©Nationalpark Donau-Auen GmbH, download www.zobodat.at

WISSENSCHAFTLICHE REIHE

Heft 45/2016

Auswirkungen von Flugzeug-Einflugschneisen auf die Vogelwelt unter besonderer Berücksichtigung von Großvögeln und Arten aus dem Anhang I der EU-Vogelschutzrichtlinie

Teil 1: Literaturstudie

Die Wirkung des Flugverkehrs auf die Vogelwelt ist ein wesentlicher Aspekt bei Beurteilung von Flughäfen bzw. deren Ausbauvorhaben. In dieser Literaturstudie werden bereits veröffentlichte Untersuchungen zusammengefasst und einer übergreifenden Bewertung unterzogen.

Yoko Muraoka, Norbert Teufelbauer, Gábor Wichmann

nationalpark donauauen

KOSTBARE NATUR FÜR GENERATIONEN

©Nationalpark Donau-Auen GmbH, download www.zobodat.at

Auswirkungen von Flugzeug-Einflugschneisen auf die Vogelwelt unter besonderer Berücksichtigung von Großvögeln und Arten aus dem Anhang I der EU-Vogelschutzrichtlinie

Teil 1: Literaturstudie

YOKO MURAOKA, NORBERT TEUFELBAUER & GÁBOR WICHMANN

Wien, Februar 2008

©Nationalpark Donau-Auen GmbH, download www.zobodat.at

Zitiervorschlag:

Muraoka, Y., Teufelbauer, N. & G. Wichmann (2008): Auswirkungen von Flugzeug-Einflugschneisen auf die Vogelwelt unter besonderer Berücksichtigung von Großvögeln und Arten aus dem Anhang I der EU-Vogelschutzrichtlinie, Teil 1: Literaturstudie. Verfasst im Auftrag der Nationalpark Donau-Auen GmbH. BirdLife Österreich, Wien: 36 S.

Anschrift der Verfasser:

Yoko Muraoka
Hintere Zollamtsstraße 3/7
A-1030 Wien

Norbert Teufelbauer, Gábor Wichmann
BirdLife Österreich - Österreichische Gesellschaft für Vogelkunde
Museumsplatz 1/10/8
A-1070 Wien

Titelfoto:

Flugzeug im Landeanflug über der Donau (N. Teufelbauer).

©Nationalpark Donau-Auen GmbH, download www.zobodat.at

Inhaltsübersicht

Zusammenfassung **3**

1. Einleitung **5**

2. Störpotential von Luftfahrzeugen: ausschlaggebende Parameter **6**

2.1. Reizcharakteristika 6

2.1.1. *Visuelle vs. akustische Reize* 6

2.1.2. *Typen von Luftfahrzeugen* 9

2.1.3. *Vertikale und horizontale Distanz zur Störquelle* 11

2.1.4. *Quantitatives Auftreten des Reizes* 12

2.2. Extrinsische Faktoren 13

2.2.1. *Habitat* 13

2.2.2. *Wetter und Gezeiten* 14

2.3. Unterschiede zwischen Arten(gruppen) 14

2.3.1. *Entenvögel* 14

2.3.2. *Greifvögel* 15

2.3.3. *Andere Arten* 17

2.4. Intrinsische Faktoren und individuelle Disposition 18

2.5. Einfluss der Schwarmgröße 19

2.6. Gewöhnungseffekte 20

3. Auswirkungen des Flugverkehrs auf die Avifauna: direkte und indirekte Effekte **22**

3.1. Vogelschlag 22

3.2. Maskierung von Lautäußerungen 22

3.3. Physiologische Effekte 24

3.3.1. *Auditive Effekte* 24

3.3.2. *Stressreaktionen* 24

3.4. Verhaltensreaktionen 25

3.5. Abnormale Zugbewegungen 28

3.6. Schlussbemerkungen 28

4. Literatur **29**

©Nationalpark Donau-Auen GmbH, download www.zobodat.at

Zusammenfassung

Die Wirkung eines Störereignisses beruht auf dem Zusammenspiel zahlreicher Faktoren und einer damit einhergehenden wechselnden Handlungsbereitschaft eines Vogels, in einem bestimmten Ausmaß zu reagieren. Durch den Luftverkehr verursachte optische und akustische Störreize können qualitativ sehr unterschiedlich sein. Luftfahrzeuge variieren in ihrer Größe und Bauweise, in der damit verbundenen Flugtechnik (kurven- vs. geradliniger Flug) und den von ihnen erzeugten Schalldrucken. Die Entfernung (vertikale und horizontale Distanz) zur Störquelle, Bewegungsrichtung und Fluggeschwindigkeit des Luftfahrzeuges sowie das quantitative Auftreten von Überflügen bestimmen maßgeblich das Ausmaß der Störwirkung. Generell haben Flugzeuge mit hoher Geschwindigkeit und gerader Flugbahn eine geringere Wirkung als Luftfahrzeuge, die langsam und in Kurven fliegen. Die Wahrscheinlichkeit einer Verhaltensänderung und die Reaktionsintensität nehmen i. A. mit zunehmender vertikaler und horizontaler Distanz eines überfliegenden Luftfahrzeuges ab. Exogene Faktoren wie die Beschaffenheit des Habitats und die Verfügbarkeit alternativer Ausweichflächen, saisonal und diurnal variierende Faktoren, Witterungsverhältnisse sowie intra- und interspezifische Interaktionen können die Störwirkung und die daraus resultierende Reizantwort erheblich modifizieren. Die Erfassung zusätzlicher Variablen, die die Verteilung von Vögeln in der Landschaft beeinflussen, ist daher unerlässlich.

Wasservögel reagieren auf überfliegende Luftfahrzeuge häufig mit Auffliegen. Vor allem bei Gänsen kommt es immer wieder zur Verlagerung in andere Gebiete. Greifvögel scheinen vergleichsweise unempfindlich gegen Überflüge von Flächenflugzeugen und Hubschraubern zu sein. Insbesondere zur Brutzeit sind sie widerwillig, das Nest zu verlassen und zeigen nur wenige sichtbare Reaktionen. Gleitschirme und Drachenflieger könnten jedoch eine bedeutende Störquelle, v. a. für felsbrütende Arten darstellen. Neben der generellen Empfindlichkeit einer Art spielen auf der Ebene des Individuums das Alter und die Erfahrung eines Vogels, seine Disposition, physiologische Konstitution und das aktuelle Verhalten eine maßgebende Rolle.

Ob es zu einer Gewöhnung kommt ist ganz wesentlich von der Häufigkeit und Regelmäßigkeit abhängig, mit der ein Reiz auftritt. Selten oder unregelmäßig auftretende Störereignisse sowie plötzlich auftretende, überraschende oder sehr intensive Reize führen

©Nationalpark Donau-Auen GmbH, download www.zobodat.at

in den meisten Fällen zu einer Fluchtreaktion. Vogelschwärme sind allgemein weniger tolerant, da mit zunehmender Truppgröße die Wahrscheinlichkeit steigt, dass besonders ängstliche Vögel unter ihnen sind. Dementsprechend ist bei Vogelschwärmen eine Abnahme der Reaktionsintensität weniger wahrscheinlich.

Reaktionen auf Flugzeugüberflüge umfassen Änderungen physiologischer Parameter, z.B. der Herzschlagrate, als auch äußerlich sichtbare Änderungen des Verhaltens. Diese umfassen einen weiten Bogen von allgemeiner Unruhe über langsame und schnelle Ortsveränderungen bis hin zu panikartigen Fluchten. All diese Reaktionen bedingen eine Verschiebung im Aktivitätsbudget der gestörten Individuen, einhergehend mit Beeinträchtigungen des Energiehaushalts und häufig Veränderungen in der Raumnutzung. Verschiebungen im Energiebudget beruhen v. a. auf einem erhöhten Energieaufwand durch häufigeres (Auf-)Fliegen als auch auf Einbußen bei der für die Nahrungsaufnahme verfügbaren Zeit. Derartige Beeinträchtigungen können nur dann ausgeglichen werden, sofern es Zeiten mit geringer Störreizfrequenz gibt, in denen eine Kompensation weitgehend möglich ist. Bei Überschreiten einer bestimmten Reizhäufigkeit könnten kumulative Effekte mit hoher Wahrscheinlichkeit dazu führen, dass ein Ausgleich nicht mehr möglich ist und das Gebiet verlassen werden muss.

Verschiebungen im Energieumsatz können den Bruterfolg negativ beeinflussen, wenn die für den Zug und das Brutgeschäft notwendigen Fettdepots nicht in ausreichendem Maße angelegt werden können. Scheucheffekte führen in manchen Fällen dazu, dass Vögel ihre Nester verlassen oder Brutplätze aufgeben. Auch Brut- und Gelegeverluste werden Störungen durch Flugverkehr zugeschrieben. Vor allem panikartige Schreckreaktionen können Verletzungen und im schlimmsten Fall letale Folgen haben und sich besonders drastisch dort auswirken, wo sich große Ansammlungen von Vögeln befinden, z.B. bei koloniebrütenden Arten.

©Nationalpark Donau-Auen GmbH, download www.zobodat.at

1. Einleitung

Wie eine Grafik auf der Homepage der *Austro Control GmbH* veranschaulicht, haben die Flugbewegungen über Österreich im vergangenen Jahrzehnt rasant zugenommen: Während im Jahr 1997 noch 713.384 Flugbewegungen verzeichnet wurden, waren es im Jahr 2007 bereits 1,167.645 – ein Zuwachs von über 63% (http://www.austrocontrol.at/)! Allein am Flughafen Wien Schwechat fanden im Vorjahr 254.870 Starts und Landungen statt (FLUGHAFEN WIEN AG, Presseinformation vom 17. Jänner 2008).

Die Konflikte zwischen dem Flugverkehr und dem Naturschutz sind vielfältig und beruhen häufig auf den ähnlichen Flächenansprüchen und den daraus resultierenden konkurrierenden Nutzungsinteressen. Nach der Einschätzung von Naturschutzbehörden besteht in Deutschland bei 67 (12%) von 556 berücksichtigten Flugsportanlagen (Verkehrs- und Sonderlandeplätze, Segel- und Sportfluggelände) eine Gefährdung für die Fauna, bei 32 Anlagen (6%) für die Avifauna, insbesondere wiesenbrütender Vögel (KIRST 1989). Als häufige Konflikte werden *„das Betreiben von Flugsport in oder nahe einem Schutzgebiet“* bzw. *„...einem Gebiet mit besonderer ökologischer Funktion als Trittstein, Mauserrastplatz oder Brutvogelgebiet“* genannt (KIRST 1989).

Die im Norden an das Gelände des Flughafens Wien Schwechat angrenzenden Donau-Auen stellen ein national und international bedeutendes Brut-, Durchzugs- und Überwinterungsgebiet für zahlreiche Vogelarten dar, deren Wert für den Naturschutz in die Ausweisung als Nationalpark, Ramsar- und Natura 2000-Gebiet mündete (TEUFELBAUER & FRANK, in Druck). Aufgrund seiner Lage wird das Gebiet häufig tief überflogen, so dass Störungseffekte nicht ausgeschlossen werden können (vgl. KOLLAR 2007). Ziel der vorliegenden Literaturstudie war es, eine Übersicht über die Auswirkungen des Flugverkehrs auf die Avifauna und deren Ursachen als Grundlage für eine anschließende Freilandstudie in den Donau-Auen zu schaffen. Die Studie fasst rund 60 Arbeiten über die Störwirkung verschiedener Luftfahrzeuge auf Vögel zusammen und ist in zwei große Themenbereiche gegliedert: Zuerst werden all jene exogenen und endogenen Faktoren behandelt, die in ihrem jeweils aktuellen Zusammenwirken das Ausmaß einer Störwirkung (bzw. einer Reaktionsantwort) durch ein Luftfahrzeug bestimmen. Das darauf folgende Kapitel stellt anhand zahlreicher Beispiele die störungsbedingten direkten Effekte sowie potentielle Folgewirkungen des Flugverkehrs auf die Avifauna dar. Aufgrund der

©Nationalpark Donau-Auen GmbH, download www.zobodat.at

unverhältnismäßig hohen Anzahl von Publikationen zu diesen Artengruppen und ihrer Priorität für den Nationalpark werden v. a. die Auswirkungen auf Wasser- und Greifvögel behandelt. Wichtige frühere Übersichtsarbeiten zum Thema liegen von KELLER (1995), KEMPF & HÜPPOP (1998) sowie KOMENDA-ZEHNDER & BRUDERER (2002) vor.

2. Störpotential von Luftfahrzeugen: ausschlaggebende Parameter

Dieses Kapitel behandelt all jene Faktoren, die das Ausmaß der Reaktion von Vögeln auf Luftfahrzeuge beeinflussen (Abb. 1). Grundsätzlich können graduelle Veränderungen des Störreizes hinsichtlich seiner Beschaffenheit, Häufigkeit und Dauer können – im Zusammenspiel mit anderen Parametern – sehr unterschiedliche Auswirkungen haben (z.B. HILL et al. 1997).

