

Beurteilung und Reduzierung des Vogelschlagrisikos

(Assessment and reduction of the bird strike risk)

von JÜRGEN BECKER Wittlich

Zusammenfassung: Bei der Beurteilung des Vogelschlagrisikos sind biologische, technische und flugbetriebliche Faktoren zu beachten. Die biologisch bedingte Vogelschlaggefahr lässt sich durch die Bestimmung von Vogelresten und Kenntnisse der räumlichen und zeitlichen Verteilung flugbetriebsgefährdender Vogelarten abschätzen. Das konkrete Vogelschlagrisiko lässt sich jedoch nicht quantifizieren. Verfahren zur Reduzierung des Vogelschlagrisikos sind: Erhöhung der Vogelschlagfestigkeit des Luftfahrzeugs, Verringerung der Fluggeschwindigkeit, Biotopmanagement auf Flugplätzen, Nutzung von Geographischen Informationssystemen zur Risikobeurteilung, aktuelle Vogelschlagwarnungen (BIRDTAM).

Summary: The assessment of bird strike risks should include biological, technical and flight operational factors. The biological bird strike hazard can be estimated by identification of bird remains and knowledge about the spatial and temporal distribution of bird species dangerous to flight operations. Bird strike risks in specific cases can, however not be quantified. Measures to reduce bird strike risks include: improvement of the structural resistance of aircraft to bird strikes, reduction of flight speed, efficient biotope management at airfields, use of Geographical Information Systems serving the assessment of risks, and real-time bird strike warnings (BIRDTAM).

1. Einleitung

Die Wahrscheinlichkeit eines Vogelschlages ist direkt proportional der Zahl der Vögel im Flugweg eines Luftfahrzeuges. Diese Gefahr (Hazard) variiert beträchtlich in Raum und Zeit. Deshalb sollten Gebiete, Höhenbänder und Zeiten mit hoher Vogeldichte möglichst vom Luftverkehr gemieden werden. Eine solche Teilung des Luftraumes zwischen Luftfahrzeugen und Vögeln ist aber nur dann möglich, wenn verlässliche dreidimensionale Daten der aktuellen Vogeldichte (am besten als kg Vögel pro km³) zur Verfügung stehen.

Bei der Beurteilung des Vogelschlagrisikos (Risk) ist jedoch nicht nur die Zahl der Vögel, sondern auch deren Gewicht und deren Flugverhalten (z.B. Schwarmbildung) sowie die Fluggeschwindigkeit und Vogelschlagfestigkeit der einzelnen Bauteile eines Luftfahrzeuges zu beachten. Soll das Vogelschlagrisiko verringert werden, sind somit biologische, technische und flugbetriebliche Gesichtspunkte entscheidend.

2. An Vogelschlägen beteiligte Vogelarten

Die wichtigste Quelle zur Beurteilung, welche Vogelarten am häufigsten an Vogelschlägen beteiligt sind, ist die Bestimmung der gefundenen Vogelreste. Bedauerlicherweise sind diese Daten in hohem Maße unvollständig. In der europäischen militärischen Vogelschlagstatistik (EURBASE) liegen nur bei etwa 30 % aller gemeldeten Zwischenfälle Angaben zur Vogelart vor (DEKKER, 1998). In der Bundeswehr sind es sogar nur 20 %, und in der zivilen Luftfahrt ist die Bilanz teilweise noch schlechter. Die Gründe dafür sind vielfältig:

- bei vielen Vogelschlägen mit Kleinvögeln, die höchstens Blutspuren am Luftfahrzeug hinterlassen, können Reste nicht sichergestellt werden,
- bei gefundenen Federresten ist dem Wartungspersonal die Bedeutung dieser Reste bzw. die Möglichkeit, daraus die beteiligte Vogelart zu bestimmen, unbekannt,
- die Meldeverfahren sind nicht bekannt oder werden als unnötige Arbeit empfunden, insbesondere, wenn am Luftfahrzeug kein Schaden entstanden ist.

Bei der Deutschen Lufthansa wurde versucht, die Ergebnisse durch bessere Information des Wartungspersonals über die Bedeutung der Vogelreste zu verbessern. Trotzdem wurden im Zeitraum 1995 - 1998 nur bei weniger als 9 % aller Vogelschläge Reste sichergestellt und bestimmt.

