
	Skua	<i>Stercorarius scua</i>	Great skua
	Tordalk	<i>Alca torda</i>	Razorbill
	Trottellumme	<i>Uria aalge</i>	Guillemot
	Uferschnepfe	<i>Limosa limosa</i>	Black-tailed godwit
	Zwergseeschwalbe	<i>Sterna albifrons</i>	Little tern
Ciconiiformes	Amerikanischer Silberreiher	<i>Casmerodius albus</i>	Great egret
Schreitvögel	Dreifarbenreiher	<i>Hydranassa tricolor</i>	Tricoloured heron
	Kanadareiher	<i>Ardea herodias</i>	Great blue heron
	Nachtreiher	<i>Nycticorax nycticorax</i>	Night heron
	Reiher ¹	Ardeidae ¹	Heron
	Schmuckreiher	<i>Egretta thula</i>	Snowy egret
Columbiformes	Carolinataube	<i>Zenaida macroura</i>	Mourning dove
Tauben	Ringeltaube	<i>Columba palumbus</i>	Woodpigeon
Falconiformes	Bartgeier	<i>Gypaetus barbatus</i>	Lammergeier
Greifvögel	Baumfalke	<i>Falco subbuteo</i>	Hobby
	Fischadler	<i>Pandion haliaetus</i>	Osprey
	Gänsegeier	<i>Gyps fulvus</i>	Griffon vulture
	Gerfalke	<i>Falco rusticolus</i>	Gyr falcon
	Krabbenbussard	<i>Buteogallus anthracitus</i>	Common black-hawk
	Mohrenbussard	<i>Buteo albonotatus</i>	Zone-tailed hawk
	Präriefalke	<i>Falco mexicanus</i>	Prairie falcon
	Rotschwanzbussard	<i>Buteo jamaicensis</i>	Red-tailed hawk
	Rundschwanzsperber	<i>Accipiter cooperi</i>	Cooper's hawk
	Schmutzgeier	<i>Neophron percnopterus</i>	Egyptian vulture
	Seeadler	<i>Haliaeetus albicilla</i>	White-tailed eagle
	Sperber	<i>Accipiter nisus</i>	Sparrowhawk
	Steinadler	<i>Aquila chrysaetos</i>	Golden eagle
	Wanderfalke	<i>Falco peregrinus</i>	Peregrine
	Weissbauch-Seeadler	<i>Haliaeetus leucogaster</i>	White-bellied sea-eagle
	Weisskopfseeadler	<i>Haliaeetus leucocephalus</i>	Bald eagle
	Wüstenbussard	<i>Parabuteo unicinctus</i>	Bay-winged hawk

¹ Familienname

Ordnung	Deutscher Artname	Wissenschaftlicher Artname	Englischer Artname
Galliformes Hühnervogel	Auerhuhn	<i>Tetrao urogallus</i>	Capercaillie
	Birkhuhn	<i>Tetrao tetrix</i>	Black grouse
	Rebhuhn	<i>Perdix perdix</i>	Grey Partridge
	Schneehuhn	<i>Lagopus mutus</i>	Ptarmigan
	Wildtruthuhn	<i>Meleagris gallopavo</i>	Wild turkey
Gruiformes Kranichvögel	Grosstrappe	<i>Otis tarda</i>	Great bustard
	Kanadakranich	<i>Grus canadensis</i>	Sandhill crane
Passeriformes Sperlingsvögel	Buchfink	<i>Fringilla coelebs</i>	Chaffinch
	Dohle	<i>Corvus monedula</i>	Jackdaw
	Feldlerche	<i>Alauda arvensis</i>	Sky larks
	Feldschwirl	<i>Locustella naevia</i>	Grashopper warbler
	Fitis	<i>Phylloscopus trochilus</i>	Willow warbler
	Kanarienvogel	<i>Serinus canarius</i>	Canary
	Kolkrabe	<i>Corvus corax</i>	Common raven
	Mehlschwalbe	<i>Delichon urbica</i>	House martin
	Nachtigall	<i>Luscinia megarhynchos</i>	Nightingale
	Rainammer	<i>Chondestes grammacus</i>	Lark sparrow
	Rotkardinal	<i>Cardinalis cardinalis</i>	Cardinal
	Schwarzschwanz Mückenfänger	<i>Poliophtila melanura</i>	California gnatcatcher
	Spornammer	<i>Calcarius lapponicus</i>	Lapland bunting
	Spottdrossel	<i>Mimus polyglottos</i>	Mockingbird
	Star	<i>Sturnus vulgaris</i>	Starling
Sumpfrohrsänger	<i>Acrocephalus palustris</i>	Marsh warbler	
Zilpzalp	<i>Phylloscopus collybita</i>	Chiffchaff	
Pelecaniformes Ruderfüsser	Basstölpel	<i>Sula bassana (Morus bassanus)</i>	Gannet
	Krähenscharbe	<i>Phalacrocorax aristotelis</i>	Shag
	Nashornpelikan	<i>Pelecanus erythrorhynchos</i>	White pelican
Piciformes Spechte	Grünspecht	<i>Picus viridis</i>	Green woodpecker
Procellariiformes Röhrennasen	Eissturmvogel	<i>Fulmarus glacialis</i>	Fulmar
Sphenisciformes Pinguine	Adélie-Pinguin	<i>Pygoscelis adeliae</i>	Adélie penguin
Strigiformes Eulen	Amerikanischer Uhu	<i>Bubo virginianus</i>	Great horned owl
	Fleckenkauz	<i>Strix occidentalis</i>	Spotted owl
	Schleiereule	<i>Tyto alba</i>	Barn owl

Anhang 2: Auswirkungen auf das Energie-Zeitbudget ausserhalb der Brutsaison

Anhang 2: Auswirkungen des Luftverkehrs auf Zeit-Energiebudget ausserhalb der Brutsaison

Abk. Habitat: FG: Feuchtgebiet; I: Insel; K: Küste; M: Meer; O: Offenes Gelände; S: See; UF: Umgebung Flugplatz; W: Wald; WM: Wattenmeer