2.1. Reizcharakteristika

2.1.1. Visuelle vs. akustische Reize

Störreize, die durch überfliegende Luftfahrzeuge verursacht werden, setzen sich aus einem optischen und einem akustischen Reizanteil zusammen. Relativ wenige Studien untersuchen den Effekt, der ausschließlich durch Fluglärm verursacht wird, mithilfe akustischer Simulationen (HARMS et al. 1977, BROWN 1990). In Abwesenheit eines optischen Reizes reagierten Eilseeschwalben (*Sterna bergii*) in Brutkolonien bei simulierten Spitzen-Schalldruckpegeln ab 85 dB(A)[1] mit Flugbereitschaft oder Auffliegen (BROWN 1990).

[1] Die Stärke eines Schallreizes wird durch seinen Schalldruck angegeben, der wesentlich die empfundene Lautstärke bestimmt. Da das menschliche Ohr einen Bereich von sechs bis sieben Zehnerpotenzen an Schalldruckunterschieden verarbeiten kann, wurde eine handlichere Maßeinheit, basierend auf einer logarithmischen Skala, eingeführt: Der Schalldruckpegel (SDP; engl. Sound Pressure Level, SPL) mit der Messgröße Dezibel (dB) ist das logarithmische Maß des Verhältnisses zwischen gemessenem Schalldruck und einem Bezugsschalldruck. Als Nullpunkt der dB-Skala dient jener Schalldruck, den das menschliche Ohr unter optimalen Bedingungen gerade noch hören kann (20 µPa = 0 dB SDP). Das Ohr nimmt sehr tiefe und sehr hohe Töne weniger laut wahr als Töne mittlerer Höhenlage. Dies wird im Umweltbereich durch die Verwendung des sog. A-bewerteten Schallpegels mit der Einheit dB(A) berücksichtigt, der den Schallpegel nach der Frequenzabhängigkeit der Lautstärkeempfindung gewichtet (vgl. STIDL 2002).

©Nationalpark Donau-Auen GmbH, download www.zobodat.at

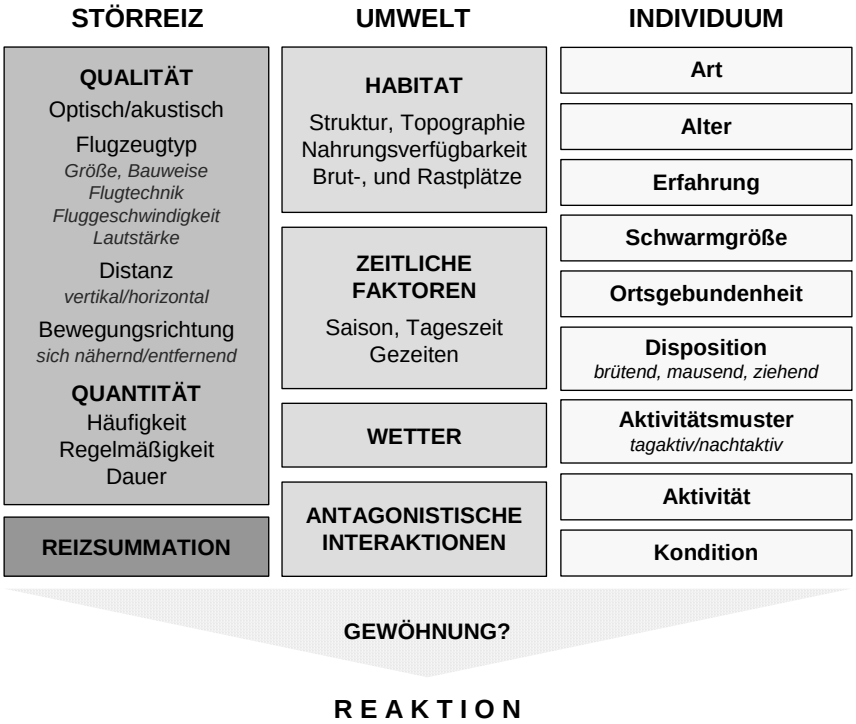


Abb. 1. Die Art und die Intensität einer Reaktion werden von zahlreichen extrinsischen und intrinsischen Faktoren beeinflusst, die in einem komplexen Wirkungsgefüge zusammenspielen. Der Störreiz wird charakterisiert durch seine qualitativen Eigenschaften und sein quantitatives Auftreten (Kap. 2.1). Die einzelnen Auslösereize wirken additiv zusammen und können in ihrer Störwirkung durch gleichzeitig auftretende Störungen zusätzlich verstärkt werden (*Reizsummation*). Exogene Einflüsse wie die Beschaffenheit des Habitats, saisonal und diurnal variierende Faktoren, Wetterparameter sowie intra- und interspezifische Interaktionen können die Störwirkung und die daraus resultierende Reizantwort maßgebend beeinflussen (Kap. 2.2). Neben der generellen Empfindlichkeit einer Art (Kap. 2.3) spielen auf der Ebene des Individuums das Alter und die Erfahrung eines Vogels, seine Disposition, physiologische Konstitution und das aktuelle Verhalten eine wesentliche Rolle (Kap. 2.4). Unter dem wechselnden Einfluss all dieser miteinander interagierenden Faktoren variiert die Handlungsbereitschaft eines Vogels, auf einen spezifischen Störreiz in einem bestimmten Ausmaß zu reagieren. Eventuelle Gewöhnungseffekte können dabei zu einer Abnahme in der Reaktionsintensität führen.

Flugzeuge sind außerordentlich starke technische Schallquellen. Im Gegensatz zu Schallquellen am Boden, wie Strassen und Eisenbahnen, erfolgt die Lärmausbreitung von Flugzeugen beinahe ungehindert (vgl. PEPPER et al. 2003). Erwartungsgemäß nimmt der maximale Schalldruck während eines Überfluges mit zunehmender Flughöhe ab (z.B. BRUDERER & KOMENDA-ZEHNDER 2005). Die Ausbreitung der Schallwellen variiert u. a. mit der Höhe, Entfernung, Fluggeschwindigkeit und -richtung, der Topographie und den vorherrschenden Wetterverhältnissen (MOSBECH & GLAHDER 1991, TRIMPER et al. 1998, DELANEY et al. 1999). Häufig wird berichtet, dass Vögel bereits erkennbare Reaktionen zeigen, bevor ein Luftfahrzeug in ihre Sichtweite gelangt. Gänse werden oft schon durch das ferne Motorengeräusch zum Sichern und Starten veranlasst (GERDES & REEPMEYER

©Nationalpark Donau-Auen GmbH, download www.zobodat.at

1983, MOSBECH & GLAHDER 1991, WARD et al. 1999). Turbinenlärm von Hubschraubern führt bei Elstern (*Pica pica*) zu Aufmerksamkeitsverhalten (BOSCH 2002). Die Reaktionen von Greifvögeln und Eulen fallen bei zunehmenden Schalldrucken stärker aus (GRUBB et al. 1992, DELANEY et al. 1999).

Obwohl Vögel i. A. als vergleichsweise lärmunempfindlich gelten (z.B. BOWLES 1995, vgl. auch Kap. 3.3), kann der akustische Reiz an sich also ausreichen, um eine Fluchtreaktion auszulösen. Generell wird jedoch dem visuellen Reizanteil eine höhere Bedeutung beigemessen. BROWN (1990) führte im Anschluss an die oben erwähnten Fluglärm-Simulationen bei Eilseeschwalben Ballonüberflüge durch, wobei die Reaktionen in 2 verschiedenen Kolonien sehr unterschiedlich ausfielen: in der einen reagierten durchschnittlich 98% mit Schreck- oder Fluchtreaktionen, in der anderen nur 10%.

Fliegende Objekte lösen bei Vögeln Fluchtverhalten aus (vgl. KIRST 1989). Sie erfüllen das Schema eines Schlüsselreizes, der durch sein Auftreten eine bestimmte Verhaltensweise hervorruft. Dieser liegen spezifische Auslösemechanismen zugrunde, womit neurosensorische Filtermechanismen bezeichnet werden, die das Erkennen biologisch relevanter Außenreize sichern (z.B. TINBERGEN 1951). Fliegende Objekte repräsentieren derartige Signalreize, die den neurosensorischen Filter passieren und bestimmte Reaktionen hervorrufen. Auslösemechanismen sind angeboren (*angeborener Auslösemechanismus, AAM*) und werden durch Lernprozesse modifiziert. Da angeborene Auslösemechanismen auf sehr einfache Schlüsselreize ansprechen, lassen sich viele Verhaltensweisen auch von „falschen“ Objekten (z.B. Attrappen) auslösen, wobei übertriebene Reize ein Verhalten stärker auslösen können als die natürlichen auslösenden Reize (z.B. FRANCK 1985). Besonders bewegte Reize fallen in das Schema eines potentiellen Luftfeindes und rufen eine analoge Reaktion hervor, wobei v. a. die *Bewegungsrichtung* – sich nähernd (*„looming stimulus“*) oder entfernend – und die *Fluggeschwindigkeit* eine maßgebende Rolle spielen (KIRST 1989, FRID & DILL 2002). Je stärker ein Reiz diesem Schema ähnelt, desto intensiver fällt die Störantwort aus. Generell haben Flugzeuge mit hoher Geschwindigkeit und gerader Flugbahn eine geringere Wirkung als Luftfahrzeuge, die langsam und in Kurven fliegen (vgl. KEMPF & HÜPPOP 1998). Dies begründet, warum z.B. Modellflugzeuge mit ihren wendigen Flugmanövern eine besonders starke Störwirkung auf die meisten Vogelgruppen haben (BEZZEL 1982), während Flächenflugzeuge i. d. R. eine schwächere Reaktionen auslösen (z.B. KÜSTERS & VAN

©Nationalpark Donau-Auen GmbH, download www.zobodat.at

RADEN 1988). Des Weiteren werden nahende Geräusche anders bewertet als solche, die sich vom Empfänger entfernen (HALL & MOORE 2003).

2.1.2. Typen von Luftfahrzeugen

Flächenflugzeuge

Die an dieser Stelle behandelten Flächenflugzeuge umfassen Verkehrsflugzeuge (Transport- und Passagierflugzeuge) und Strahlflugzeuge (Düsenjäger). Vor allem zu Letzteren finden sich zahlreiche Studien in der Literatur. Militärjets rufen auch bei niedrigen Flughöhen schwächere Reaktionen hervor als Hubschrauber (JOHNSON & REYNOLDS 2002, DELANEY et al. 1999). KÜSTERS & VAN RADEN (1988) begründen dies damit, dass Strahlflugzeuge im Gegensatz zu langsam fliegenden Hubschraubern und Propellerflugzeugen nicht unter das Schema fallen, das mit Luftfeinden verbunden wird (vgl. voriges Kap.). Dies dürfte auch auf alle anderen größeren Flächenflugzeuge zutreffen, die in der Literatur vergleichsweise wenig Beachtung finden. Bei Entenvögeln in Nordrhein-Westfalen lösten Überflüge des großen Transportflugzeuges *TransAll* noch in Höhen über 300 m in mehr als einem Viertel der Fälle Reaktionen aus (SOSSINKA & NIEMANN 1994). Silbermöwen (*Larus argentatus*), die in 2 km Entfernung eines Flughafens brüteten, reagierten hingegen kaum auf Überflüge von Flugzeugen, sehr wohl aber auf jene des Überschallflugzeugs *Concorde*, die mit einem Anstieg des Schallpegels auf bis zu 116 dB(A) und fühlbaren Vibrationen einhergingen (BURGER 1981a). Der Anteil von Vögeln in der Luft erhöhte sich unmittelbar nach einem *Concorde*-Überflug um das zwölffache. Zudem stellte die Autorin eine deutliche Zunahme aggressiver Auseinandersetzungen fest, wobei Eier zerbrachen und von anderen Möwen gefressen wurden. In der Folge hatten am Ende der Inkubationszeit jene Vögel, die mindestens 50 m entfernt von anderen Möwen brüteten, größere Gelegegrößen als ihre Artgenossen. Auch rastende Flussseeschwalben (*Sterna hirundo*) und verschiedene Limikolenarten reagierten auf direkte Überflüge von Überschallflugzeugen, aber kaum auf andere Flugzeuge (BURGER 1981b).