Die Vogelrestbestimmungen der Bundeswehr (Zeitraum 1981 - 94, 2304 Vogelreste) zeigten, dass bei den 750 Zwischenfällen mit Schaden am Luftfahrzeug 53 % der beteiligten Vögel zwischen 450 und 1200 g wogen. In diese Gewichtsklasse gehören häufige Vogelarten wie Mäusebussard, Ringeltaube und Silbermöwe. Die Gewichtsklasse 110 bis 450 g war zu 27 % beteiligt; ihr gehören häufige Arten wie Turmfalke, Kiebitz und Lachmöwe an. Schwierig ist die Beurteilung der Vogelarten ≥ 1200 g. Sie waren zwar nur mit 4 % an den Vogelschlägen beteiligt, das Ausmaß des Schadens und damit das Flugsicherheitsrisiko ist aber beträchtlich. Die häufigste Vogelart in dieser Kategorie war die Stockente.

In den USA konzentriert sich das Vogelschlagvermeidungs-Modell (Bird Avoidance

Model = BAM) der US-Luftwaffe (USAF) auf die besonders gefährlichen Vogelarten. So ist der Truthahngerier (*Cathartes aura*, 850 - 2000 g) nur an 1 % der Vogelschläge beteiligt, verursacht aber zu ca. 40 % Schäden am Luftfahrzeug (SPEELMAN et al, 1998). Die zeitlichen und räumlichen Schwerpunkte seines Vorkommens in den USA sind im BAM gespeichert und können bei der Flugplanung berücksichtigt werden.

In Europa besteht kaum die Möglichkeit in vogelarme Gebiete auszuweichen. Um so wichtiger ist es, die kleinräumigen Vogelmassierungsgebiete insbesondere in der Umgebung der Flughäfen/-plätze sowie die aktuellen Schwerpunkte des Vogelzuges zu kennen und in geeigneter Form den Piloten zur Kenntnis zu bringen.

3. Räumliche Verteilung der Vögel

Die Zahl der Vögel und die damit verbundene Gefahr eines Vogelschlages weist oft schon über geringe Entfernungen beträchtliche Unterschiede auf. Leider fehlen oft detaillierte Daten über die Dichte häufiger Vogelarten besonders außerhalb der Brutzeit. Selbst in Ländern wie den Niederlanden oder Großbritannien, wo bei nationalen Vogelzählungen tausende Amateurnornithologen mitwirken, sind quantitative Angaben über das Vorkommen häufiger Vogelarten lückenhaft. Außerdem ist zu beachten, dass derartige Zählungen nur eine Momentaufnahme darstellen und nicht ständig aktualisiert werden können. Deshalb konzentriert sich die Bestandsaufnahme meistens auf ausgewählte Gebiete, die als Brut-, Rast- oder Überwinterungsplätze gefährdeter Vogelarten bekannt sind. Diese Gebiete lassen sich in Karten dokumentieren, wobei allerdings eine einheitliche Bewertung hinsichtlich der Vogelschlaggefahr nur schwer durchzuführen ist. Aber auch aus Vogelschutzgründen sollten diese Gebiete nicht unter einer Entfernung bzw. Flughöhe von 200 m überflogen werden. Da jedoch die meisten flugbetriebsgefährdenden Vogelarten nicht an ein solches Netz von Vogelmassierungsgebieten gebunden sind, bleibt die Forderung nach flächendeckenden Daten über die raum-zeitliche Verbreitung der häufigsten mittelgroßen bis großen Vogelarten unerfüllt.

4. Zeitliche Unterschiede der Vogeldichte

Die meisten Vogelmassierungen unterliegen einer erheblichen zeitlichen Dynamik: Vogelbrutkolonien sind im Winter verwaist, viele Binnengewässer beherbergen mehr Wintergäste als Brutvögel, und während des Vogelzuges kann es zeitweilig zu hohen Vogeldichten im Luftraum kommen. Mit Ausnahme des Wattenmeeres sind diese

zeitlichen Unterschiede in Deutschland bedeutsamer als die unterschiedliche räumliche Verteilung der Vögel.