Quelle	Ordnung Art	Flugzeugtypen	Habitat	quantifizierter Störreiz	Reaktion, Konsequenzen
Bélangier & Bédard 1990	Anseriformes <i>Chen caerulescens</i>	Kleinflugzeuge Helikopter	FG	Störreizhäufigkeit 1.46 /h davon 45% Flugzeug- Überflüge	Flugzeit und Retentionszeit nach Störreiz durch Flugzeug war länger als bei anderen Störreizen 5.3% erhöhter Energieverbrauch/h 1.6% verminderte Energieaufnahme/h
Blockpoel & Hatch 1976	Anseriformes <i>Anser caerulescens</i>	Kleinflugzeug	O	Überflug 30–60 m ü.B	Tausende rastender Schneegänse wurden aufgescheucht, 25–75 Individuen kollidierten mit Hochspannungsleitung
Burger 1981a, b	Charadriiformes <i>Larus argentatus</i>	Linienflugzeuge Überschall- Transporter	K, M	Flugbewegungen Flughafen	Keine Reaktion bei Linienflugzeugen; Auffliegen bei Überschall-Transportern
Burger 1986	Charadriiformes	nicht spezifiziert	K, M	alle Störreize, davon 12% Flugzeuge	Der Anteil Vögel aus einer Gruppe, welcher bei Störreiz auffliegt, nimmt mit zunehmender Häufigkeit der Störreize, geringerer Distanz und längerer Dauer zu.
Burger & Galli 1987	Charadriiformes <i>Larus sp.</i>	nicht spezifiziert	K, M	alle Störreize, davon 14% Flugzeuge	Je mehr Störungen, desto kleiner der Anteil auffliegender Möwen (Gewöhnungseffekt)
Campredon 1981	Anseriformes <i>Anas penelope</i>	nicht spezifiziert	FG	alle Störreize, davon 3.4% Flugzeuge	Störreiz durch Flugzeug führt zu Flug von 9,1 s Dauer bei 50% der anwesenden Enten
Conomy et al. 1998a	Anseriformes <i>Anas rubripes</i> <i>Anas americana</i> <i>Anas strepera</i> <i>Anas crecca</i>	Militärische Jets AV-8B Harrier	I, M	Überflüge auf 152 m Schallpegel ≥ 80 dB(A)	Während 1.4% des Zeitbudgets reagierten Enten auf Flugzeugüberflüge; Reaktionen dauerten 10–40 s; zusätzlicher Energie- verbrauch gering
Conomy et al. 1998b	Anseriformes <i>Anas rubripes</i> <i>Aix sponsa</i>	Militärische Jets Linienflugzeuge	Voliere	Überflüge: militärisch auf 150 m, Linienflugzeuge auf 1500 m Simulation mit Tonband	Gewöhnung bei Dunkelente: Abnahme der Reaktion auf Überflüge von 38% auf 6% innerhalb von 17 Tagen; ebenfalls Gewöhnung an simulierten Lärm; bei Brautente keine Gewöhnung an simulierten Lärm
Davis 1967	Passeriformes <i>Corvus corone</i>	Militärischer Jet	O	Überschallknall (Einzelbeobachtung)	Nach einem Überschallknall sammelten sich ca. 70 Krähen aus 2–3 Meilen Umkreis unter lautem Rufen und beruhigten sich nur allmählich.
Delaney et al. 1999	Strigiformes <i>Stix occidentalis</i>	militärische Helikopter Sikorsky, HH- 60G, Pave Hawk, u.a.	W	Durchschnittlich ein Überflug auf 15–60 m Grund pro Tag	Keine Reaktion bei < 92 dB(A); Kopfdrehen bei 403 ± 148 m; Auffliegen bei 45 ± 28 m; Retentionszeit 10–15 min
Derksen et al. 1982	Anseriformes <i>Branta bernicla</i> <i>Anser albifrons</i> <i>Branta canadensis</i>	Flächenflugzeug Helikopter	S	Einzelbeobachtung von Tiefflügen	Gänse schliessen sich zu engem Verband und verlagern sich aufs Wasser; definitive Abwanderung eines Schwarmes in Gebiet 3 km entfernt; eine Gans während Flucht von Helikopter von Polarfuchs geschlagen
Fleischner & Weisberg 1986 in Gladwin 1988b	Falconiformes <i>Haliaeetus leucocephalus</i>	Helikopter Düsenflugzeuge Propellerflugzeuge	UF	Flugbewegung bei Flugplatz	In 12% der Beobachtungen reagierten Weisskopfadler mit Kopfdrehen oder Aufflie- gen, am häufigsten auf Helikopter und kleine Düsenflugzeuge; es wurden keine weiterrei- chenden Auswirkungen vermutet.

Anhang 2: Auswirkungen des Luftverkehrs auf Zeit-Energiebudget ausserhalb der Brutsaison (Fortsetzung)

Abk. Habitat: FG: Feuchtgebiet; I: Insel; K: Küste; M: Meer; O: Offenes Gelände; S: See; UF: Umgebung Flugplatz; W: Wald; WM: Wattenmeer

Quelle	Ordnung Art	Flugzeugtypen	Habitat	quantifizierter Störreiz	Reaktion, Konsequenzen
Granacher 1985	Galliformes <i>Meleagris sp.</i>	Düsenflugzeug F4f Helikopter BO 105 Alouette II	Stall	Tiefflüge, nur akustischer Reiz	Futtermassenzunahme, -verwertung und die Lebendmassenzunahme wurden durch die Überflüge nicht beeinflusst. Es wurde ein Gewöhnungseffekt beobachtet.
Gunn & Livingstone 1974 in Gladwin et al. 1988b	Anseriformes <i>Melanitta perspicillata</i> <i>Clangula hyemalis</i> <i>Chen carulescens</i>	Helikopter	O (UF)	Überflug 100–750 ft AGL	Mauserende Enten wurden auf Wasser getrieben; Brillenente reagierte empfindlicher als Eisente; Schneegans-Schwärme wurden durch Überflüge zerstückelt; Schneegänse flohen früher, je tiefer der Überflug.
Harms et al. 1997	Anseriformes <i>Anas rubripes</i>	Militärischer Jet FB-111	Voliere	mit Tonband simulierte Überflüge auf 70 m (48/d)	Sehr schnelle Gewöhnung (kein visueller Reiz)
Hilgerloh 1990	Passeriformes	Militärische Luftfahrzeuge	K, M	Aussergewöhnliches militärisches Manöver	Desorientierung von Zugvögeln
Holm 1997	Anseriformes <i>Branta bernicla</i>	Helikopter Super Puma MK1 Bell 212	K, O (WM)	Überflüge auf 300–650 m AGL, fixe und variable Route	Bei 21% der Überflüge flogen 62% der Gänse auf. Je tiefer der Überflug, um so eher fliegen Gänse auf. Über 500 m spielt die Flugroute keine Rolle.
Hüppop & Hagen 1990	Charadriiformes <i>Haematopus ostralegus</i>	Flugzeugüberflüge	K, O (WM)	alle Störreize	Alle Arten von menschlichen Störreizen führen zu Erhöhung der Herzschlagraten, Flugzeuge selbst noch bei 2 km Entfernung → Steigerung des Energie-Grundumsatzes.
Miller 1994 Miller et al. 1994	Anseriformes <i>Branta bernicla</i>	Helikopter Bell 206 Bell 412	S	Überflüge auf verschiedenen Routen und Höhen	Mauserende Gänse weichen auf Wasserflächen aus: reduzierte Nahrungsaufnahme und erhöhte Energieausgabe führen zu einer negativen Energiebilanz
Mosbech & Boertmann 1999	Anseriformes <i>Somateria spectabilis</i>	Kleinflugzeug Partenavia P68	M	Überflüge 250 bis 1800 m ü.B.	Mauserende Eiderenten tauchten bei einer Überflughöhe von 250 m ab, sobald das Flugzeug näher als 1000 m kam, bei einer Flughöhe von 400 m zeigten die Enten höchstens Unruhe und Ausweichbewegungen.
Mosbech & Glahder 1991	Anseriformes <i>Anser brachyrhynchus</i> <i>Branta leucopsis</i>	Helikopter Bell 212 Bell 206	O	Überflüge < 120 m	Akustischer Störreiz genügte meist um Gänse in die Flucht zu schlagen (Bell 206 5 km; Bell 212 10 km) Durch Störreize bedingt verbringen mausernde Gänse mehr Zeit auf dem Wasser und weniger beim Gras.
Müller 1996	Galliiformes <i>Perdix perdix</i>	Motorsegler (Motor abgestellt)	W	Überflug 300 m ü.B. (Einzelbeobachtung)	Sofortiges Aufsuchen von Deckung bei Auftauchen des Flugobjektes, Abbruch des Fressverhaltens
Niemann & Sossinka 1991, 1992	Anseriformes Charadriiformes	Helikopter	FG	Horizontale und vertikale Distanz, Schallpegel, Helikoptertyp Jahreszeitlicher Einfluss	graduell zunehmende Reaktion von Wasservögeln mit abnehmender Horizontal- und Vertikaldistanz, zunehmender Lautstärke. Stärkste Reaktion während Mauser
Owens 1977	Anseriformes <i>Branta bernicla</i>	Kleine Propellerflugzeuge Helikopter	K, O	Störreizfrequenz	0.74 Störreize/h, davon 39% durch Flugzeuge; Auffliegen bei Tiefflügen unter 500 m und/oder näher als 1.5 km; Helikopter löst Panik aus; Zeit für Nahrungsaufnahme vermindert, Energieverbrauch erhöht
Putzer 1989	Ciconiiformes Charadriiformes Anseriformes Pelecaniformes	Modellflugzeuge	O, FG	Fluchtdistanzen	Flucht bei Annäherung auf 200 bis 700 m; keine Gewöhnung; Vögel mit Parkvogelverhalten (Höckerschwäne, Blässralen, u.ä.) scheinen sich an Modellflugzeuge zu gewöhnen