©Nationalpark Donau-Auen GmbH, download www.zobodat.at

Hubschrauber

Neben Militärflugzeugen werden in zahlreichen Studien die Auswirkungen von Hubschrauberüberflügen auf Vögel erörtert, die i. A. stärkere Reaktionen als Flächenflugzeuge hervorrufen (z.B. STOCK et al. 1995, WARD et al. 1999). Helikopter hatten die nachhaltigste Störwirkung auf Ringelgänse (*Branta bernicla*) im Wattenmeer (STOCK et al. 1995): Die Reaktionsdauer nach Hubschrauberüberflügen war um 84% länger als bei allen anderen Störreizen (Vögel, Freizeitflugverkehr und militärischer Flugverkehr). NORMAN & SAUNDERS (1969) beobachteten, dass Flugzeuge nur für manche Kolonien der Zwergseeschwalbe (*Sterna albifrons*) Störungen darstellten, während Hubschrauberüberflüge immer für ein Durcheinander unter den brütenden Vögeln sorgten. Helikopter produzieren mit ihren Drehflügeln ein spezifisches niederfrequentes Geräusch (WARD et al. 1999, vgl. auch PEPPER et al. 2003). Der von Hubschraubern verursachte Lärm variiert dabei stark in Abhängigkeit vom Helikoptertyp, der Flugtechnik und der Bauweise der Rotorblätter (DELANEY et al. 1999, BRUDERER & KOMENDA-ZEHNDER 2005). STALMASTER & KAISER (1997) führen die – trotz kurzer Dauer des Störreizes – vergleichsweise starke Reaktion von Weißkopfseeadlern (*Haliaeetus leucocephalus*) auf Helikopter auch auf deren plötzliches Erscheinen und Vibrationen in der Luft zurück.

Andere Flugzeugtypen

Sportflugzeuge (Segelflugzeuge und Motorsegler) können Reaktionen auslösen, die solchen auf Hubschrauberüberflüge nicht weit nachstehen (Bsp. in KEMPF & HÜPPOP 1998).

Luftsportgeräte (z.B. Ultraleichtflugzeuge, Gleitflugzeuge, Hängegleiter, Gleitsegler) dürften in manchen Fällen für die Aufgabe von Nahrungsgebieten und Brutrevieren verantwortlich sein, wobei Hängegleiter und Gleitschirme v. a. für Greifvögel und Raufußhühner eine bedeutende Störquelle darstellen können (Übersichten in KEMPF & HÜPPOP 1998 und KOMENDA-ZEHNER & BRUDERER 2002). Eine umfangreiche Studie im Auftrag des Deutschen Hängegleiterverbands (DHV) konnte keinen negativen Effekt des Flugbetriebs auf die Avifauna im Startplatzbereich von zehn z. T. langjährig beflogenen Untersuchungsgebieten in Deutschland feststellen (ZUKUNFT BIOSPHÄRE GMBH 2003).

Modellflugzeuge und *Lenkdrachen* haben eine starke Scheuchwirkung v. a. auf wiesenbrütende Limikolen und Greifvögel (BOSCHERT & RUPP 1993, HELLWIG & KRÜGER-HELLWIG 1993, KEMPF & HÜPPOP 1998, KOMENDA-ZEHNER & BRUDERER 2002).

©Nationalpark Donau-Auen GmbH, download www.zobodat.at

Luftschiffe (Zeppelins) lösten bei Wasservögeln teilweise Unruhe und Fluchtflüge aus, teilweise konnte keine Reaktion beobachtet werden (BRUDERER & KOMENDA-ZEHNDER 2005).

Bei tiefen Überfahrten von *Heißluftballons* reagierten Wasservögel oft mit panikartiger Flucht (BRUDERER & KOMENDA-ZEHNDER 2005).

2.1.3. Vertikale und horizontale Distanz zur Störquelle

Generell nehmen die Wahrscheinlichkeit einer Verhaltensänderung und die Reaktionsintensität mit zunehmender vertikaler und horizontaler Distanz eines überfliegenden Luftfahrzeuges ab (z.B. FRID & DILL 2002). Entenvögel in Nordrhein-Westfalen reagierten auf Hubschrauber in 205-300 m Flughöhe in 27%, in 120-150 m in 56% und in 50-80 m in 83% der Überflüge (SOSSINKA & NIEMANN 1994). Auch die seitliche Distanz (näher oder weiter entfernt als 150 m) war reaktionsbestimmend. Graugänse (*Anser anser*) reagierten schon bei einer Entfernung von > 1000 m. Keinen Einfluss hatte die Flughöhe auf die Reaktionszeit (Aufmerk- bzw. Flugzeit eines Trupps nach Überflügen) von Ringelgänsen im Wattenmeer (STOCK et al. 1995). Ringel- und Kanadagänse (*Branta canadensis*) in Alaska reagierten auf Überflüge bis in 1.219 m Höhe und einer seitlichen Entfernung von 4,8 km (WARD et al. 1999). Die stärksten Reaktionen erfolgten allerdings bei Überflügen mittlerer Höhe (305-760 m). Die laterale Distanz war in dieser Studie der aussagekräftigste Parameter, um die Reaktion der Vögel vorhersagen zu können. Unabhängig vom Flugzeugtyp und der Lautstärke nahm die Reaktion mit zunehmender horizontaler Entfernung ab. Mausernde Kurzschnabel- und Weißwangengänse (*Anser brachyrhynchus*, *Branta leucopsis*) in Grönland reagierten auf große Hubschrauber noch in rund 10 km Entfernung (MOSBECH & GLAHDER 1991). Reaktionen auf kleine Helikopter erfolgten bis in Horizontaldistanzen von ca. 5 km. Der Median der Distanz, bei der Weißkopfseeadler in Michigan auf Überflüge reagierten, lag bei in der Nähe einer Militärflugbasis brütenden Adlern bei 400 m, in Brutgebieten mit geringerem Flugverkehrsaufkommen bei 800 m (GRUBB et al. 1992). Mithilfe einer CART-Analyse (*Classification and Regression Trees*) ermittelten GRUBB et al. (1992) dabei die Distanz als den bedeutendsten Parameter, gefolgt von Dauer, Anzahl, Sichtbarkeit und Position des Luftfahrzeugs. 75% der Fluchtreaktionen traten bei einer Entfernung der

©Nationalpark Donau-Auen GmbH, download www.zobodat.at

Störquelle von 200 m auf. Im Bundesstaat Washington flogen nur wenige Weißkopfseeadler bei Hubschrauberüberflügen in Entfernungen > 300 m auf (STALMASTER & KAISER 1997). Die Entfernung war der beste Prädiktor für die Reaktion von Fleckenkäuzen (*Strix occidentalis*) in New Mexico (DELANEY et al. 1999). Helikopter lösten ab einer mittleren Entfernung von 403 ± 148 m wachsames Verhalten aus. Keine beobachtbaren Reaktionen erfolgten auf Hubschrauber in Distanzen > 660 m. 50% der Fluchtreaktionen wurden bei Entfernungen < 30 m festgestellt. Ab einer lateralen Distanz von 105 m flüchteten die Eulen in keinem Fall. Bei einem brütenden Austernfischerpaar (*Haematopus ostralegus*) lösten Sportflugzeuge auch noch in 2 km Entfernung erhöhte Herzschlagraten aus (HÜPPOP & HAGEN 1990). Elstern in einer Winterschlafgemeinschaft in Südwestdeutschland reagierten auf Hubschrauber in 1.500 m Entfernung und 150 m Flughöhe mit „Hab-Acht"-Verhalten (BOSCH 2002). Tagsüber flüchteten die Elstern erst bei dichter Annäherung (ab ca. 100 m).

Allgemeingültige kritische Flughöhen und -distanzen anzugeben ist schwierig, da die Reizwirkung durch zahlreiche andere (in dieser Übersicht beschriebene) Faktoren beeinflusst wird, etwa durch die generelle Empfindlichkeit einer Art, die Truppgröße und Aktivität des Individuums, aber auch die Verfügbarkeit von Versteckmöglichkeiten und die mit dem Fluchtverhalten verbundenen Kosten (HILL et al. 1997, KÜSTERS & VAN RADEN 1998, FRID & DILL 2002). Basierend auf experimentellen Überflügen über schweizerischen Mittellandseen mit Ansammlungen überwinternder Wasservögel empfiehlt die *Schweizerische Vogelwarte Sempach* Minimalflughöhen von 450 m für Helikopter und 300 m für andere Luftfahrzeuge über empfindlichen Gebieten, sowie die Einhaltung von Pufferzonen von 500 m Radius um diese Gebiete (BRUDERER & KOMENDA-ZEHNDER 2005).

2.1.4. Quantitatives Auftreten des Reizes

Neben der Qualität des Reizes spielt auch sein quantitatives Auftreten eine maßgebliche Rolle bei der Störwirkung. Die drei diesbezüglich ausschlaggebenden Parameter sind die Frequenz und Regelmäßigkeit, mit der Überflüge auftreten, sowie die Dauer der einzelnen Störreize (z.B. GRUBB et al. 1992). Die Bedeutung dieser Parameter auf mögliche Gewöhnungseffekte wird in Kap. 2.6 behandelt.

©Nationalpark Donau-Auen GmbH, download www.zobodat.at

2.2. Extrinsische Faktoren

2.2.1. Habitat

Identische Störreize können in Abhängigkeit von der Geländestruktur sowie der Habitatqualität unterschiedliche Störwirkung haben. Eine Übertragbarkeit der in einzelnen Studien beobachteten Effekte auf andere Gebiete ist somit oft nicht möglich. In offenen Landschaften können nahende Flugzeuge schon von weitem wahrgenommen werden, begleitet von einem anschwellenden Schallpegel (QUAISSER & HÜPPOP 1995). Dadurch bleibt ein Überraschungseffekt aus. Reich strukturiertes Gelände bietet bessere Versteckmöglichkeiten. In Berggegenden und felsigen Gebieten tauchen Luftfahrzeuge häufig überraschend für Vögel auf (KOMENDA-ZEHNDER & BRUDERER 2002). Gewässer beherbergen oftmals Ansammlungen von Vögeln, anhand derer die Reaktionen auf überfliegende Luftfahrzeuge und andere Störungen besonders gut beobachtet werden können. Schnellen und lauten Objekte über Wasserflächen wird eine besonders intensive Störwirkung zugeschrieben (KORSCHGEN & DAHLGREN 1992 in KOMENDA-ZEHNDER & BRUDERER 2002). Wasservögel auf großen Gewässern können meist ausweichen, ohne diese zu verlassen, während Kleingewässer zu Zeiten intensiver Störung für Vögel verloren gehen (UNDERHILL et al. 1993 in HILL et al. 1997). Zudem beeinflusst die Topographie des Habitats die Ausbreitung der Schallwellen und modifiziert somit die Qualität der akustischen Reizkomponente (z.B. TRIMPER et al. 1998).

Ob eine Störung letztlich zur Aufgabe eines Gebietes führt, ist nicht nur abhängig von der Habitatqualität, sondern auch von der Entfernung zu und der Qualität von möglichen Ausweichflächen, dem Prädations- und Konkurrenzdruck in all diesen Gebieten und den bereits in einen Standort investierten Kosten, etwa beim Erwerb eines hochqualitativen Brutplatzes (vgl. GILL et al. 2001). Die Verfügbarkeit z.B. von alternativen Nahrungsgründen, auf die im Falle einer intensiven Störung ausgewichen werden kann, kann wesentlich zu einer verminderten Störwirkung beitragen (FRID & DILL 2002). Wenn Vögel trotz intensiver Störung kein Vermeidungsverhalten an den Tag legt, kann dies auch auf den Mangel an geeigneten Ausweichflächen zurückzuführen sein und muss nicht – wie häufig angenommen – in einer Störungsunempfindlichkeit der Art begründet sein (GILL et al. 2001). Die Erfassung zusätzlicher Variablen, die die Verteilung

©Nationalpark Donau-Auen GmbH, download www.zobodat.at

von Vögeln in der Landschaft beeinflussen, ist daher unerlässlich (vgl. BIERINGER & GARNIEL in Vorber.).

2.2.2. Wetter und Gezeiten

Die Aktivität eines Vogels wird von den vorherrschenden Wetterverhältnissen wesentlich beeinflusst. Widrige Bedingungen wie niedrige Temperaturen, stürmischer Wind und starke Niederschläge wirken sich einerseits vielfältig auf die räumliche Verteilung der Beute, deren Verfügbarkeit und in weiterer Folge auf die Beuteerwerbseffizienz aus (NEWTON 1979, BURGER 1984), andererseits bedingen sie erhöhte Energieanforderungen zur Aufrechterhaltung der Körpertemperatur. Unter sehr ungünstigen Bedingungen schließen sich auch manche Arten, die ansonsten solitär Nahrung suchen, zu Trupps zusammen, wodurch es vermehrt zu aggressiven Auseinandersetzungen kommen kann (ELKINS 1983). Da die Windrichtung und -geschwindigkeit die Ausbreitung von Schallwellen beeinflussen (TRIMPER et al. 1998), kann auch die Intensität eines Störreizes durch das Wetter moduliert werden. Die vorherrschenden Witterungsverhältnisse tragen somit vielfach zum Ausmaß der Störwirkung durch den Flugverkehr bei (SCHUECK & MARZLUFF 1995).