Ein aktuelles Bild der zeitlichen Schwerpunkte des Vogelaufkommens zu gewinnen, ist noch schwieriger als die räumliche Erfassung der Vögel. Alle Langzeitdaten können nur einen groben Anhalt geben. Deshalb ist die kontinuierliche und flächendeckende Erfassung der Vogelbewegungen mittels Radar die einzige Möglichkeit, die zeitlichen Vogelkonzentrationen im Luftraum aktuell zu erkennen und vor ihnen zu warnen. In welchem Maße dies heute möglich ist, zeigen die Erfahrungen in den Niederlanden mit dem ROBIN (= Radar Observation of Bird Intensity)-System (BUURMA 1994, 1998). Das System ist in der Lage, aus ungefilterten Radardaten Vogelechos zu identifizieren, wobei inzwischen auch lokale, ungerichtete Flugbewegungen von Vögeln registriert werden und die Vogeldichte quantifiziert werden kann. Auch das US-Wetterradarsystem NEXRAD (WSR-88D) ist grundsätzlich in der Lage, flächendeckende Vogelzug- und Vogelmassierungsdaten in Echtzeit zu liefern. Es ist vorgesehen, mit diesen Daten das Vogelschlagvermeidungs-Modell BAM zu ergänzen (SHORT 1998) und ihm dadurch eine höhere Aktualität zu geben. In Deutschland ist eine solche quantitative Erfassung bisher nicht möglich, da die Radarvogelzugbeobachtung nur für Zwecke der Flugsicherung bzw. Luftraumüberwachung gefilterte Radardaten nutzen kann. Auf diese Weise lassen sich zwar die zeitlichen Schwerpunkte des großräumigen Vogelzuges erkennen, ungerichtete kleinräumige Vogelflüge sind jedoch nicht identifizierbar.

5. Beurteilung des Vogelschlagrisikos

Aus den genannten Gründen ist eine aktuelle flächendeckende Beurteilung der Vogelschlaggefahr (Hazard) nur mit großem Aufwand möglich und nur in wenigen Ländern realisiert (Niederlande, Israel). Die entsprechenden Verfahren in Belgien, Dänemark und Deutschland liefern nur Teilinformationen über Vogelzüge (ca. 20 - 30 % der in den Niederlanden gewonnenen Daten); die Ergebnisse der Radarvogelzugbeobachtung in Frankreich werden dem Ausland nicht mitgeteilt.

Die Daten über Vogelmassierungen und Vogelzüge geben Hinweise auf die vorhandene räumlich und zeitlich unterschiedliche Vogelschlaggefahr, wobei bei Radarbeobachtungen die Vogelarten weitgehend unbekannt bleiben. Dadurch kann zwar die Wahrscheinlichkeit eines Vogelschlages vorhergesagt werden, nicht aber das mögliche Ausmaß eines Schadens, das bekanntlich von der Masse des Vogels, der Geschwindigkeit des Luftfahrzeuges sowie dem Auftreffpunkt am Luftfahrzeug abhängt. Ein weiterer Faktor ist die Vogelschlagfestigkeit der einzelnen Bauteile. So

müssen moderne Strahlflugzeuge den Aufprall eines 1,8 kg schweren Vogels auf den Frontbereich sowie eines 3,6 kg schweren Vogels auf das Triebwerk verkraften können (SPEELMAN et al. 1998).

Wie unterschiedlich das Vogelschlagrisiko (Risk) für verschiedene Luftfahrzeugmuster ist, zeigt die Vogelschlagstatistik der Bundeswehr (Zeitraum 1988 - 1997):

- Die Vogelschlagrate des Waffensystems PA 200 Tornado lag mehr als doppelt so hoch wie beim Waffensystem F-4F Phantom. Die Schadensrate war sogar dreimal so hoch.
- Bei Propellerflugzeugen (v.a. C-160 Transall) lag die Vogelschlagrate in gleicher Größenordnung wie beim Waffensystem F-4F. Die Schadensrate war aber um ein Drittel geringer.
- Die Vogelschlagrate der Hubschrauber war weniger als halb so hoch wie bei den Propellerflugzeugen, die Schadensrate war sogar um ein Drittel geringer.

Auch die flugbetrieblichen Verfahren beeinflussen wesentlich das Vogelschlagrisiko. In der zivilen Luftfahrt konzentriert sich das Risiko auf den Bereich der Flughäfen/plätze sowie die An-/Abflugsektoren. Im militärischen Flugbetrieb besteht das Risiko vor allem im Tiefflug, wobei die Flughöhe eine große Bedeutung hat. Bei der USAF ereigneten sich ca. 70 % aller Vogelschläge unter 500 ft GND (SPEELMAN et al., 1998). Die Anhebung der Mindestflughöhe auf 1000 ft GND für Strahlflugzeuge der Deutschen Luftwaffe im September 1990 hatte jedoch auf die Vogelschlagraten einen geringeren Einfluß, als zunächst angenommen wurde. Insbesondere bei der Schadensrate war kein signifikanter Rückgang feststellbar.