Anhang 2: Auswirkungen des Luftverkehrs auf Zeit-Energiebudget ausserhalb der Brutsaison (Fortsetzung)

Abk. Habitat: FG: Feuchtgebiet; I: Insel; K: Küste; M: Meer; O: Offenes Gelände; S: See; UF: Umgebung Flugplatz; W: Wald; WM: Wattenmeer

Quelle	Ordnung Art	Flugzeugtypen	Habitat	quantifizierter Störreiz	Reaktion, Konsequenzen
van Raden & Küsters 1990	Charadriiformes Anseriformes	Helikopter Bell UH-1D BO-105 / PAH Jet Tornado, Phantom, Alpha-Jet Propellerflugzeug OV-10B Bronco	K, O (WM)	Stör-Reaktion, horizontale, vertikale Distanzen zu Luftfahrzeug	Bei Hubschrauberflüge mit einer horizontalen und vertikalen Distanz von 300m (1000ft) ist mit keiner ökologischen noch individuellen Beeinträchtigung zu rechnen; Propellerflug- zeuge bewirkten eine starke Störreaktion bis zu einem Abstand von über 2000m, wobei Gewöhnung auftreten kann; Jets erzeugen über 3000 ft nur eine geringe Aufzugesreaktion
Riddington et al. 1996	Anseriformes <i>Branta bernicla</i>	nicht spezifiziert	O	Störreizfrequenz	0,91 Störreize/h, davon 19,4% durch Flug- zeuge verursacht; Flugzeuge lösen längste Flugdauer aus, wobei gleichzeitig grösserer Anteil aus einem Schwarm aufzieht
Schilperoord & Schilperoord-Huisman 1984	Anseriformes Anser brachyrhynchus	Flächenflugzeuge Helikopter	O	Störreize	Helikopter und Flächenflugzeuge stellen 3,3% aller Störreize dar, lösen Flüge von 2–3 Min aus.
Smit & Visser 1993	Charadriiformes	Helikopter Jets	K, O (WM)	Horizontale und vertikale Distanzen von Überflügen	Helikopter lösen früher und stärkere Reaktion aus als Jets; kleine und langsame Flächen- flugzeuge lösen stärkste Reaktionen aus
Sossinka & Niemann 1994	Anseriformes <i>Anas platyrhynchos</i> <i>Aythya fuligula</i> <i>Aythya ferina</i> <i>Cygnus cygnus</i> <i>Cygnus olor</i>	Helikopter: CH53 Bell Alouette Bo105	FG	Überflüge: direkt (seitliche Distanz <150 m) und indirekt (seitliche Distanz >150 m) Höhen 30–300 m	Stör-Reaktion stärker bei direkten als bei indirekten Überflügen, abhängig von Vogelart, stärker während Mauser, geringer mit zunehmender Höhe
Stalmaster & Kaiser 1997	Falconiformes <i>Haliaeetus</i> <i>leucocephalus</i>	Helikopter	W, O, S, FG	Überflüge auf 60–120 m ü.B.	Die Mehrheit der Individuen unterbrach das Fressen; 50% flog auf, subadulte etwas häufiger als adulte (Gewöhnung?)
Stock 1990, 1992a, 1992b	Anseriformes <i>Branta bernicla</i>	Helikopter Jets Kleinflugzeuge	K, O (WM)	Überflüge	Stör-Reaktion ist abhängig von Flugzeugtyp: Helikopter und Kleinflugzeuge lösen bei über 80% der Schwärme eine Flugzeit von 80 s und eine Retentionszeit von weiteren 40 s aus
Stock 1993	Anseriformes <i>Branta bernicla</i>	Helikopter Jets Kleinflugzeuge	K, O (WM)	Überflüge	Bei 45–70% der Überflüge zeigten Ringelgän- se sichtbare Reaktion auf Störreiz; 80–90% der Individuen flogen auf, Flug 70–90 s und 20–40 s Retentionszeit
Stock & Hofeditz 1994	Anseriformes <i>Branta bernicla</i>	Sportflugzeuge	K, O (WM)	Störreize	37–48% aller Reaktionen wurden durch Flugbetrieb verursacht; durch Störreize bis zu 46% mehr Flugzeit, 30% erhöhte Fresszeit, 66% weniger Rasten, 23% weniger Putzen.
Stock et al. 1995	Anseriformes <i>Branta bernicla</i>	Helikopter militärischer und Freizeit- flugverkehr	K, O (WM)	Überflüge	Flugzeit und Retentionszeit nach Störreiz bei Helikoptern (116 s) länger als bei anderen Störreizen (85 s). Die entgangene Nahrungs- aufnahme wurde mit zeitlicher Verzögerung kompensiert. Dabei wird möglicherweise die Tragekapazität des Gebietes reduziert.
Ward et al. 1994, 1999	Anseriformes <i>Branta bernicla</i> <i>Branta canadensis</i>	Flächenflugzeuge: Arctic Tern, Piper 150, Cessna 206, Cessna 185, Piper Navajo, Grumman Gose, Twin Otter Helikopter: Bell 206-B, Hughes 500-D, Bell 205, Sikorsky HH-3F	O, S	Überflüge auf verschiede- nen Höhen (152–610 m) und mit unterschiedlicher Distanz	Auffliegen der Gänse hängt primär von seitlicher Distanz ab Die kritische Höhe hängt vom Flugzeugtyp und von der Lärmemission ab. Helikopter veranlassen Gänse früher aufzuzugeln als Flächenflugzeuge