In Küstenlebensräumen ist der Wechsel von Ebbe und Flut mit ausschlaggebend für das Verhalten der Tiere. Die Reaktion von Wasservögeln auf in extremem Tiefflug erfolgende Einsätze von Flugzeug-Bordwaffen im Wattenmeer ließ eine deutliche Gezeitenabhängigkeit erkennen (KÜSTERS & VAN RADEN 1998): Bei auflaufendem Wasser und einem damit verbundenen langsamen Verschwinden der Nahrungsflächen war bei den Vögeln eine Disposition zu Ortswechseln vorhanden und geringe Anstöße reichten aus, um Ringelgänse zu solchen zu veranlassen. Bei ablaufendem Wasser war die Bindung an die freifallenden Seegrasflächen hingegen so stark, dass die Mehrzahl der Störreize toleriert wurde und nicht zur Flucht führte. (KÜSTERS & VAN RADEN 1998).

2.3. Unterschiede zwischen Arten(gruppen)

2.3.1. Entenvögel

©Nationalpark Donau-Auen GmbH, download www.zobodat.at

Zahlreiche Studien befassen sich mit der Auswirkung von Luftfahrzeugen auf Wasservögel, v. a. auf Gänse, die besonders empfindlich auf Störungen durch Flugverkehr reagieren (z.B. SOSSINKA & NIEMANN 1994). LUGERT (1988) führt die hohe Sensibilität von Graugänsen auf das angeborenes Greifvogelschema zurück, das durch sich plötzlich nähernde oder kreisende Flugobjekte angesprochen werden könnte (vgl. Kap. 2.1.1). Außerhalb der Brutsaison schließen sich Gänse und andere Wasservögel zu Trupps zusammen – eine Tatsache, die für das Reaktionsverhalten eine wesentliche Rolle spielt (vgl. Kap. 2.5).

Entenvögel reagieren auf Luftfahrzeuge mit Aufmerken und Auffliegen (GERDES & REEPMEYER 1983, BÉLANGER & BÉDARD 1990, MOSBECH & GLAHDER 1991, BAUER et al. 1992, BRUNS et al. 1994, SOSSINKA & NIEMANN 1994, STOCK & HOFEDITZ 1994, STOCK et al. 1995, KÜSTERS & VAN RADEN 1998, WARD et al. 1999, BÉCHET et al. 2004). Vor allem bei Gänsen kommt es immer wieder zur Verlagerung in andere Gebiete (DERKSEN et al. 1982, LUGERT 1988, RIDDINGTON et al. 1996). Auch nah verwandte Arten weisen Unterschiede in ihren Toleranzschwellen gegenüber Luftfahrzeugen auf: In einer Studie von SOSSINKA & NIEMANN (1994) reagierten Singschwäne (*Cygnus cygnus*) deutlich häufiger und stärker als Höckerschwäne (*Cygnus olor*) und Stockenten (*Anser platyrhynchos*) stärker als Tafel- und Reiherenten (*Aythya ferina, A. fuligula*) auf Hubschrauberüberflüge.

2.3.2. Greifvögel

Im Gegensatz zu Wasservögeln scheinen Greifvögel i. A. relativ unempfindlich gegen Überflüge zu sein (BOWLES 1995). Studien zu Auswirkungen des Flugverkehrs auf Greifvögel beziehen sich vor allem auf Militärjets und Hubschrauber (ANDERSEN et al. 1989, GRUBB et al. 1992, STALMASTER & KAISER 1997, TRIMPER et al. 1998, DELANEY et al. 1999, THOMAS 1999, MURPHY et al. 2001, TRIMPER & THOMAS 2001). Die Reaktionspalette reicht von völliger Teilnahmslosigkeit (FRASER et al. 1985) bis hin zu Fluchtflügen (STALMASTER & KAISER 1997). Brütende Vögel am Horst beschränken sich meist auf Aufmerken (z.B. TRIMPER ET AL. 1998, DELANEY et al. 1999) oder Aufrichten (FRASER et al. 1985, MURPHY et al. 2001). Seltener kommt es zum Verlassen des Nestes, und dann meist nur für kurze Zeit (GRUBB et al. 1992, TRIMPER et al. 1998, DELANEY et al. 1999, MURPHY et al. 2001, vgl. Kap. 2.4). Einige Autoren berichten über Angriffsflüge von

©Nationalpark Donau-Auen GmbH, download www.zobodat.at

Taggreifern gegen Luftfahrzeuge (z.B. TRIMPER et al. 1998), wobei es zu Verletzungen kommen kann (z.B. SCHUBERT 1957 in MEYBURG et al. 2004, vgl. auch KOMENDA-ZEHNDER & BRUDERER 2002). Nur in seltenen Fällen scheint die Störung durch Flugverkehr den Bruterfolg (zusätzlich) negativ zu beeinflussen. So führt STOKES (1996) den Brutverlust brütender Weißbauch-Seeadler (*Haliaeetus leucogaster*) auf Störungen durch niedrige Hubschrauber-Überflüge in Kombination mit der Anwesenheit von Menschen in Horstnähe und ungünstigen Witterungsverhältnissen zurück. In der Mehrzahl der Studien konnten jedoch keine negativen Auswirkungen auf den Bruterfolg festgestellt werden (s. unten). Sehr empfindlich reagierten Mäusebussarde (*Buteo buteo*) und Turmfalken (*Falco tinnunculus*) hingegen auf Lenkdrachen, bei deren Auftauchen sie in weit entfernte Gebiete zur Nahrungssuche auswichen (HELLWIG & KRÜGER-HELLWIG 1993). Gleitschirm und Drachenflieger nutzen die Hangkante als Startgelände und können dabei bedeutende Störquellen für brütende Greifvögel darstellen (vgl. auch KOMENDA-ZEHNDER & BRUDERER 2002). Im Folgenden werden einige Arbeiten zu Greifvögeln zusammengefasst:

Brütende Fischadler (*Pandion haliaetus*) in Labrador reagierten mit Erregung, vorübergehendem Nestverlassen oder Scheinattacken, sobald sich Helikopter oder Wasserflugzeuge auf mehr als 3 km dem Horst näherten (TRIMPER ET AL. 1998). Die Reizantwort ließ innerhalb von 5 Minuten nach, die Art der Reaktion auf diese Störreize blieb im Verlauf der Studie jedoch die gleiche. Tieffliegende Militärflugzeuge hatten keine negativen Auswirkungen auf den Bruterfolg (TRIMPER et al. 1998, THOMAS 1999, TRIMPER & THOMAS 2001).

In einer 2-jährigen Studie führten FRASER et al. (1985) 722 Flüge mit einer *Cessna* über Horsten von Weißkopfseeadlern (*Haliaeetus leucocephalus*) im Chippewa National Forest in Minnesota durch. Das Gros der Adler verhielt sich den Überflügen gegenüber völlig teilnahmslos. Nur vereinzelt reagierten Individuen indem sie sich im Nest aufrichteten. Ein negativer Effekt auf den Bruterfolg konnte nicht festgestellt werden.

Flugverkehr stellte die am häufigsten vorkommende Störquelle für brütende Weißkopfseeadler in der Nähe einer Militärflugbasis in Michigan dar. Die meisten Reaktionen pro Reiz riefen Fahrzeuge hervor, die jedoch einen wesentlich geringeren Anteil aller Störreize ausmachten (GRUBB et al. 1992). Die Adler reagierten seltener auf den Flugverkehr als jene in Brutgebieten mit geringerem Flugverkehrsaufkommen. Der

©Nationalpark Donau-Auen GmbH, download www.zobodat.at

Median der Distanz, bei der eine Reizantwort erfolgte, lag bei den in der Nähe der Militärflugbasis brütenden Adlern bei 400 m, in anderen Brutgebieten bei 800 m, was eine Gewöhnung an die erhöhte Flugaktivität nahe legt. Altvögel reagierten häufiger auf Störungen als Jungvögel. Von allen Störreizen löste Flugverkehr 5% aller Reaktionen aus, bei denen die Adler aufflogen, Fußgänger 17%. Altvögel am Nest waren generell weniger tolerant gegen Störungen als andere. Mithilfe einer CART-Analyse (*Classification and Regression Trees*) ermittelten GRUBB et al. (1992) die Distanz als den bedeutendsten Parameter eines durch ein Luftfahrzeug bedingten Störreizes, gefolgt von Dauer, Anzahl, Sichtbarkeit und Position. 75% der Fluchtreaktionen traten bei einer Entfernung der Störquelle von 200 m auf.

In Alaska zeigten adulte Wanderfalken (*Falco peregrinus*) am Brutplatz geringe oder keine wahrnehmbaren Verhaltensreaktionen auf die Mehrzahl (78%) von nahen Militärjet-Überflügen (MURPHY et al. 2001). In > 5% der Fälle reagierten die Vögel mit Aufrichten, Ducken oder Auffliegen. Jedoch unterschieden sich Vögel, deren Nistplatz nur selten bzw. regelmäßig überflogen wurden, signifikant in ihren Aktivitätsbudgets (v. a. hinsichtlich ihrer Anwesenheit am Nest), wobei diese Unterschiede mit fortschreitender Brutsaison und geschlechtsspezifisch variierten. Erfolgreiche Bruten waren i. A. weniger Störungen durch Jet-Überflüge ausgesetzt als nicht erfolgreiche (MURPHY et al. 2001).

2.3.3. Andere Arten

Flugzeuge wurden von Großtrappen (*Otis tarda*) *„meist mit schräg gehaltenem Kopf beobachtet und aufmerksam verfolgt“* (QUAISSER & HÜPPOP 1995). Brütende als auch rastende Silbermöwen in der Nähe des Kennedy International Airport in New York reagierten kaum auf Überflüge von Flugzeugen, sehr wohl aber auf jene des Überschallflugzeugs *Concorde*. (BURGER 1981a). Auch rastende Flussseeschwalben und verschiedene Limikolenarten reagierten auf direkte Überflüge von Überschallflugzeugen aber kaum auf andere Flugzeuge (BURGER 1981b). Während Silbermöwen und Flussseeschwalben nach jeglicher Störung zumeist wieder an den ursprünglichen Ort zurückkehrten, landeten Watvögel auf weiter entfernten Flächen. Die Reaktionen rastender Knutts (*Calidris canutus*) und Alpenstrandläufer (*Calidris alpina*) auf tieffliegende Flugzeuge im Wattenmeer umfassten ein weites Spektrum (KÜSTERS & VAN RADEN 1998):

©Nationalpark Donau-Auen GmbH, download www.zobodat.at

Intensivere Reaktionen traten auf, wenn sich zur Zeit des ersten Anflugs ein Limikolenschwam in der Luft befand. Gleichzeitig zeigten jedoch andere am Boden befindliche Schwärme keinerlei Reaktion. Große Brachvögel (*Numenius arquata*), Kiebitze (*Vanellus vanellus*) und Rotschenkel (*Tringa totanus*) reagieren zur Brutzeit besonders empfindlich auf Modellflugbetrieb und Lenkdrachen (HELLWIG & KRÜGER-HELLWIG 1993, BOSCHERT & RUPP 1993). Hingegen gelten Austernfischer allgemein als relativ tolerante Limikolenart (HÜPPOP & HAGEN 1990, KEMPF & HÜPPOP 1998). Elstern an einem Winterschlafplatz in SW-Deutschland flüchteten auch noch nach Jahren bei Hubschrauberstarts und -landungen, wobei individuelle Unterschiede in der Empfindlichkeit der Vögel festgestellt wurden (BOSCH 2002, vgl. folgendes Kap.). HEGELBACH (1990) stellte hohe Brutbestände bei zehn ausgewählten Singvogelarten am Rande des Flughafens Zürich-Kloten fest und vermutet, dass diese Arten durch den nahen Flugbetrieb nicht negativ beeinflusst werden. Eine Reihe von Studien befasst sich mit den Auswirkungen des Flugverkehrs auf Pinguine in der Antarktis (Übersicht in HARRIS 2005), die u. a. aufgrund der Offenheit des Geländes sehr empfindlich auf Überflüge reagieren können (vgl. Kap. 3.4).