Eine detaillierte Beurteilung des Vogelschlagrisikos muss somit eine Vielzahl biologischer, technischer und flugbetrieblicher Faktoren berücksichtigen, die häufig nicht quantifizierbar sind. Auch die Vogelschlagstatistik ist ein viel zu begrenztes und unsicheres Datenkollektiv, um diese Fragen erschöpfend beantworten zu können.

6. Verfahren zur Reduzierung des Vogelschlagrisikos

6.1 Erhöhung der Vogelschlagfestigkeit von Luftfahrzeugen

Wenn Vogelschläge nicht grundsätzlich zu verhindern sind, ist es wichtig, dass möglichst kein Schaden am Luftfahrzeug entsteht bzw. der Schaden gering bleibt. Die Vogelschlagfestigkeit bestimmter Strukturen ist jedoch das Ergebnis einer Güterabwägung zwischen Kosten, Verlust an Nutzlast und der Wahrscheinlichkeit einer Kollision mit Vögeln einer bestimmten Gewichtsklasse (SPEELMAN et al., 1998).

Bei der Entwicklung aller neuen Luftfahrzeuge wird die Vogelschlagfestigkeit berücksichtigt. Neben theoretischen Berechnungen ist der Beschuss der jeweiligen Bauteile mit toten Hühnern mit einem Gewicht von 1,8 kg ein seit Jahrzehnten übliches Testverfahren.

Die Vogelschlagfestigkeit der Luftfahrzeuge wurde auch durch Einführung neuer Materialien, wie Kunststoff-Verbundwerkstoffe für die Cockpitscheiben oder neuer Techniken, wie die Mantelstromtriebwerke, die u.a. zur Lärmreduzierung und Treibstoffersparnis entwickelt wurden, verbessert. Trotzdem sind die glücklicherweise seltenen Kollisionen mit Großvögeln, wie Gänsen, Adlern oder Geiern, sowie Mehrfachvogelschläge weiterhin ein Risiko, das mit konstruktiven Maßnahmen nicht zu bewältigen ist.

6.2 Verringerung der Fluggeschwindigkeit

Da die bei einem Vogelschlag wirksame Aufprallenergie exponentiell mit der Geschwindigkeit des Luftfahrzeugs ansteigt, besteht die Möglichkeit, innerhalb der flugtechnisch bedingten Grenzen durch eine Verringerung der Fluggeschwindigkeit Vogelschlagschäden zu vermeiden oder zu vermindern. Die Britische Luftwaffe hatte in Deutschland bei erwarteter erhöhter Vogelschlaggefahr dieses Verfahren mit einigem Erfolg angewendet. Häufig wird diese Möglichkeit aber aus flugbetrieblichen Gründen nicht in Erwägung gezogen.

6.3 Biotopmanagement auf Flughäfen/-plätzen

Vögel nutzen die Flugplätze als Nahrungs-, Rast- und Brutbiotope. Im Gegensatz zu landesweiten Erhebungen läßt sich das aktuelle Vogelschlagrisiko auf Flughäfen/-plätzen durch ein entsprechendes Monitoring-Programm jederzeit bestimmen und durch gezielte Gegenmaßnahmen verringern. Sind die Habitatansprüche der häufigsten Vogelarten bekannt, läßt sich die Vogelschlaggefahr am Platz durch ein gezieltes Biotopmanagement auch langfristig verringern. Wie schwer das aber im Einzelfall sein kann, zeigt das Beispiel des John F. Kennedy-Flughafens New York (DOLBEER, 1998, DOLBEER U. BUCKNAUL., 1997), wo durch die benachbarte Möwenkolonie während der Brutzeit eine ständige Zuwanderung von Jungmöwen erfolgt. Durch Abschuss von über 50.000 Möwen seit 1991 konnte zwar die Zahl der Vogelschläge etwa auf die Hälfte gesenkt werden, eine negative Publicity war aber nicht zu vermeiden. Deshalb wurden seit 1996 auch Falken zur Vogelabwehr eingesetzt, eine Maßnahme, die die Vogelschläge zwar nicht reduzierte, aber zu einer Imageverbesserung führte (DOLBEER 1998).