Anhang 3: Auswirkungen auf Verbreitung und Raumnutzung ausserhalb der Brutsaison

Anhang 3: Auswirkungen des Luftverkehrs auf Verbreitung und Raumnutzung ausserhalb der Brutsaison

Abk. Habitat: F: Felsen, FG: Feuchtgebiet; I: Insel; K: Küste; M: Meer; O: Offenes Gelände; S: See; UF: Umgebung Flugplatz; W: Wald; WM: Wattenmeer

Quelle	Ordnung Art	Flugzeugtypen	Habitat	quantifizierter Störreiz	Reaktion, Konsequenzen
Andersen et al. 1990	Falconiformes <i>Buteo jamaicensis</i> <i>Buteo swainsoni</i> <i>Buteo regalis</i> <i>Aquila chrysaetos</i>	Helikopter und Jets	F O	Aufenthaltsorte von Greifvögeln an Tagen mit und ohne militärische Trainingsflügen (Telemetrie)	Greifvögel verschieben den Schwerpunkt ihres genutzten Gebietes ausserhalb ihres früheren Aufenthaltsortes und vergrössern das genutzte Gebiet (nur wenige Vögel verlassen das Gebiet vollständig) führt zu ungünstigerem Energie/Zeit-Budget
Bauer et al. 1992	Anseriformes	Flugzeuge Helikopter	S	Störreizhäufigkeit durch Flugzeugüberflüge 3%	Bei 55% der Überflügen flogen die überwinterten Enten auf und kehrten an den gleichen Ort zurück, in 45% kam es zu einer Verlagerung in andere Gebiete
Bélangier & Bédard 1989	Anseriformes <i>Chen caerulescens</i>	Kleinflugzeuge Helikopter	FG	Störreizhäufigkeit 1,2/h davon 45% Flugzeugüberflüge	Bei einer Störungsfrequenz $\geq 2/h$ waren am folgenden Tag weniger Gänse auf dem Rastplatz
Bruns et al. 1994	Anseriformes <i>Branta leucopsis</i> <i>Anas penelope</i>	nicht spezifiziert	O	Störreizhäufigkeit bei Nonnengänse 0,9 bei Pfeifenten 1,5 Störreize/h, 26%, bzw. 7% durch Flugzeuge verursacht	Wasservogel verlagern sich von Naturschutzgebiet auf bebaute Felder
Gerdes & Reepmeyer 1983	Anseriformes <i>Anser fabalis</i> <i>Anser albifrons</i>	Sportflugzeuge Hubschrauber	O S	Langsame Überflüge	Gänse reagieren mit Flucht; schon das ferne Motorengeräusch lässt die Gänse sichern und auffliegen.
Gill et al. 1996	Anseriformes <i>Anser brachyrhynchus</i>	Jets Flächenflugzeuge	O	Störreizhäufigkeit 0,4/h; 13,6% durch Jets und 9,1% durch langsame Flugzeuge verursacht	Gänse verlagerten sich auf Gebiete mit weniger Störreizen
Kempf & Hüppop 1995	Charadriiformes <i>Limosa</i> <i>Vanellus vanellus</i>	Flächenflugzeuge Helikopter	O (UF)	Störreiz- und Reaktionshäufigkeit in Gelände nahe Flugplatz	Die Raumnutzung brütender und rastender Vögel hängt stärker von der Habitatqualität als von der Störreizhäufigkeit überfliegender Flugzeuge ab.
Koolhaas et al. 1993	Charadriiformes <i>Calidris canutus</i>	Militärische Jets Kleinflugzeuge	O, K (WM)	Tiefflüge ≤ 50 m AGL	An Tagen mit Flugbetrieb weniger Knute anwesend; Knute sind nach Überflüge unruhiger und zeigen eine grössere Fluchtdistanz; Tragekapazität des Rastgebietes vermindert
Küsters & van Raden 1986, 1987	Anseriformes Charadriiformes	Jet	O, K (WM)	Tiefflüge	Vögel räumen Schneise der direkten Überflüge, bei Schalldruck über 100 dB (A); fliegen bei erstem Überflug noch auf, Reaktionsstärke nimmt schnell ab (Gewöhnung);
Leito & Renno 1983	Anseriformes <i>Branta leucopsis</i>	Helikopter Kleinflugzeuge	M	Tiefflüge	Häufigste Störungsursache, Fluchtdistanz zwischen 0,5 und 3 km
Lugert 1988	Anseriformes	Jets Helikopter	FG	Tiefflüge (unter 300m) von militärischen Luftfahrzeugen, Wenden	Entenvogel weichen in andere Gebiete aus, d.h. das untersuchte Naturschutzgebiet erfüllt trotz seiner Grösse seine Funktion nicht.

Anhang 3: Auswirkungen des Luftverkehrs auf Verbreitung und Raumnutzung ausserhalb der Brutsaison

Abk. Habitat: F: Felsen, FG: Feuchtgebiet; I: Insel; K: Küste; M: Meer; O: Offenes Gelände; S: See; UF: Umgebung Flugplatz; W: Wald; WM: Wattenmeer