2.4. Intrinsische Faktoren und individuelle Disposition

Das Ausmaß der Reaktion auf einen Störreiz wird u. a. von der Handlungsbereitschaft des Individuums bestimmt, die unter dem Einfluss exogener und endogener Faktoren variiert und somit ständigen Veränderungen unterworfen ist (FRANCK 1985). Vögel reagieren zu bestimmten Jahreszeiten bzw. in bestimmten Phasen des Reproduktionszyklus unterschiedlich, da etwa die Bereitschaft zu brüten oder Brutpflege zu betreiben an bestimmte Phasen des Fortpflanzungsgeschehens gebunden ist (z.B. NEWTON 1979). Die (insbes. bei Greifvögeln und Eulen) beobachtete Widerwilligkeit, das Nest zu verlassen nimmt daher mit fortschreitender Brutsaison ab, entsprechend einer Abnahme in der Bewachung der Nachkommenschaft (DELANEY et al. 1999). Zu Recht weisen BRUDERER & KOMENDA-ZEHNDER (2005) darauf hin, dass Störungen in der Brutzeit – trotz Ausbleiben sichtbarer Verhaltensreaktionen – gravierendere Auswirkungen haben können als erkennbare Ortsveränderungen nicht brütender Vögel (vgl. auch GILL et al. 2001). Auch außerhalb der Brutzeit sind Vögel in unterschiedlichem Ausmaß "reaktionsfreudig", etwa

©Nationalpark Donau-Auen GmbH, download www.zobodat.at

während der Mauser (SOSSINKA & NIEMANN 1994, KAHLERT et al. 1996) oder an Rastplätzen während des Zuges (z.B. BÉLANGER & BÉDARD 1990, BÉCHET et al. 2004).

Adulte reagieren oft weniger intensiv als jüngere Individuen (z.B. STALMASTER & KAISER 1997). Erwachsene Vögel verfügen über komplexere Auslösemechanismen, da die Selektivität des angeborenen Auslösemechanismus durch Lernprozesse modifiziert wird (vgl. Kap. 2.1.1). BOSCH (2002) beobachtete, dass Elstern an einem Winterschlafplatz unterschiedlich auf Start- und Landemanöver von Hubschraubern reagierten: „Frühflüchter" waren jüngere, unerfahrene, in der Nichtbrüterreserve umherstreifende, mit den örtlichen Gegebenheiten weniger vertraute Elstern, während „Spätflüchter" durch die älteren, erfahrenen, verpaarten, örtliche Reviere behauptenden Vögel repräsentiert wurden (BOSCH 2002).

Zusätzlich wird die beobachtbare Störwirkung durch das aktuelle Verhalten eines Vogels bestimmt. Je nach Aktivitätsmuster (tag- vs. nachtaktiv, Einfluss der Gezeiten), Wetter und der physiologischen Konstitution variiert der Zeitanteil, den verschiedene Arten zu unterschiedlichen Zeiten für Beuteerwerb, Komfortverhalten und Wachsamkeit aufwenden. Fressen und Sichern sind zwei einander ausschließende Aktivitäten. Während gruppenlebende Vögel von der Wachsamkeit ihrer Truppgenossen profitieren (PULLIAM 1973, vgl. folgendes Kap.) müssen nahrungssuchende oder fressende Einzelvögel häufiger sichern und werden eher auf jegliche Art von Störreizen reagieren. STALMASTER & KAISER (1997) beobachteten, dass Weißkopfseeadler im Bundesstaat Washington v. a. beim Fressen von Hubschrauberüberflügen gestört wurden, während im Baum sitzende Adler nur selten reagierten.

2.5. Einfluss der Schwarmgröße

Schwarmbildung ist eine im Tierreich weit verbreitete Strategie zur effizienteren Nahrungssuche und Verringerung des Prädationsrisikos (z.B. BEZZEL & PRINZINGER 1977). Im Trupp können Feinde frühzeitig erkannt werden, wobei der einzelne Vogel im Schwarm weniger Zeit für wachsames Verhalten aufwenden muss und somit mehr Zeit für Nahrungssuche investieren kann (PULLIAM 1973). Die Reaktion auf ein überfliegendes Flugzeug nimmt mit zunehmender Truppgröße zu, da das Fluchtverhalten vom Verhalten des jeweils furchtsamsten Individuums abhängt (STOCK et al. 1995, RIDDINGTON et al.

©Nationalpark Donau-Auen GmbH, download www.zobodat.at

1996). Große Trupps sind weniger tolerant als kleine, da mit zunehmender Schwarmgröße die Wahrscheinlichkeit steigt, dass besonders vorsichtige Vögel unter ihnen sind. Dadurch kommt es häufiger zu Störungsflügen, die durch ein plötzliches simultanes Auffliegen der Vögel gekennzeichnet sind (BÉLANGER & BÉCHARD 1989, SOSSINKA & NIEMANN 1994, STOCK et al. 1995, RIDDINGTON et al. 1996, BÉCHET et al. 2004).

2.6. Gewöhnungseffekte

Gewöhnung äußert sich durch die Abnahme der Reaktion auf einen Reiz und kann als eine (erlernte) Anpassung des Tieres aufgefasst werden, die ihm unnötige Aktivitäten erspart (z.B. FRANCK 1985). Ob es zu einer Habituation kommt ist ganz wesentlich von der Häufigkeit und Regelmäßigkeit abhängig, mit der ein Reiz auftritt. Silbermöwen, Flussseeschwalben und verschiedene Limikolenarten in unmittelbarer Nähe des New Yorker Kennedy International Airports reagierten kaum auf Transportflugzeuge, aber sehr wohl auf die seltenen Überflüge von Überschallflugzeugen, die mit einem Anstieg des Schallpegels und fühlbaren Vibrationen einhergingen (BURGER 1981a, b). Ringelgänse im Wattenmeer reagierten auf das Auftreten erster Überflüge mit verstärktem Aufmerken. Bei aufeinander folgenden Tiefflügen ließ die Reaktion sehr schnell nach (KÜSTERS & VAN RADEN 1998). Die rasche Gewöhnung von Dunkelenten (*Anas rubripes*) an simulierten Flugzeuglärm wurde mithilfe implantierter Transmitter nachgewiesen (HARMS et al. 1997). In den seltensten Fällen erzeugten Personen auf häufig begangenen Wegen eine Verhaltens- oder Herzschlagraten-Änderung bei brütenden Küstenseeschwalben (*Sterna paradisaea*, NEEBE & HÜPPOP 1994). Weißkopfseeadler in der Nähe einer Militärflugbasis reagierten erst bei geringeren Distanzen als solche, die in Gebieten mit weniger Flugverkehrsaufkommen brüteten, was eine Gewöhnung an die erhöhte Flugaktivität nahe legt (GRUBB et al. 1992). Eine Habituation an tieffliegende Militärhubschrauber wurde auch bei Rotschwanzbussarden (*Buteo jamaicensis*) in Colorado festgestellt (ANDERSEN et al. 1989). DELANEY et al. (1999) untersuchten die Reaktionen brütender Fleckenkäuze in New Mexico auf tief fliegende Helikopter. Dass 62% der Vögel, die zuvor nicht experimentellen Hubschrauberflügen ausgesetzt worden waren, auf den Störreiz mit Auffliegen reagierten, hingegen keine der manipulierten Eulen flüchtete, veranschaulicht, dass sich die Vögel an den Störreiz gewöhnten (DELANEY et al. 1999). Auch QUAISSER & HÜPPOP (1995) führen

©Nationalpark Donau-Auen GmbH, download www.zobodat.at

die schwachen Reaktionen von Großtrappen auf Flugzeugüberflüge zumindest teilweise auf Gewöhnung zurück.

Die Abnahme der Reaktion ist in vielen Fällen reizspezifisch. Während sich überwinternde Ringelgänse in Essex (langsam) an regelmäßig stattfindende Starts von Transportflugzeugen gewöhnten, blieben ihre Reaktionen auf andere tief fliegende Luftfahrzeuge unverändert (OWENS 1977). Plötzlich auftretende, überraschende oder sehr intensive Reize führen in den meisten Fällen zu einer Fluchtreaktion (KÜSTERS & VAN RADEN 1998). Ebenso bewirken selten oder unregelmäßig auftretende Störereignisse meist ausgeprägte Reizantworten. Dementsprechend lösten Personen nur dann eine Reaktion bei brütenden Austernfischern aus, wenn sie sich in Nestnähe vom gewohnten Besucherweg entfernten (HÜPPOP & HAGEN 1990). Während Elstern untertags erst bei dichter Annäherung eines Hubschraubers aufflogen, führten seltene nächtliche Flugbewegungen in völliger Dunkelheit zu panikartigen Fluchten (BOSCH 2002). Sowohl bei empfindlichen Arten als auch bei Vogelschwärmen ist eine Abnahme der Reaktionsintensität generell weniger wahrscheinlich (vgl. Kap. 2.5). Umgekehrt kann das wiederholte Auslösen einer Verhaltensweise auch zu einer kontinuierlichen Zunahme der Reaktion führen (*Sensitivierung*, BALAT 1969 in KELLER 1995, FRID & DILL 2002).

Ob in einem konkreten Fall tatsächlich eine Habituation an einen Störreiz vorliegt, ist jedoch nicht immer ersichtlich. Saisonale Faktoren (z.B. in oder außerhalb der Brutzeit, vgl. Kap. 2.4) und verschiedene Umwelteinflüsse spielen auch hier eine wesentliche Rolle (z.B. DELANEY et al. 1999). Der tatsächliche Einfluss auf das Verhalten und mögliche Gewöhnungseffekte sind im Verlauf einer Studie oft nicht mehr feststellbar, da es bereits in früheren Zeiten zu einer Habituation gekommen sein kann (TRIMPER et al. 1998). Zudem kann eine Gewöhnung durch das Ausbleiben einer sichtbaren Verhaltensreaktion vorgetäuscht werden: Bei Küstenseeschwalben gingen nur die Hälfte aller erregungsbedingten Herzschlagraten-Erhöhungen mit einer sichtbaren Verhaltensänderung einher (NEEBE & HÜPPOP 1994).

©Nationalpark Donau-Auen GmbH, download www.zobodat.at

3. Auswirkungen des Flugverkehrs auf die Avifauna: direkte und indirekte Effekte

Störungsbedingte Reaktionen bedingen Auswirkungen auf physiologische Messgrößen sowie Verhaltensänderungen und haben in vielen Fällen energetische Konsequenzen. Dieses Kapitel gibt einen Überblick über die direkten Effekte des Flugverkehrs auf Vögel und deren potentielle Folgewirkungen (Tab. 1).

3.1. Vogelschlag

Die Problematik des Vogelschlags, also den Tod eines Vogels durch die Kollision mit einem Luftfahrzeug, wird hier zwar der Vollständigkeit halber angeführt, jedoch in dieser Literaturstudie nicht berücksichtigt. Eine Übersicht zu diesem Thema findet sich z.B. bei SODHI (2002). Zahlreiche weiterführende, online abrufbare Informationen bieten außerdem das *International Bird Strike Committee USA* (http://www.birdstrike.org/) sowie der *Deutsche Ausschuß zur Verhütung von Vogelschlägen im Luftverkehr e.V.* (http://www.davvl.de/).

3.2. Maskierung von Lautäußerungen

Die Beeinträchtigung der akustischen intra- und interspezifischen Kommunikation von Vögeln durch die Maskierung (Überdeckung) von Lautäußerungen (z.B. Reviergesänge, Warnrufe, Geräusche herannahender Prädatoren) aufgrund von Lärm kann sich in vielfacher Weise auf die Ökologie und den Fortpflanzungserfolg und dadurch auf den Bestand einer Art auswirken (Übersichtsarbeiten: KLUMP 2001, PATRICELLI & BLICKLEY 2006, SLABBERKOORN & RIPMEESTER 2008). Derartige Kommunikationsprobleme sind jedoch vor allem bei permanent hohen Lärmpegeln, etwa in der Nähe stark befahrener Straßen, gegeben (z.B. REIJNEN & FOPPEN 1994) und daher im Rahmen dieser Studie weniger relevant (s. jedoch KOLLAR 2007). Mehrfach wird vermutet, dass lärmbedingter Stress mit ausschlaggebend für verminderte Brutvogeldichten im dauerverlärmten Umfeld sein kann (z.B. REIJNEN et al. 1995, REIJNEN & FOPPEN 1997, vgl. Kap. 3.3.2). Aufgrund

©Nationalpark Donau-Auen GmbH, download www.zobodat.at

ihrer Aktualität soll an dieser Stelle v. a. auch auf die umfangreichen Arbeiten von GARNIEL et al. (2007), BIERINGER & GARNIEL (in Vorb.) und BIERINGER & KOLLAR (in Vorb.) zum Thema „Straßenlärm und Avifauna" hingewiesen werden.

Tab. 1. Potentielle direkte und indirekte Auswirkungen von Luftfahrzeugen auf die Avifauna.