6.4 Nutzung von geographischen Informationssystemen

Ein geographisches Informationssystem (GIS) ist ein Mittel zur Sammlung, Spei-

cherung, Bewertung, Verknüpfung und Darstellung raumbezogener Informationen. Im Vergleich mit herkömmlichen Karten ist es nutzerfreundlicher und schneller aktualisierbar. Auch für die Darstellung von Gebieten mit unterschiedlicher Vogelschlaggefahr sind dies Vorteile, wenn auch die Probleme der Datenerhebung und -bewertung unverändert bleiben. Da sich ein GIS primär auf langfristige Beobachtungsdaten stützen muss, die bei Vogelbestandsaufnahmen und Vogelzugebeobachtungen gewonnen werden, ist nur eine Abschätzung der mittleren Vogelschlaggefahr in bestimmten Gebieten. Flugstrecken und -höhen bezogen auf verschiedene Luftfahrzeugtypen und Einsatzprofile möglich. Ein Vogelschlag-Vorhersagemodell (wie das BAM) enthält Daten über Vogelpopulationen in den Flugkorridoren unter Berücksichtigung ihrer jahreszeitlichen und tageszeitlichen Aktivitätsmuster. Durch Vergleich verschiedener Alternativen kann die sicherste Route gewählt werden (SPEELMAN et al., 1998). Das BAM bezog sich zunächst nur auf die Flugrouten und Rastgebiete von Gänsevögeln, später wurden auch andere vogelschlagrelevante Gruppen, wie Greifvögel, Geier, Kraniche, Pelikane und Möwen einbezogen (RUBIN, 1992). Das BAM ist ein nützliches Informationssystem für ein großes Gebiet, wie die USA, in dem Vogelzüge jeweils nur einen Teil des Landes betreffen und Alternativen für militärische Übungsflüge bestehen. In Kombination mit aktuellen Beobachtungsdaten, die flächendeckend mit Radar gewonnen werden, kann es aber auch kurzzeitige und kleinräumige Unterschiede des Vogelschlagrisikos berücksichtigen und als integriertes Warnsystem vor Vogelschlägen dienen.

6.5 Aktuelle Vogelschlagwarnungen (BIRDTAM)

Das Vogelschlagwarn-(BIRDTAM-)System in Europa wurde seitens der militärischen Flugsicherheit mit dem Ziel begründet, die Zahl der Vogelschläge im Tiefflug zu verringern. Grundlage für die Warnungen sind überwiegend Radarbeobachtungen großräumiger Vogelzüge ab einer bestimmten Intensität (BECKER, 1994). Im Gegensatz zu geographischen Informationssystemen, wie dem BAM, liegt somit der Schwerpunkt auf den dynamischen Aspekten der Vogelschlaggefahr. Wenn eine kontinuierliche und weitgehend flächendeckende Radarbeobachtung gewährleistet ist, lässt sich der Flugbetrieb vor den zeitlichen und räumlichen Maxima des Vogelzuges („Zugwellen“) nahezu in Echtzeit warnen, und überflüssige Flugeinschränkungen können vermieden werden. In der Praxis ist die Radarabdeckung aber oft unvollständig, insbesondere wenn die verwendeten Radarparameter keine optimale Erfassung der Vögel gestatten, der Vogelzug sehr niedrig verläuft oder Radargeräte zeitweilig für diesen Zweck nicht zu Verfügung stehen. Aus den gleichen Gründen können die Intensitäten des Vogelzuges häufig nur abgeschätzt, aber nicht exakt quantifiziert werden. Trotz dieser Mängel hat sich das BIRDTAM-Verfahren, dem bis 1997 acht Staaten durch Ratifizierung des NATO-Standardisierungsabkommens (STANAG Nr. 3879) grundsätzlich zugestimmt haben, in Europa bewährt. Allerdings sind

nur Belgien, Dänemark, Deutschland und die Niederlande in der Lage, routinemäßig derartige Warnungen zu erstellen. Die künstlichen Grenzen (GEOREF-System) und Gültigkeitszeiten entsprechen nicht immer der ornithologischen Realität, definieren aber die Flugeinschränkungen eindeutig und sind somit den Erfordernissen des militärischen Strahlflugbetriebs angepasst.

7. Schlussfolgerungen

Die Beurteilung des Vogelschlagrisikos ist im Allgemeinen nur näherungsweise möglich (BECKER, 1994), da

- es grundsätzlich unmöglich ist, alle Vogelflüge in einem größeren Gebiet zu erfassen, auch wenn ein relativ dichtes (Radar-)Beobachtungsnetz zur Verfügung steht,
- das ganzjährig vorhandene „Vogelschlag-Grundrisiko“ keine Flugeinschränkungen rechtfertigt, sondern nur vor hohen Vogeldichten gewarnt werden kann,
- eine Warnung vor Einzelvögeln, auch wenn es sich um vogelschlagrelevante Arten handelt, grundsätzlich nicht möglich ist,
- ein Vogelschlag und das Ausmaß des Schadens nicht exakt vorhersagbar sind.