Quelle	Ordnung Art	Flugzeugtypen	Habitat	quantifizierter Störreiz	Reaktion, Konsequenzen
Mosbech & Glahder 1991	Anseriformes <i>Branta leucopsis</i> <i>Anser</i> <i>brachyrhynchus</i>	Helikopter Bell 206 Bell 212	O, K	Helikopterüberflüge	Kurzschnebelgänse verbringen mehr Zeit auf dem Wasser und weniger beim Grasens je mehr sie gestört werden. Mauserplätze werden nicht besetzt
Norris & Wilson 1988	Anseriformes <i>Anser albifrons</i>	nicht spezifiziert	O, FG	Störreizfrequenz	0,5 Störreize pro Stunde; davon ca. 15% durch Flugzeuge; je mehr Störungen, desto kleiner die Schwarmgrösse; (Hauptproblem sind Störungen durch Landwirtschaft)
Owen 1973	Anseriformes <i>Branta leucopsis</i>	Helikopter Kleinflugzeuge	O	Tiefflüge	Häufigeres Aufmerken, verminderte Nahrungsaufnahme, veränderte Raumnutzung
Stock 1992a,b	Anseriformes <i>Branta bernicla</i>	Helikopter Jets Kleinflugzeuge	O, K (WM)	Kleinflugzeuge, Jets, Helikopter 2.19 Störreize/h davon 26% durch Flugzeuge verursacht	Verschiebung der Gänse in ungestörtere Gebiete, gute Nahrungsgründe werden nicht mehr genutzt.
Stock 1993	Anseriformes <i>Branta bernicla</i>	Helikopter Jets Kleinflugzeuge	O, K (WM)	Kleinflugzeuge, Jets, Helikopter	Verschiebung im Verlaufe des Tages in ungestörtere Gebiete
Werner & Schuster 1985	Columbiformes Falconiformes Passeriformes Piciformes	Motor- und Segel- Kunstflüge, Ver- bandsflüge, Hubschrauber- Kunstflüge	FG	Sportflugveranstaltung mit extremen Tiefflügen, intensiver Lärm, Helikop- terflügen,	Fluchtbewegungen von Kleinvögel aus ihrem Lebensraum
Zeittler 1995	Galliiformes <i>Lagopus mutus</i> <i>Tetrao tetrix</i> <i>Tetrao urogallus</i>	Gleitschirm Hängegleiter	W	Flugintensität	Keine Veränderung der Anzahl Individuen

Anhang 4: Auswirkungen auf Fortpflanzungsverhalten und -erfolg

Anhang 4: Auswirkung von Flugaktivität auf Fortpflanzungsverhalten und Fortpflanzungserfolg

Abk. Habitat: F: Felsen, FG: Feuchtgebiet; I: Insel; K: Küste; M: Meer; O: Offenes Gelände; S: See; UF: Umgebung Flugplatz; W: Wald; WM: Wattenmeer

Quelle	Ordnung Art	Flugzeugtypen	Habitat	quantifizierter Störreiz	Reaktion, Konsequenzen
Altman & Gano 1984	Charadriiformes <i>Sterna antillarum</i>	Harrier (Senkrechtstarter)	O (UF)	täglich 1–2 Starts und Landungen	Nester 28–50 neben Piste; kein Verlassen der Nester durch Flugmanöver Neuansiedlung, eine erfolgreiche Brut
Andersen et al. 1989	Falconiformes <i>Buteo jamaicensis</i>	Helikopter Army UH-1	O, W	Überflüge auf 30–45 m Höhe über Nest	Auffliegen; Gewöhnung <i>Bruterfolg nicht beeinträchtigt</i>
Anthony et al. 1995	Anseriformes <i>Branta bernicla</i>	Kleinflugzeug	O	Überflüge auf 140–155 m ü.B.	Reaktionen vernachlässigbar; Nester wurden nicht verlassen-
Anonymous 1969 Austin et al. 1970	Charadriiformes <i>Sterna fuscata</i>	Militärische Überflüge	K, M	Überschallknall (Einzelbeobachtung)	Panikartiges Auffliegen; Verlassen der Nester <i>Eier kühlten aus, 99% Brutausfall</i>
Awbrey & Hunsaker 1997	Passeriformes <i>Poliophtila melanura</i>	Militärische Überflüge		Schalldruck	Kein nachweisbarer Zusammenhang zwischen Nestbau und Gelegegröße <i>Erfolgreiche Bruten auch bei täglich mehrstündigem Schalldruck > 80 dB</i>
Barry & Spencer 1976	Anseriformes <i>Chen caerulescens</i>	Helikopter	O, S	Tiefflüge (Einzelbeobachtungen)	Brütende Vögel kehrten erst nach 45 min auf das Nest zurück; Auseinandersetzungen mit Artgenossen als bei Flucht Territoriumsgrenzen überschritten wurden <i>Erhöhte Prädation auf verlassene Nester; Brutverlust</i>
Boschert & Rupp 1993	Charadriiformes <i>Numenius arquata</i>	Modellflugzeuge militärische Helikopter	O	Anteil Modellflugbetrieb an Störreizen (Einzelbeobachtungen)	Ausweichen in Randgebiete, zeitweiliges Verlassen der Nester <i>Bruterfolg vermindert durch erhöhte Prädation während Störereignis</i>
Bourne 1991	Pelecaniformes <i>Sula bassana</i>	Militärjets	K, M	Tiefflüge	Nester werden verlassen <i>massiver Brutausfall</i>
Brown 1990	Charadriiformes <i>Sterna bergii</i>	Simulierter Fluglärm	I, M	Schallpegel 65–95 dB(A)	Orientierungsverhalten, Beunruhigung bei >85 dB(A) <i>Nest erst bei zusätzlich optischem Reiz verlassen, Fortpflanzungserfolg nicht quantifiziert</i>
Bunnell et al. 1981	Pelecaniformes <i>Pelecanus erythrorhynchos</i>	Flächenflugzeug	I, S	Tiefflüge; Vergleich Zeitpunkt vor und nach Schlüpfen	Aufgeschreckte Altvögel zerstören Eier mit den Füßen (zertreten oder aus dem Nest geworfen) <i>88% Brutverlust bei Überflug vor Schlüpfen, spätere Überflüge keine Einfluss</i>
Carney & Sydeman 1999	Sphenisciformes	Helikopter	I, M	Übersichtsarbeit Annäherung auf < 1500 m	Höhere Herzschlagfrequenz, Panik, Nester wurden zu bis zu 30% verlassen <i>massiver Brutausfall</i>
Carrier & Melquist 1976	Falconiformes <i>Pandion haliaetus</i>	Helikopter Bell 47G-3B-1	K, S	Überflüge für Populationsüberwachung	Adulte verliessen Horst nur vorübergehend wenn Helikopter näher als 50 km kam <i>kein Einfluss auf Fortpflanzungserfolg</i>

Anhang 4: Auswirkung von Flugaktivität auf Fortpflanzungsverhalten und Fortpflanzungserfolg

Abk. Habitat: F: Felsen, FG: Feuchtgebiet; I: Insel; K: Küste; M: Meer; O: Offenes Gelände; S: See; UF: Umgebung Flugplatz; W: Wald; WM: Wattenmeer