EFFEKT	PRIMÄRE WIRKUNG	FOLGEWIRKUNGEN
Vogelschlag	**Tod** durch Kollision	
Maskierungs-effekte	**Beeinträchtigung der akustischen Kommunikation** (Revierverteidigung, Partnerfindung, Beutefindung, Flucht vor Beutegreifern)	**Bestandsveränderungen** bzw. lokale Veränderung der Vogelgemeinschaften
Anatomisch-physiologische Effekte	**Auditive Effekte** (Temporäre) Schädigung des Gehörs	**Beeinträchtigung bei der Wahrnehmung von Beute(greifern)**
	Nicht-auditive Effekte Änderung der Herzschlag-/Atemfrequenz, des Blutdrucks, erhöhte Konzentrationen von Streßhormonen	**Herabgesetzte Fertilität und geringere Lebenserwartung** infolge erhöhter Anfälligkeit für Krankheiten und Parasiten; **Verminderung der Siedlungsdichte und des Bruterfolgs** in gestörten Gebieten
Verhaltens-reaktionen	**Unruhe** (z.B. Aufmerken, vermehrtes Sichern, Flügelschlagen) **Scheucheffekte** (langsame Ortsveränderung, Auffliegen/Abtauchen, panikartige Flucht, Aggression)	**Veränderungen im Aktivitäts- und Energiebudget** mit nachteiliger Wirkung auf die Kondition, den Reproduktions-erfolg und die Lebenserwartung **Verschiebungen in der Raumnutzung** (z.B. Rückzug in ungestörte Gebiete; Aufgabe von Brutplätzen; Aktivitäts-verlagerung in störumgsarme Tageszeiten) **Brut-/Gelegeverluste** (z.B. durch Nestverlassen (und dadurch bedingtem verstärktem Prädationsdruck), Zertreten von Eiern bei Massenflucht, Revier-kämpfe bei Rückkehr in den Verband) **(Tödliche) Verletzungen/erhöhtes Prädationsrisiko** infolge von Schreckreaktionen
	(Abnormale Zugbewegungen)*	

* Dieser Effekt beruht auf einer Einzelbeobachtung und wird hier nur der Vollständigkeit halber angeführt.

©Nationalpark Donau-Auen GmbH, download www.zobodat.at

3.3. Physiologische Effekte

3.3.1. Auditive Effekte

Bei kontinuierlichen Schallpegeln von über 110 dB(A) SDP ist eine Schädigung des Gehörs oder eine dauerhafte Verschiebung der Gehörschwelle eines Vogels wahrscheinlich (DOOLING & POPPER 2007). Dabei kommt es – in Abhängigkeit von Art, Intensität und Dauer des akustischen Traumas – zum Absterben von Haarsinneszellen auf der Basilarmembran des Innenohrs. Fortdauernde Lärmpegel von 93-110 dB(A) können eine temporäre Verschiebung der Gehörschwelle zur Folge haben, die – in Abhängigkeit von Intensität und Dauer des akustischen Signals – Sekunden bis Tage anhalten kann (DOOLING & POPPER 2007).

Die schädigende Wirkung von Lärm auf den Gehörsinn spielt bei Vögeln eine untergeordnete Rolle, da sie - im Gegensatz zu Säugern - beschädigte Haarsinneszellen regenerieren können. Selbst nach starken Schädigungen des Innenohrs kann das Hörvermögen weitgehend wiederhergestellt werden (Übersichten in KLUMP 2001, DOOLING & POPPER 2007). Obgleich Vögel somit allgemein relativ unempfindlich gegen Lärmschäden sind, vermag auch eine (vorübergehende) Beeinträchtigung des Hörvermögens die Wahrnehmung von Beutegreifern und Beute negativ zu beeinflussen.

3.3.2. Stressreaktionen

Änderungen der Herzschlagrate, der Atemfrequenz und des Blutdrucks sind physiologische Reaktionen, die auf die Ausschüttung von Adrenalin aus dem Nebennierenmark infolge einer Stressreaktion erfolgen. Wenn die akute Stressreaktion anhält, kommt es zu einer vermehrten Abgabe von glucocorticoiden Steroidhormonen (z.B. Corticosteron) in die Blutbahn, wodurch etwa der Blutglucosespiegel erhöht und Keimdrüsenfunktionen gehemmt werden (SIEGEL 1980, HÜPPOP 1995, 2001). Bei Vögeln wurden v. a. störungsbedingte Änderungen der Herzschlagfrequenz untersucht (CULIK et al. 1990, HÜPPOP & HAGEN 1990, NEEBE & HÜPPOP 1994, QUAISSER & HÜPPOP 1995, HARMS et al. 1997). Eine signifikante Erhöhung der Herzschlagrate wurde bei Adéliepinguinen (*Pygoscelis adeliae*) festgestellt, sobald sich Helikopter auf 1.500 m der Kolonie näherten

©Nationalpark Donau-Auen GmbH, download www.zobodat.at

(CULIK et al. 1990). Bei einem brütenden Austernfischerpaar lösten Sportflugzeuge auch in 2 km Entfernung noch erhöhte Herzschlagraten aus (HÜPPOP & HAGEN 1990). Großtrappen zeigten hingegen nur geringe Änderungen in der Herzschlagfrequenz (QUAISSER & HÜPPOP 1995): eine Henne reagierte mit einem leichten Anstieg auf ein überfliegendes Propellerflugzeug; bei einer anderen senkte sich während dem Überflug eines Düsenflugzeugs die Herzschlagrate ab, bevor sie anschließend wieder anstieg (vgl. auch HÜPPOP 1995, 2001). Die schwachen Reaktionen werden von den Autoren darauf zurückgeführt, dass die Flugzeuge das Gebiet in großer Höhe und meist geradlinig überflogen, verbunden mit einem langsam an- und abschwellenden Geräuschpegel (QUAISSER & HÜPPOP 1995). Simulierter Fluglärm bewirkte bei Dunkelenten nur zum Teil und ausschließlich kurzfristige Erhöhungen der Herzschlagfrequenz. Zudem ließ die Reaktionsintensität schnell nach (HARMS et al. 1997). Eine Übersicht zur Bewertung von Störungen anhand physiologischer Parameter findet sich bei HÜPPOP (1995).

Während schwache Stressreaktionen eine verbesserte physiologische Anpassung an eine belastende Umweltsituation zum Ziel haben, können Bedingungen, die zu einer permanenten Aktivierung der Stressantwort führen, eine nachteilige Wirkung auf das Wachstum, die Reproduktion und die Widerstandsfähigkeit gegen Krankheiten haben (SIEGEL 1980, MOBERG 1985, MOBERG & MENCH 2000). Wie bereits erwähnt, könnte andauernder Lärm einen derartigen Stressor darstellen, der mitverantwortlich für verminderte Brutvogeldichten im dauerverlärmten Umfeld zeichnet (REIJNEN et al. 1995, REIJNEN & FOPPEN 1997, vgl. auch BIERINGER & GARNIEL in Vorber.). Erregungszustände bedingen überdies einen erhöhten Energieverbrauch (KEMPF & HÜPPOP 1998; zu störungsbedingten Verschiebungen im Energiebudget: s. unten).

3.4. Verhaltensreaktionen

Physiologische Reaktionen gehen oft mit sichtbaren Verhaltensreaktionen einher, die einen weiten Bogen von allgemeiner Unruhe (Aufmerken, erhöhte Wachsamkeit, Flügelschlagen, Sich-Putzen; z.B. GERDES & REEPMEYER 1983, FRASER et al. 1985, BROWN 1990, GRUBB et al. 1992, QUAISSER & HÜPPOP 1995, DELANEY et al. 1999, JOHNSON & REYNOLDS 2002) über langsame und schnelle Ortsveränderungen (Umhergehen, Auffliegen/Abtauchen, Scheinangriffe und Attacken; z.B. DERKSEN et al. 1982, LUGERT 1988, ANDERSEN et al.

©Nationalpark Donau-Auen GmbH, download www.zobodat.at

1989, BÉLANGER & BÉDARD 1990, CULIK et al. 1990, NIEMANN & SOSSINKA 1992, BRUNS et al. 1994, STOCK et al. 1995, RIDDINGTON et al. 1996, STALMASTER & KAISER 1997, TRIMPER et al. 1998, LAFFERTY 2001, BÉCHET et al. 2004, MEYBURG et al. 2004) bis hin zu Panikreaktionen (BLOKPOEL & HATCH 1976, OWENS 1977, BUNNELL et al. 1981, ROUNSEVELL & BINNS 1991) umfassen. All diese Reaktionen bedingen eine Verschiebung im Aktivitätsbudget der gestörten Individuen, einhergehend mit Beeinträchtigungen des Energiehaushalts (OWENS 1977, BÉLANGER & BÉDARD 1990, STOCK et al.1995, RIDDINGTON et al. 1996, STOCK & HOFEDITZ 1997, BÉCHET et al. 2004) und häufig Veränderungen in der Raumnutzung (OWENS 1977, DERKSEN et al. 1982, LUGERT 1988, BAUER et al. 1992, BOSCHERT & RUPP 1993, STOCK et al.1995, RIDDINGTON et al. 1996, BÉCHET et al. 2004).

Bei Ringelgänsen im Wattenmeer nahm in den ersten 20 Minuten nach einem Störreiz der Anteil der Nahrungsaufnahme um 10% ab, während der Anteil anderer Verhaltensweisen (Wachsamkeit, Umhergehen, Ruhen) am Gesamtbudget anstieg (STOCK et al. 1995). Danach nahm das Fressverhalten um 15% zu und näherte sich in den darauf folgenden Stunden einem oberhalb des Tagesmittels liegenden Grenzwert von ca. 85%. Einbußen bei der für die Nahrungsaufnahme verfügbaren Zeit und Beeinträchtigungen des Energiebudgets können nur dann ausgeglichen werden, sofern es Zeiten mit geringer Störreizfrequenz gibt, in denen eine Kompensation weitgehend möglich ist (RIDDINGTON et al. 1996, STOCK et al. 1995). Bei Überschreiten einer bestimmten Reizhäufigkeit könnten kumulative Effekte mit hoher Wahrscheinlichkeit dazu führen, dass ein Ausgleich nicht mehr möglich ist und das Gebiet verlassen werden muss.

Werden die Vögel durch einen Störreiz aufgescheucht, bedeutet das zudem einen erhöhten Energieaufwand, der beim Fliegen – z. B. in ungestörte Bereiche und der eventuellen Rückkehr in das ursprüngliche Gebiet – aufgewendet werden muss (z.B. BÉLANGER & BÉDARD 1990, STOCK & HOFEDITZ 1997, BÉCHET et al. 2004). In der Studie von STOCK et al. (1995) betrug die Flugdauer von Ringelgänsen nach einem Störreiz im Mittel 69-116 Sekunden, wobei die längste Flugdauer durch Hubschrauber ausgelöst wurde, während Fußgänger und (Greif-)Vögel kürzere Reaktionszeiten verursachten (STOCK et al. 1995, RIDDINGTON et al. 1996). Plötzliche Steigflüge, wie sie im Falle einer Fluchtreaktion erfolgen, sind energetisch besonders aufwendig (HÜPPOP 1995, 2001). An der Nordküste Norfolks verbrachten Ringelgänse an störungsintensiven Tagen mehr Zeit

©Nationalpark Donau-Auen GmbH, download www.zobodat.at

mit Fliegen, wodurch alleine der stündliche Energieaufwand um 11-38.5% erhöht wurde (RIDDINGTON et al. 1996). Berechnungen zufolge entsprach dies einem Mehraufwand für die Nahrungssuche von bis zu 50 Minuten (RIDDINGTON et al. 1996). BÉLANGER & BÉDARD (1990) ermittelten die durch anthropogene Störungen verursachten energetischen Kosten von Schneegänsen (*Chen caerulescens*) in Québec. Eine Störfrequenz von 0,5/h verursachte eine Verdoppelung der Flugzeit, maximale Störraten von 2,5/h eine fünffache Zunahme von Flugbewegungen. Ihre Kalkulationen ergaben, dass Vögel, die auf ruhigere Flächen auswichen und die Nahrungssuche unterbrachen (ohne kurz darauf zurückzukehren und weiterzufressen), ihre nächtliche Foragieraktivität um 32% steigern müssten, um alleine durch Störflüge verursachte Energieverluste zu kompensieren.

Des Weiteren kann der Rückzug in ungestörte Areale den Verlust hochqualitativer Nahrungsflächen und eine damit verbundene Verminderung des Energieumsatzes bedeuten (KEMPF & HÜPPOP 1998, BÉCHET et al. 2004). Derartige Verschiebungen im Energieumsatz können auch den Bruterfolg negativ beeinflussen, wenn die für den Zug und das Brutgeschäft notwendigen Fettdepots nicht in ausreichendem Maße angelegt werden können (KEMPF & HÜPPOP 1998, BÉCHET et al. 2004). Störungen allgemein können dazu führen, dass Vögel ihre Nester verlassen oder Brutplätze aufgeben (KELLER 1995, KEMPF & HÜPPOP 1998, CARNEY & SYDEMAN 1999). Scheucheffekte können für Brut- und Gelegeverluste verantwortlich sein (BUNNELL et al. 1981, BURGER 1981a, ROUNSEVELL & BINNS 1991, BOSCHERT & RUPP 1993). Vor allem panikartige Schreckreaktionen können Verletzungen und im schlimmsten Fall letale Folgen haben (BLOKPOEL & HATCH 1976, DERKSEN et al. 1982) und sich besonders drastisch dort auswirken, wo sich große Ansammlungen von Vögeln befinden (z.B. bei koloniebrütenden Arten, BUNNELL et al. 1981). Von einem extremen Beispiel aus der Antarktis berichten ROUNSEVELL & BINNS (1991), als 7000 Königspinguine (*Aptenodytes patagonicus*) - großteils Jungvögel - bei einer kolonialen Massenpanik erstickten. Obgleich das Ereignis selbst nicht beobachtet wurde, dürfte die Massenflucht durch den niedrigen Überflug einer C-130 Hercules, einem militärischen Transportflugzeug mit Turboprop-Triebwerken, ausgelöst worden sein.