Alle Verfahren zur Reduzierung des Vogelschlagrisikos können somit nur das Ziel haben, die Wahrscheinlichkeit und das Ausmaß eines Vogelschlages zu verringern (BECKER, 1996):

- Alle Luftfahrzeugmuster sollten eine möglichst hohe Vogelschlagfestigkeit besitzen.
- Wenn bestimmte Gebiete zeitweise ohne große Einschränkungen für den Flugbetrieb gemieden werden können, ist eine allgemeine Information in Form von Karten oder GIS über die Lage und Größe des Gebietes, Gefährdungszeiten und -höhen ausreichend.
- Wenn verschiedene Flugrouten oder Übungsgebiete zur Auswahl stehen, sind zur Bewertung der Alternativen aktuelle Daten über Vogelmassierungen/-dichten, wie z.B. in dem zukünftigen BAM (SHORT, 1998), erforderlich.
- Wenn ein Vogelschlagrisikogebiet durchflogen werden muss, sind detaillierte aktuelle Daten über Vogeldichte, sowie gefährliche Vogelarten und deren Flugverhalten erforderlich, um die Gebiete und Zeiten mit dem geringsten Konfliktpotential zu bestimmen.
- Wenn landesweite aktuelle Daten, z.B. für die Planung und Durchführung von militärischen Übungsflügen, benötigt werden, ist ein flächendeckendes Radarbeobachtungsnetz unverzichtbar.

Der Pilot eines Strahlflugzeuges kann und sollte vor erkannten Vogelschwärmen bzw. größeren Einzelvögeln normalerweise nicht ausweichen, da die Reaktionszeit zu kurz ist. Nach SPEELMAN et al. (1998) bemerkt er eher einen Vogel, mit dem er überhaupt nicht kollidieren würde, als den, der sich unmittelbar in seinem Flugweg befindet und auf das Luftfahrzeug trifft. Wieweit durch die in den USA (SPEELMAN et al., 1998) zur Vermeidung von Vogelschlägen z.Z. geprüften technischen Verfahren, wie die Nutzung des Anti-Kollisions-Radars zur Erkennung größerer Einzelvögel/-schwärme oder die Wirkung von Infraschall zur Vogelvergrämung, das Vogelschlagrisiko verringert werden kann, lässt sich noch nicht beurteilen.

Literatur:

BECKER, J. (1994): The significance of Birdtams/Birdstrike Warnings for military and civil aviation. Proc. BSCE 22/WP 35 : 257-262.

BECKER, J. (1996): How to get reliable information on the bird strike risk?. Proc. IBSC 23/WP 8 : 93-99.

BUURMA, L. (1994): High bird densities assessed by radar, a ROBIN report. Proc. BSCE 22/WP 32 : 223-242.

BUURMA, L. (1998): Großraum-Überwachungsradargeräte als Indikatoren für die Anzahl der Vögel im Luftraum. Vogel u. Luftverkehr 18 : 107-122.

DEKKER, A. (1998): Eurbase, limitations and opportunities. Proc. IBSC 24/WP 6 : 37-59.

DOLBEER, R.A. (1998): Evaluation of shooting and falconry to reduce bird strikes with aircraft at John F. Kennedy International Airport. Proc. IBSC 24/WP 13 : 145-158.

DOLBEER, R.A. u. J.L. BUCKNALL (1997): Der Abschuss von Möwen zur Reduzierung von Kollisionen mit Flugzeugen am Internationalen Flughafen John F. Kennedy 1991-1993. Vogel- u. Luftverkehr 17 : 28-37.

RUBIN, D.J. (1992): Low-level airspace bird strike hazard evaluation and using a GIS to integrate bird population dynamics into an Aircraft Bird Avoidance Model. Proc. BSCE 21/WP 90 : 387-389.

SHORT, J.J. (1998): Bird Avoidance Systems Developments. Proc. IBSC 24/WP 24a, im Druck (Band 2).

SPEELMAN, R.J. et al. (1998): Aircraft birdstrikes: preventing and tolerating. Proc. IBSC 24/WP 31 : 323-348.

Anschrift des Verfassers:

Dr. Jürgen Becker
Grabenstr. 5
54516 Wittlich