Quelle	Ordnung Art	Flugzeugtypen	Habitat	quantifizierter Störreiz	Reaktion, Konsequenzen
Craig & Craig 1984	Falconiformes <i>Buteo jamaicensis</i> <i>Aquila chrysaetos</i> <i>Falco mexicanus</i>	Helikopter Hiller 12E	F	Überflüge für Populationsüberwachung	Artspezifische Reaktionen: Steinadler blieben reglos sitzen; Prärie Falken flogen unter Rufen auf; Rotschwanzbussarde flogen auf, reagierten aggressiv oder blieben reglos <i>Fortpflanzungserfolg nicht evaluiert</i>
Delaney et al. 1999	Strigiformes <i>Strix occidentalis</i>	militärische Helikopter Sikorsky, HH-60G Pave Hawk, u.a.	W	Ein Überflug pro Tag; Messung Distanz und Lärmintensität	bei Distanzen >105 m keine Reaktion; brütende Weibchen reagieren am seltensten mit Flucht; Auffliegen nimmt mit Alter der Nestlinge zu <i>keine Auswirkung auf Fütterungsrate, keine Auswirkung auf Reproduktionserfolg</i>
Dunnet 1977	Chardriiformes <i>Larus argentatus</i> <i>Rissa tridactyla</i> <i>Uria aalge</i> <i>Alca torda</i> Procellariiformes <i>Fulmarus glacialis</i> Pelecaniformes <i>Phalacrocorax aristotelis</i>	Kleinflugzeug Piper Aztec Helikopter Sikorsky S61	I, M	Überflüge 100 m über Klippe (150 m über Meereshöhe)	keine Reaktion <i>kein Einfluss auf Fortpflanzungserfolg beobachtet</i>
Ellis 1981 in Gladwin et al. 1988b	Falconiformes <i>Falco peregrinus</i>	Militärische Jets	UF	Tiefflüge Überschallknalle	Kaum Reaktionen beobachtet <i>Bruterfolg und Nestwiederbesetzungsrate waren in allen beobachteten Horsten hoch</i>
Ellis et al. 1991	Falconiformes <i>Accipiter cooperi</i> <i>Buteogallus anthracinus</i> <i>Parabuteo unicinctus</i> <i>Buteo albonotatus</i> <i>Aquila chrysaetos</i> <i>Falco peregrinus</i> <i>Falco mexicanus</i>	militärische Jets A-4 (Skyhawk) A-7 (Corsair II) A-10 (Thunderbold II) F-4 (Phantom) F-104 (Starfighter)	UF	Überflüge unter 500 m Überschallknalle	Distanz > 500 m keine Reaktion, wenn näher in 10% der Fälle Ducken oder Auffliegen der Adulten; in 15% der Fälle Ducken der Nestlinge; keine dramatischen Reaktionen <i>Reproduktionsrate normal; zu 95% Wiederbesetzung der Horste ein Jahr nach Experimenten.</i>
Fraser et al. 1985	Falconiformes <i>Haliaeetus leucocephalus</i>	Kleinflugzeug	W	Überflüge in 20–200 m Distanz von Nest oder ruhenden Ind.	meistens keine Reaktion, selten Kopfdrehen <i>keine negative Auswirkung auf Fortpflanzungserfolg beobachtet</i>
Griesser & Hegelbach 1999	Passeriformes <i>Alauda arvensis</i>	Linienflugzeuge	O, FG (UF)	Regulärer Flugbetrieb Flughafen Zürich-Kloten	Feldlerchen verhalten sich gegenüber dem Flugbetrieb indifferent <i>Bruterfolg nicht von Flugbetrieb beeinträchtigt</i>
Grubb & Bowerman 1997	Falconiformes <i>Haliaeetus leucocephalus</i>	militärische Kampf-Jets Kleinflugzeuge Helikopter	O, F	Art des Flugobjektes Überflüge, Distanz	bei 800 m Distanz keine Reaktion, bei 400 m Wachsamkeit, bei 200 m Auffliegen (Mediane); Helikopter grösster Störreiz; sichtbare Reaktionsstärke nimmt im Verlaufe der Brutsaison zu <i>Fortpflanzungserfolg nicht erfasst</i>
Grubb & King 1991	Falconiformes <i>Haliaeetus leucocephalus</i>	Jets Kleinflugzeuge Helikopter	O, F	Verursacher und Dauer der Störreize, Reaktionsart	68% der Störreize durch Flugzeuge verursacht; lösten in 67% der Fälle keine Reaktion aus (1000m Distanz, Median), in 29% Aufmerken (630m), in 3% Auffliegen (300m) und 1% Flucht (220m). <i>Fortpflanzungserfolg nicht erfasst</i>

Anhang 4: Auswirkung von Flugaktivität auf Fortpflanzungsverhalten und Fortpflanzungserfolg

Abk. Habitat: F: Felsen, FG: Feuchtgebiet; I: Insel; K: Küste; M: Meer; O: Offenes Gelände; S: See; UF: Umgebung Flugplatz; W: Wald; WM: Wattenmeer

Quelle	Ordnung Art	Flugzeugtypen	Habitat	quantifizierter Störreiz	Reaktion, Konsequenzen
Grubb et al. 1992	Falconiformes <i>Haliaeetus leucocephalus</i>	Jets Kleinflugzeuge Helikopter	O, W S	Anzahl Überflüge, Distanz, Dauer,	Luftfahrzeuge lösen zu 68% eine Reaktion aus, wenn näher als 550 m und länger als 2.5 min <i>Fortpflanzungserfolg nicht erfasst</i>
Gunn & Livingstone 1974 in Gladwin et al. 1988b	Passeriformes <i>Calcarius lapponicus</i>	Helikopter	O UF	Tiefflüge	<i>Fortpflanzungserfolg von Spornammern in Gebiet mit Tiefflugen gegenüber Kontrollfläche reduziert</i>
Hegelbach 1999	Passeriformes <i>Luscinia megarhynchos</i> <i>Acrocephalus palustris</i> <i>Phylloscopus trochilus</i> <i>Ph. collybita</i>	Linienflugzeuge	O, FG (UF)	Regulärer Linienverkehr Flughafen Zürich-Kloten	Überdurchschnittliche Bestandesdichten <i>Kein negativer Einfluss des Flugbetriebes</i>
Heinemann 1969 in Gladwin et al. 1988b	Galliformes <i>Gallus gallus</i>	Überschall-Flugzeuge	K	Flugzeuglärm Überschallknalle	Die Lärmeinwirkung hatte keinen Einfluss auf die Schlüpfrate von Hühnereiern im Vergleich zu einer Kontrollgruppe; Wachstum, Legebeginn und Legeleistung der experimentellen war ähnlich wie bei Kontrollgruppe
Henson & Grant 1991	Anseriformes <i>Cygnus buccinator</i>	Kleinflugzeuge Helikopter Linienflugzeuge	S	Flugbewegungen unter 615 m	bei 2 von 21 Überflügen keine Reaktion brütender Paare, bei 19 Aufmerken <i>kurzes Aufmerken, kein Verlassen des Nestes, keine negativen Auswirkungen auf Bruterfolg</i>
Kahlert 1994	Anseriformes <i>Mergus serrator</i>	militärische Helikopter und Jets	K, M	Potenzielle Störreize	Störreize durch Flugverkehr < 4%, löste in 25% der Fälle Reaktion aus; kurze Retentionszeit <i>Keine Auswirkung auf Fortpflanzungserfolg festgestellt</i>
Kushlan 1979	Ciconiiformes <i>Casmerodius albus</i> <i>Egretta thula</i> <i>Hydranassa tricolor</i>	Kleinflugzeug «Lake» Helikopter Bell 47G-2	K, M	Überflüge auf 120 und 60 m AGL	90% der Vögel reagierten nicht oder nur mit Aufschauen, Nest wurde höchstens für kurze Zeit verlassen <i>Keine Auswirkung auf Fortpflanzungserfolg</i>
Lynch & Speake 1978	Galliformes <i>Meleagris gallopavo</i>	Militärische Jets	O, W	Überschallknalle und Simulationen	Überschallknall löst 20 s Sichern der brütenden Henne; Unterbruch beim Fressen und Sichern während ca. 20 s bei führender Henne <i>Keine Auswirkung auf Fortpflanzungserfolg</i>
Nieman & Sossinka 1991, 1992	Charadriiformes <i>Haematopus ostralegus</i> <i>Vanellus vanellus</i> Laridae	Helikopter	FG	Überflüge Höhe ca. 120 m ü.B.	keine sichtbare Reaktion <i>Fortpflanzungserfolg nicht erfasst</i>
Norman & Saunders 1969	Charadriiformes <i>Sterna albifrons</i>	Kleinflugzeuge Helikopter	K, M	Art der Störreize	~ 5% der Störreize durch Luftfahrzeuge verursacht, Helikopter scheuchen brütende Vögel von ihren Nestern auf, Reaktion bei Flächenflugzeugen gering <i>Gesamthafter Populationsrückgang durch anthropogene Störungen</i>
Platt 1977 in Andersen et al. 1989	Falconiformes <i>Falco rusticolus</i>	Helikopter		Überflüge im Frühling	geringere Nestbesetzung im darauffolgenden Jahr