©Nationalpark Donau-Auen GmbH, download www.zobodat.at

3.5. Abnormale Zugbewegungen

Eine ungewöhnliche Beobachtung machte HILGERLOH (1990) beim Frühjahrszug von Singvögeln in Gibraltar: Im Zuge von Radarbeobachtungen stellte die Autorin fest, dass die Vögel nicht in die übliche Zugrichtung wegzogen, sondern sich nach allen Himmelsrichtungen vom Felsen von Gibraltar entfernten. Da die meteorologischen Bedingungen in den beiden Beobachtungsnächten für den Zug ausgesprochen günstig waren, interpretiert HILGERLOH (1990) dieses ungewöhnliche Zugverhalten als Fluchtreaktion auf die infolge von Manövervorbereitungen stark erhöhte Flugfrequenz von Militärflugzeugen um den Felsen von Gibraltar.

3.6. Schlussbemerkungen

Die Störwirkung eines Ereignisses beruht auf dem Zusammenspiel zahlreicher Faktoren und einer damit einhergehenden wechselnden Handlungsbereitschaft (bzw. Notwendigkeit) eines Vogels, in einem bestimmten Ausmaß zu reagieren. Die Komplexität dieses Wirkgefüges macht die Identifikation eines isolierten ausschlaggebenden Störfaktors bei der Beobachtung frei lebender Vögel nahezu unmöglich. Zudem basiert die Beurteilung einer Verhaltensweise auf der subjektiven Einschätzung des Beobachters. Ob in einem bestimmten Fall eine durch den Flugverkehr bedingte Störung vorliegt und welche Auswirkungen diese mit sich zieht, ist daher oftmals nicht leicht quantifizierbar. Verallgemeinerungen anhand vorliegender Ergebnisse einzelner Studien sind aufgrund der komplexen Zusammenhänge nicht sinnvoll – das Ausmaß und die Auswirkungen von Störungen durch Flugzeuge sollte daher nur von Fall zu Fall beurteilt werden.

Aus naturschutzfachlicher Sicht sind v. a. Auswirkungen auf Populationsebene relevant, die vielfach nicht mit jenen auf der Ebene des Individuums übereinstimmen (GILL et al. 2001). Bei besonders gefährdeten Arten kann jedoch auch die Beeinträchtigung einzelner oder weniger Vögel beträchtliche negative Auswirkungen haben. Publizierte Einzelereignisse wie abnormaler Zugbewegungen (HILGERLOH 1990) oder ein störungsbedingt erhöhtes Prädationsrisiko (z.B. die Erbeutung einer vor einem herannahenden Helikopter fliehenden mausernden Blässgans (*Anser albifrons*, DERKSEN et al. 1982) stellen in der Regel keine bestandsbedrohenden Risikofaktoren dar. Andauernde,

©Nationalpark Donau-Auen GmbH, download www.zobodat.at

sehr hohe Schallpegel sind in der Natur kaum gegeben. Nachweise lärmbedingter Schädigungen des Gehörs von Vögeln beruhen daher in erster Linie auf Laborstudien (DOOLING & POPPER 2007). Physiologische Reaktionen wie Veränderungen der Herzschlagrate sind nicht immer korrelierbar mit Stress (HARMS et al. 1997, MOBERG 1985). Überdies sind leichte Stressreaktionen nicht *per se* negativ, sondern bewirken eine ständige Anpassung des Körpers an die Anforderungen der Umwelt (MOBERG & MENCH 2000).

4. Literatur

ANDERSEN DE, RONGSTAD OJ, MYTTON WR (1989): Response of nesting Red-tailed Hawks to helicopter overflights. Condor 91: 296-299.

BAUER, HG, STARK H, FRENZEL P (1992): Der Einfluss von Störungen auf überwinternde Wasservögel am westlichen Bodensee. Ornithol. Beob. 89: 93-110.

BÉCHET A, GIROUX JF, GAUTHIER G (2004): The effects of disturbance on behaviour, habitat use and energy of spring staging Snow Geese. J. Appl. Ecol. 41: 689-700.

BÉLANGER L, BÉDARD J (1990): Energetic cost of man-induced disturbance to staging Snow Geese. J. Wildl. Manage 54: 36-41.

BEZZEL E (1982): Vögel in der Kulturlandschaft. Ulmer, Stuttgart. 350 pp.

BEZZEL E, PRINZINGER R (1977): Ornithologie. Ulmer, Stuttgart. 552 pp.

BIERINGER G, GARNIEL A (in Vorb.): Straßenlärm und Vögel – eine kurze Übersicht über die Literatur mit einer Kritik einflussreicher Arbeiten.

BIERINGER G, KOLLAR HP (in Vorb.): Auswirkungen von Straßennähe und Verkehrslärm auf die Aktivitätsdichten von Brutvögeln in Wald und Kulturland.

BLOKPOEL H, HATCH DRM (1976): Snow Geese, disturbed by aircraft, crash into power lines. Can. Field Nat. 90: 195.

BOSCH S (2002): Reaktionen einer Winterschlafgemeinschaft der Elster *Pica pica* auf Hubschrauberflugbetrieb. Orn. Mitt. 54: 301-308.

BOSCHERT M, RUPP J (1993): Brutbiologie des Großen Brachvogels *Numenius arquata* in einem Brutgebiet am südlichen Oberrhein. Vogelwelt 114: 199-221.

©Nationalpark Donau-Auen GmbH, download www.zobodat.at

BOWLES AE (1995): Responses of wildlife to noise. In: KNIGH RL, GUTZWILLER KJ (Hrsg.): Wildlife and recreationists: Coexistence through management and research: 109-156. Island Press, Washington DC.

BROWN AL (1990): Measuring the effect of aircraft noise on sea birds. Environ. Int. 16: 587-592.

BRUDERER B, KOMENDA-ZEHNDER S (2005): Einfluss des Flugverkehrs auf die Avifauna – Schlussbericht mit Empfehlungen. Schriftenreihe Umwelt Nr. 376. Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft, Bern. 100 pp.

BRUNS HA, 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. Niedersachs. 26: 59-74.

BUNNELL FL, 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. Waterbirds 4: 2-11.

BURGER J (1981a): Behavioural responses of Herring Gulls *Larus argentatus* to aircraft noise. Environ. Pollut. Ser. A 24: 177-184.

BURGER J (1981b): The effect of human activity on birds at a coastal bay. Biol. Conserv. 21: 231-241.

BURGER J (1984): Abiotic factors affecting migrant shorebirds. In: BURGER J, OLLA BL (Hrsg.): Behaviour of marine animals, Vol. 6: Shorebirds – migration and foraging behaviour: 1-72. Plenum Press, New York.

CARNEY KM, SYDEMAN WJ (1999): A review of human disturbance effects on nesting colonial waterbirds. Waterbirds 22: 68-79.

CULIK B, ADELUNG D, WOAKES AJ (1990): The effect of disturbance on the heart rate and behaviour of Adélie penguins (*Pygoscelis adeliae*) during the breeding season. In: KERRY KR & HEMPEL G (Hrsg.): Antarctic Ecosystems. Ecological change and conservation: 177-182. Springer, Berlin.

DELANEY DK, GRUBB TG, BEIER P, PATER LL, REISER MH (1999): Effects of helicopter noise on Mexican Spotted Owls. J. Wildl. Manage. 63: 60-76.

DERKSEN DV, ELDRIDGE WD, WELLER MW (1982): Habitat ecology of Pacific Black Brant and other geese moulting near Teshekpuk Lake, Alaska. Wildfowl 33: 39-57.

©Nationalpark Donau-Auen GmbH, download www.zobodat.at

DOOLING RJ, POPPER AN (2007): The effects of highway noise on birds. California Department of Transportation, Sacramento. 74 pp.

ELKINS N (1983): Weather and bird behaviour. Poyser, London. 280 pp.

FRANCK D (1985): Verhaltensbiologie. Einführung in die Ethologie. Thieme Verlag, Stuttgart. 301 pp.

FRASER JD, FRENZEL LD, MATHISEN JE (1985): The impact of human activities on breeding Bald Eagles in north-central Minnesota. J. Wildl. Manage. 49: 585-592.

FRID A, DILL L (2002): Human-caused disturbance stimuli as a form of predation risk. Conserv. Ecol. 6: 11. http://www.consecol.org/vol6/iss1/art11/.

GARNIEL A, DAUNICHT WD, MIERWALD U, OJOWSKI U (2007): Vögel und Verkehrslärm. Quantifizierung und Bewältigung entscheidungserheblicher Auswirkungen von Verkehrslärm auf die Avifauna, Schlussbericht. FuE-Vorhaben 02.237/2003/LR, Bundesministerium für Verkehr, Bau- und Stadtentwicklung. Bonn, Kiel. 273 pp.

GERDES K, REEPMEYER H (1983): Zur räumlichen Verteilung überwinternder Saat- und Bleßgänse (*Anser fabalis* und *A. albifrons*) in Abhängigkeit von naturschutzschädlichen und fördernden Einflüssen. Vogelwelt 104: 54-70.

GILL JA, NORRIS K, SUTHERLAND WJ (2001): Why behavioural responses may not reflect the population consequences of human disturbance. Biol. Conserv. 97: 265-268.

GRUBB TG, BOWERMAN WW, GIESY JP, DAWSON GA (1992): Responses of breeding Bald Eagles, *Haliaeetus leucocephalus*, to human activities in northcentral Michigan. Can. Field Nat. 106: 443-453.

HALL DA, MOORE DR (2003): Auditory neuroscience: the salience of looming sounds. Curr. Biol. 13: 91-93.

HARMS CA, FLEMING WJ, STOSKOPF MK (1977): 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.

HARRIS CM (2005): Aircraft operations of birds in Antarctica: the development of practical guidelines. Biol. Conserv. 125: 309-322.

HEGELBACH J (1999): Brutbestand der Nachtigall *Luscinia megarhynchos* und anderer ausgewählter Singvogelarten in einer Probefläche am Rande des Flughafens Zürich-Kloten. Orn. Beob. 96: 41-48.

©Nationalpark Donau-Auen GmbH, download www.zobodat.at

HELLWIG U, KRÜGER-HELLWIG L (1993): Wirkungen von Lenkdrachen auf Vögel. Reaktionen der Avifauna in Grünland und Calluna-Heiden. Naturschutz und Landschaftspflege 25: 29-32.

HILGERLOH G (1990): Ungewöhnliches Verhalten von Zugvögeln in Gibraltar: Störung durch Flugzeuge. J. Ornithol. 131: 311-316.

HILL D, HOCKIN D, PRICE D, TUCKER G, MORRIS R, TREWEEK J (1997): Bird disturbance: improving the quality and utility of disturbance research. J. Appl. Ecol. 34: 275-288.

HÜPPOP O (1995): Störungsbewertung anhand physiologischer Parameter. Ornithol. Beob. 92: 257-268.

HÜPPOP O (2001): Auswirkungen menschlicher Störungen auf den Energiehaushalt und die Kondition von Vögeln und Säugern. In: RECK H (Bearb.): Lärm und Landschaft. Angew. Landschaftsökol. 44: 25-32. Bundesamt für Naturschutz, Bonn - Bad-Goodesberg.

HÜPPOP O, HAGEN K (1990): Der Einfluß von Störungen auf Wildtiere am Beispiel der Herzschlagrate brütender Austernfischer (*Haematopus ostralegus*). Vogelwarte 35: 301-310.

JOHNSON CL, REYNOLDS RT (2002) Responses of Mexican Spotted Owls to low-flying militäry jet aircraft. USDA Forest Service Research Note RMRS-RN-12, 4 pp.

KAHLERT J, FOX AD, ETTRUP H (1996): Nocturnal feeding in moulting Greylag Geese *Anser anser* – an antipredator response? Ardea 84: 15-22.

KELLER V (1995): Auswirkungen menschlicher Störungen auf Vögel – eine Literaturübersicht. Ornithol. Beob. 92: 3-38.

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. Natursch. Landschaftspl. 30: 17-28.

KIRST C (1989): Flugsportanlagen in der Bundesrepublik Deutschland und ihr Konflikt mit dem Naturschutz. Natur Landsch. 64: 343-349.

KLUMP GM (2001): Die Wirkung von Lärm auf die auditorische Wahrnehmung der Vögel. In: RECK H (Bearb.): Lärm und Landschaft. Angew. Landschaftsökol. 44: 9-23. Bundesamt für Naturschutz, Bonn - Bad-Goodesberg.

©Nationalpark Donau-Auen GmbH, download www.zobodat.at

KOLLAR HP (2007): Umweltverträglichkeitserklärung Parallelpiste 11R/29L, Fachbeitrag 02.220 Avifauna, Heuschrecken und Ziesel. UVP-Einreichprojekt, Flughafen Wien AG. 166 pp.

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 pp.

KÜSTERS E, VAN RADEN H (1998): Zum Einfluss militärischen Schießbetriebs auf Vögel im Wattenmeer. Z. Jagdwiss. 44: 221-236.

LAFFERTY KD (2001): Disturbance to wintering Western Snowy Plovers. Biol. Conserv. 101: 315-325.

LUGERT J (1988): Militär und Tourismus als Störfaktor für Enten und Gänse (Anatidae) in dem Naturschutzgebiet „Geltinger Birk". Seevögel 9: 44-47.

MEYBURG BU, SCHELLER W, BERGMANIS U (2004): Home range size, habitat utilisation, hunting and time budgets of Lesser Spotted Eagles *Aquila pomarina* with regard to disturbance and landscape fragmentation. In: CHANCELLOR RD, MEYBURG BU (Hrsg.): Raptors Worldwide: 615-635. WWGBP/MME, Berlin/Budapest.

MOBERG GP (1985): Biological response to stress: key to assessment of animal well-being? In: MOBERG GP (Hrsg.): Animal stress: 27-49. American Physiological Society, Bethesda, Maryland.

MOBERG GP, MENSCH JA (2000): The biology of animal stress: basic principles and implications for animal welfare. CABI Publishing, Wallingford. 384 pp.

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.

MURPHY SM, RITCHIE, RJ, PALMER AG, NORDMEYER DL, ROBY DD, SMITH MD (2001): Responses of Peregrine Falcons to military jet aircraft. In: BAKER M, BELLIVEAU G (Hrsg.): Terra Borealis – Effects of noise on wildlife Conference Proceedings: 34-35. Institute for Environmental Monitoring and Research 2, Happy Valley-Goose Bay, Labrador.

NEEBE B, HÜPPOP O (1994): Der Einfluss von Störreizen auf die Herzschlagrate brütender Küstenseeschwalben (*Sterna paradisaea*). Artenschutzreport 4: 8-13.

NEWTON I (1979): Population ecology of raptors. Poyser, London. 399 pp.

©Nationalpark Donau-Auen GmbH, download www.zobodat.at

NIEMANN J, SOSSINKA R (1992): Einfluss von Hubschrauber-Überflügen auf Vögel in Rastgebieten. J. Ornithol. 133: 331-332.

NORMAN RK, SAUNDERS DR (1969): Status of Little Terns in Great Britain and Ireland in 1967. Brit. Birds 62: 4-13.

OWENS NW (1977): Responses of wintering Brent geese to human disturbance. Wildfowl 28: 5-14.

PATRICELLI GL, BLICKLEY JL (2006): Avian communication in urban noise: Causes and consequences of vocal adjustment. Auk 123: 639-649.

PEPPER CB, NASCARELLA MA, KENDALL RJ (2003): A review of the effects of aircraft noise on wildlife and humans, current control mechanisms, and the need for further study. Environ. Manage. 32: 418-432.

PULLIAM HR (1973): On the advantages of flocking. J. theor. Biol. 38: 419-422.

QUAISSER C, HÜPPOP O (1995): Was stört den Kulturfolger Großtrappe *Otis tarda* in der Kulturlandschaft? Ornithol. Beob. 92: 269-274.

REIJNEN R, FOPPEN R (1994): The effects of car traffic on breeding bird populations in woodland. I. Evidence of reduced habitat quality for willow warblers (*Phylloscopus trochilus)* breeding close to a highway. J. Appl. Ecol. 31: 85-94.

REIJNEN R, FOPPEN R (1997): Disturbance by traffic of breeding birds: Evaluation of the effect and considerations in planning and managing road corridors. Biodiversity Conserv. 6: 567-581.

REIJNEN R, FOPPEN R, TER BRAAK C, THISSEN J (1995): The effects of car traffic on breeding bird populations in woodland. III. Reduction of density in relation to the proximity of main roads. J. Appl. Ecol. 32: 187-202.

RIDDINGTON R, HASSALL M, LANE SJ, TURNER PA, WALTERS R (1996): The impact of disturbance on the behaviour and energy budgets of Brent Geese *Branta b. bernicla*. Bird Study 43: 269-279.

ROUNSEVELL D, BINNS D (1991): Mass deaths of King Penguins (*Aptenodytes patagonicus*) at Lusitania Bay, Macquarie Island. Aurora 10: 8-10.

SCHUECK LS, MARZLUFF JM (1995): Influence of weather on conclusions about effects of human activities on raptors. J. Wildl. Manage. 59: 674-682.

SIEGEL HS (1980): Physiological stress in birds. BioScience 30: 529-534.

©Nationalpark Donau-Auen GmbH, download www.zobodat.at

SLABBERKOORN H, RIPMEESTER AP (2008): Birdsong and anthropogenic noise: Implications and applications for conservation. Molec. Ecol. 17: 72-83.

SODHI NS (2002) Competition in the air: Birds versus aircraft. Auk 119: 587-595.

SOSSINKA R, NIEMANN J (1994): Störungen von Entenvögeln durch Hubschrauber nach Untersuchungen an der Weserstaustufe Schlüsselburg. Artenschutzreport 4: 19-21.

STALMASTER MV, KAISER JL (1997): Flushing responses of wintering Bald Eagles to military activity. J. Wildl. Manage. 61: 1307-1313.

STIDL HG (2002): Schall, Hören, Lärm. http://www.oal.at/.

STOCK M, HOFEDITZ F (1994): Beeinflussen Flugbetrieb und Freizeitaktivitäten das Aktivitätsmuster von Ringelgänsen (*Branta bernicla*) im Wattenmeer? Artenschutzreport 4: 13-19.

STOCK M, HOFEDITZ F (1997): Grenzen der Kompensation: Energiebudgets von Ringelgänsen (*Branta b. bernicla*) – die Wirkung von Störreizen. J. Ornithol. 138: 387-411.

STOCK M, HOFEDITZ F, MOCK K, POHL B (1995): Einflüsse von Flugbetrieb und Freizeitaktivitäten auf Verhalten und Raumnutzung von Ringelgänsen (*Branta bernicla bernicla*) im Wattenmeer. Corax 16: 63-83.

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.

TEUFELBAUER N, FRANK G (in Druck): Donauauen östlich von Wien. In: DVORAK M (Hrsg.): Important Bird Areas in Österreich. BirdLife Österreich, Wien.

THOMAS PW (1999): The effects of low-level flying military aircraft on the reproductice output of Osprey in Labrador and northeastern Québec. MSc thesis, McGill University, Montréal, Québec. 79 pp.

TINBERGEN N (1951): The study of instinct. Clarendon Press, Oxford. 228 pp.

TRIMPER PG, STANDEN NM, LYE LM, LEMON D, CHUBBS TE, HUMPHRIES GW (1998): Effects of low-level jet aircraft noise on the behaviour of nesting osprey. J. Appl. Ecol. 35: 122-130.

TRIMPER PG, THOMAS P (2001): Summary of Osprey research relating to the low-level flying program in Labrador and Quebec. In: BAKER M, BELLIVEAU G (Hrsg.): Terra

©Nationalpark Donau-Auen GmbH, download www.zobodat.at

Borealis – Effects of noise on wildlife Conference Proceedings: 36-40. Institute for Environmental Monitoring and Research 2, Happy Valley – Goose Bay, Labrador.

WARD DH, STEHN RA, ERICKSON WP, DERKSEN DV (1999): Response of fall-staging Brant and Canada Geese to aircraft overflights in southwestern Alaska. J. Wildl. Manage. 63: 373-381.

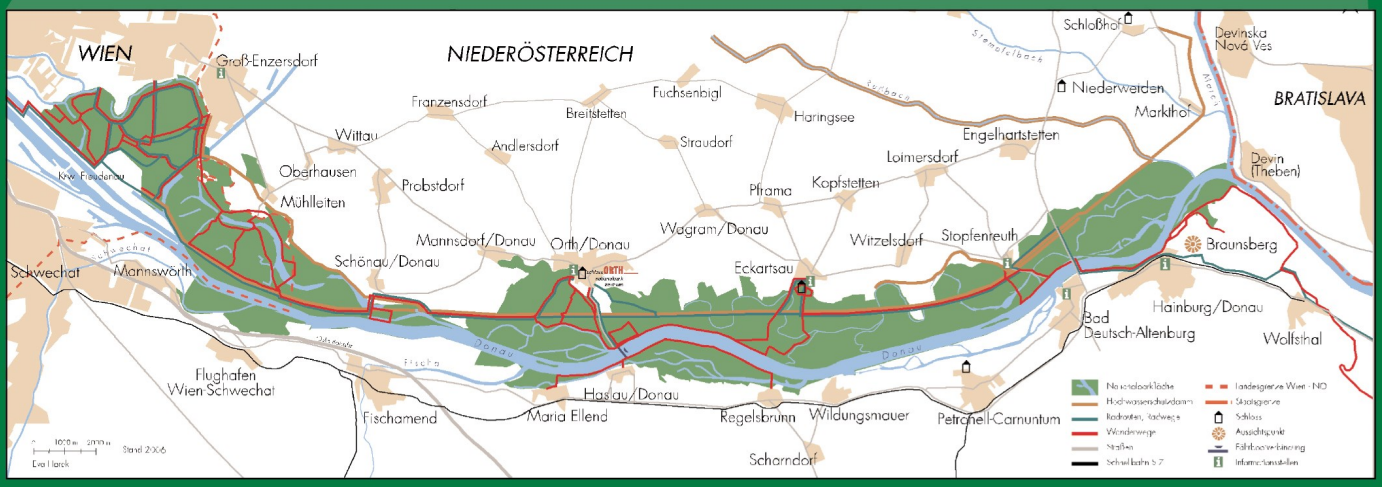
ZUKUNFT BIOSPHÄRE GMBH (2003): Der Einfluss von Hängegleitern und Gleitseglern auf die Avifauna: Ornithologische Bewertung von Startplatzbereichen auf ausgewählten Fluggeländen in Lebensraumtypen. Studie im Auftrag des Deutschen Hängegleiterverbands (DHV). Zukunft Biosphäre GmbH, Gesellschaft zur nachhaltigen Entwicklung, Bischofswiesen. 101 pp.

©Nationalpark Donau-Auen GmbH, download www.zobodat.at

- Herausgeber: Nationalpark Donau-Auen GmbH
- Titelbild: N. Teufelbauer
- Für den Inhalt sind die Autoren verantwortlich

- Für den privaten Gebrauch beliebig zu vervielfältigen
- Nutzungsrechte der wissenschaftlichen Daten verbleiben beim Rechtsinhaber
- Als pdf-Datei direkt zu beziehen unter www.donauauen.at
- Bei Vervielfältigung sind Titel und Herausgeber zu nennen / any reproduction in full or part of this publication must mention the title and credit the publisher as the copyright owner: © Nationalpark Donau-Auen GmbH

- Zitiervorschlag: MURAOKA, Y., TEUFELBAUER, N., WICHMANN, G. (2016) Auswirkungen von Flugzeug-Einflugschneisen auf die Vogelwelt unter besonderer Berücksichtigung von Großvögeln und Arten aus dem Anhang I der EU-Vogelschutzrichtlinie, Teil 1: Literaturstudie. Wissenschaftliche Reihe Nationalpark Donau-Auen, Heft 45



Nationalpark Donau-Auen GmbH
A-2304 Orth/Donau, Schloss Orth
Tel. 02212/3450, Fax DW 17
nationalpark@donauauen.at, www.donauauen.at

KOSTBARE NATUR FÜR GENERATIONEN

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: Nationalpark Donauauen - Wissenschaftliche Reihe

Jahr/Year: 2016

Band/Volume: 45

Autor(en)/Author(s): Muraoka Yoko, Teufelbauer Norbert, Wichmann Gábor

Artikel/Article: Auswirkungen von Flugzeug-Einflugschneisen auf die Vogelwelt unter besonderer Berücksichtigung von Großvögeln und Arten aus dem Anhang I der EU-Vogelschutzrichtlinie - Teil 1: Literaturstudie 1-36