Anhang 4: Auswirkung von Flugaktivität auf Fortpflanzungsverhalten und Fortpflanzungserfolg

Abk. Habitat: F: Felsen, FG: Feuchtgebiet; I: Insel; K: Küste; M: Meer; O: Offenes Gelände; S: See; UF: Umgebung Flugplatz; W: Wald; WM: Wattenmeer

Quelle	Ordnung Art	Flugzeugtypen	Habitat	quantifizierter Störreiz	Reaktion, Konsequenzen
Putzer 1989	Charadriiformes <i>Charadrius dubius</i> <i>Vanellus vanellus</i>	Modellflugzeuge	O, FG	Fluchtdistanzen gegenüber Modellflugzeugen	Auffliegen (ca. 200 m Distanz), verlassen des Nestes während der Dauer des Störreizes; keine Gewöhnung <i>Auskühlen der Eier, Gelegeverlust durch andere Störreize, Fortpflanzungserfolg nicht erfasst</i>
Quaisser & Hüppop 1995	Gruiformes <i>Otis tarda</i>	Sport-Propellerflugzeuge Düsenflugzeuge	O	Überflüge (hoch)	kurzfristige und schwache Erhöhung der Herzschlagrate (Gewöhnung) <i>Keine Auswirkung auf Fortpflanzungserfolg</i>
Riederer 1976	Falconiformes Strigiformes Charadriiformes Passeriformes	Modellflugzeuge	O	Folgen der Errichtung eines Modellflugplatzes	Flucht bei Überflug von Modellflugzeugen; Störreizhäufigkeit durch gesamten Betrieb stark erhöht <i>Anspruchsvollere Brutvogelarten sind verschwunden</i>
Seriot & Blanchon 1996	Falconiformes <i>Aquila chrysaetos</i> <i>Gyps fulvus</i> <i>Neophron percnopterus</i> <i>Falco peregrinus</i> Galliiformes <i>Tetrao urogallus</i>	Helikopter Gleitschirme Hängegleiter Segelflugzeuge Kleinflugzeuge	F, W	Alle Überflüge über Naturschutzgebiete	Vögel fliegen auf, Schreckreaktionen, verlassen Brutplatz, Jagdgründe werden verlassen <i>Reduzierter Fortpflanzungserfolg durch erhöhte Jungensterblichkeit und Verlassen der Brut; keine Brutversuche mehr</i>
Stokes 1996	Falconiformes <i>Haliaeetus leucogaster</i> Columbiformes Passeriformes	Helikopter	I, M	Überflüge 100m über Nest	Adler verlässt Nest solange Störung anhält; keine offensichtlich nachteilige Reaktion bei Kleinvögeln <i>Bei Adler vollständiger Brutausschlag; bei Kleinvögeln kein Beeinträchtigung des Bruterfolges vermutet</i>
Teer & Truett 1973 in Gladwin et al. 1988b	Passeriformes <i>Mimus polyglottos</i> <i>Cardinalis cardinalis</i> <i>Chondestis grammacus</i> Columbiformes <i>Zenaidura macrura</i>	Militärische Jets		2 –3 Überflüge mit Überschallknall pro Woche	Kein Unterschied in Fortpflanzungserfolg zwischen experimentellem Gebiet und Kontrollfläche <i>Keine Auswirkung auf Fortpflanzungserfolg</i>
Trimper et al. 1998	Falconiformes <i>Pandion haliaetus</i>	CF-18 Hornets	W	Flüge auf 30m ü.B. in 1.4 km, 2.3 km und 4.6 km Distanz	aufmerken, beobachten in Richtung Lärmquelle, nie auffliegen; Gewöhnung <i>gleiche Reproduktionsrate wie Kontrollgruppe</i>
Watson 1993	Falconiformes <i>Haliaeetus leucocephalus</i>	Helikopter: Hiller/Soloy UH 12E Bell 206 BIII Flächenflugzeug	O, S, I	Überflüge auf Distanzen zwischen 3050 bis 50 m	Geringere Reaktion auf Flächenflugzeug (7% der Adler) als auf Helikopter (53%) bei einer Distanz von ca. 500m; geringere Fluchtdistanz der Adulten bei Nestbesitz (Nestverteidigung?) <i>keine Auswirkung auf Fortpflanzungserfolg</i>

Anhang 4: Auswirkung von Flugaktivität auf Fortpflanzungsverhalten und Fortpflanzungserfolg

Abk. Habitat: F: Felsen, FG: Feuchtgebiet; I: Insel; K: Küste; M: Meer; O: Offenes Gelände; S: See; UF: Umgebung Flugplatz; W: Wald; WM: Wattenmeer

Quelle	Ordnung Art	Flugzeugtypen	Habitat	quantifizierter Störreiz	Reaktion, Konsequenzen
White & Sherrod 1973	Falconiformes <i>Haliaeetus leucocephalus</i> <i>Aquila chrysaetos</i> <i>Falco rusticolus</i> <i>Buteo lagopus</i>	Helikopter u.a. Hiller FH 1100	F, O	Überflüge für Populationsüberwachung in felsigem Gelände	meist keine Reaktion bei für Vögel sichtbarem Anflug; Panik bei plötzlichem Auftauchen über Felsen; <i>keine Auswirkung auf Fortpflanzungserfolg</i>
Wilson et al. 1991	Sphenisciformes <i>Pygoscelis adeliidae</i>	Helikopter: MBBO-BO 105 DHC-6 Twin Otter Super Puma AS 332 Lockheed C130	I, M	Versorgungsflüge und Personentransport in der Antarktis	Verhaltensänderung bei 0.6–1.1 km Distanz der Helikopter; Pinguine verlassen ihre Nester mit zunehmendem Alter der Jungvögel; <i>Erhöhte Prädationsrate durch Skuas bei verlassenen Nestern</i>
Zeitler 1995	Falconiformes <i>Aquila chrysaetos</i>	Gleitschirme Hängegleiter	W	Flugintensität	Verlassen des Horstes oder des Horstbereiches, Droh- und Angriffsflüge <i>Kein negativer Einfluss nachgewiesen</i>
Zonfrillo 1992	Charadriiformes <i>Alle alle</i> <i>Alca torda</i> <i>Uria aalge</i>	F111 Düsenjäger Hercules Transporter Kleinflugzeug	I, M	Überflug 200 ft über Brutfelsen	Panikartiges Aufschrecken der Altvögel und Nestlinge <i>totaler Brutausfall durch zu Tode gestürzter Nestlinge, zerstörte Eier und durch Prädation</i>

Verzeichnisse

1 Glossar / Vokabular

Aeronautical Information Circular

Luftfahrtinformationsrundschriften

Aeronautical Information Publication

Luftfahrthandbuch

angeborener Auslösemechanismus

Verhalten, das automatisch durch einen bestimmten Reiz ausgelöst wird

anthropogen

durch den Menschen verursacht

biologische Fitness

Fortpflanzungserfolg summiert über die gesamte Lebensdauer eines Individuums

evolutiv

in der Stammesgeschichte der Lebewesen

Deltasegler

Im Aussehen mit Hängegleiter vergleichbares Fluggerät

Feindverhalten

Reaktion gegenüber einem potenziellen Räuber

Fluchtdistanz

Entfernung zwischen einem Vogel und einem Störfaktor

Greifvogelschema

Erscheinungsbild, welches zur Verwechslung mit einem Greifvogel führen kann

Herzschlagfrequenz

Anzahl Herzschläge pro Zeiteinheit (Puls)

Limikolen

Watvögel

Mauser

Gefiederwechsel bei Vögeln

Objektwinkelgrösse

Winkel, der für den Beobachter durch ein Objekt abgedeckt wird

physiologisch

die Lebensvorgänge im Körperinnern betreffend

Prädationsrisiko

Wahrscheinlichkeit, einem Beutegreifer zum Opfer zu fallen

Raufusshühner

Familie der Hühnervögel, zu der u.a. Auer-, Birk-, und Schneehühner gezählt werden

Reizsummation

Verstärkte Wirkung durch das gleichzeitige Einwirken verschiedener Reize, z.B. akustische und optische

Relativgeschwindigkeit

Verhältnis zwischen Winkelgeschwindigkeit und Objektwinkelgrösse

Retentionszeit

Zeitdauer nach einem Störereignis bis zur Rückkehr zum ursprünglichen Verhalten

Tragfähigkeit

Maximale Anzahl Individuen, für welche die Ressourcen eines bestimmten Gebietes ausreichen

Winkelgeschwindigkeit

Objektbewegung in Grad pro Sekunde

2 Abkürzungsverzeichnis

AGL

above ground level

AIC

Aeronautical Information Circular

AIP

Aeronautical Information Publication

ALT

Altitude (Höhe über Meer)

BAZL

Bundesamt für Zivilluftfahrt

BUWAL

Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft

dB(A)

Dezibel, mit dem menschlichen Gehör entsprechend gewichtete Frequenzen

ENR

En-Route

ERSA

En Route Supplement Australia

ft

foot (1 Fuss = 30,48 cm)

GEN

General

GND

Ground

ICAO

International Civil Aviation Organization

RAC

Rules of the Air and Air Traffic Services

ü.B.

über Boden

UL

Ultraleichtflugzeug

VFR

Visual Flight Rules (Sichtflugregeln)

3 **Abbildungsverzeichnis**

Abbildung 1 Anzahl Publikationen, welche Aussagen über den Einfluss des Luftverkehrs auf die Avifauna enthalten.	21
Abbildung 2 Faktoren, welche die Art und Intensität sowie die Wahrnehmung eines optischen und/oder akustischen Reizes beeinflussen, die von einem Luftfahrzeug ausgehen und auf einen Vogel einwirken.	23
Abbildung 3 Mittlere horizontale oder vertikale Distanzen, bei denen Vögel eine Reaktion gegenüber Kleinflugzeugen zeigten, bzw. keine Reaktion beobachtet wurde für brütende sowie nicht-brütende Vögel.	26
Abbildung 4 Mittlere Distanzen, bei denen Vögel eine Reaktion gegenüber Helikopter zeigten, bzw. keine Reaktion beobachtet wurde für brütende sowie nicht-brütende Vögel. Die Extremwerte von Mosbech & Glahder werden nicht gezeigt.	29
Abbildung 5 Fluchtdistanzen gegenüber Modellflugzeugen gemäss Angaben in Putzer (1995) und Dietrich et al. (1989).	34
Abbildung 6 In Experimenten über die Wirkung verschiedener Silhouetten benutzte Attrappenform (Manning 1979).	37
Abbildung 7 Unmittelbare Reaktionen und deren Folgen, welche bei Störungen durch Luftfahrzeuge bei Vögeln beobachtet worden sind.	46
Abbildung 8 Auswirkungen des Luftverkehrs, welche direkt oder indirekt die Zusammensetzung und die Grösse von Vogelpopulationen und damit die langfristige Überlebenswahrscheinlichkeit einer Population beeinflussen.	58

4 Tabellenverzeichnis

Tabelle 1 Übersichtsarbeiten und Bibliographie	20
Tabelle 2 Störreizintensitäten in verschiedenen Gebieten, gemessen an den Reaktionen verschiedener Entenartiger	41
Tabelle 3 Empfehlungen Distanzen (Schutzgürtel)	61
Tabelle 4 Empfehlungen Minimalflughöhen über Grund (bei direktem Überflug)	62
Tabelle 5 Reglementierung von Minimalflughöhen über Naturschutzgebieten in verschiedenen Ländern. Die Abkürzungen sind im Abkürzungsverzeichnis aufgelistet.	67

