

MODERNE ENTWICKLUNGEN IM FLUGZEUGBAU UNTER DEM ASPEKT DES VOGELSCHLAGES

(Modern Development in Aircraft Construction Regarding Bird Hazards)

von DIETMAR SENGESPEIK, Kirchhatten

Zusammenfassung: Vogelschläge stellen in erster Linie eine hochgradige Gefährdung des fliegerischen Gerätes und der eingesetzten Besatzungen, bei eingetretenem Flugunfall darüber hinaus auch unmittelbar Beteiligter und ihres Eigentums dar. Mit fortschreitender technologischer Entwicklung werden Flugzeuge und ihre Systeme immer komplexer und damit anfälliger gegenüber mechanischen Beschädigungen; die aus Vogelschlägen resultierenden Schadenssummen sind meist erheblich. Auch wenn durch technische Maßnahmen, z.B. Verdoppelung von Strukturelementen oder Systemkomponenten die Wahrscheinlichkeit eines Totalverlustes äußerst gering ist, schlagen die wirtschaftlichen Einbußen bei den Betreibern immer noch zu Buche. Anhand ausgewählter vogelschlaggefährdeter Flugzeugstrukturen wird die Entwicklung des Schadensverlaufes aufgezeigt.

Summary: Primarily birdstrikes present an extremely high threat to aircraft and their acting crews in case of accidents likewise to persons not directly involved or to their property. The proceeding technological development make aircraft and their systems more complex and consequently more susceptible to mechanical damage. The amount of damage compensation resulting from birdstrikes rises up considerably. Although the probability of a total loss has become extremely unlikely owing to technical preventive means e.g. duplication of structural elements or system components, the economical cutback for the aircraft operators gets more noticeable. Airplane structures prone to birdstrikes are selected to show the increasing consequences caused by impact of birds.

1. Einleitung

Zum Teil im Frühjahr, mehr noch im Sommer und Frühherbst, muß auf Flugplätzen mit dem vermehrten Auftreten größerer Vogelschwärme gerechnet werden. Viele Vogelarten sammeln sich zu diesen Zeiten in individuenreichen Verbänden, Schwärmen von oftmals einigen hundert oder tausend Tieren. In unseren Breiten handelt es sich dabei u.a. um Stare, Kie-

bitze, Tauben, Möwen, Wasservögel und Limikolen, die dann zu einem erheblichen Vogel-schlagrisiko werden können. So summiert sich beispielsweise das Gesamtgewicht eines mittelgroßen Möwenschwarms schnell zu einer halben bis einer Tonne Biomasse, dem Gewicht eines Mittelklassewagens. (Tabelle 1)

Tabelle 1: Vogelgewichte in g (nach BEZZEL, 1985/1992)
(Aufgeführt sind nur vogelschlagrelevante Arten)

Kormoran (<i>Phalacrocorax carbo</i>)	2000 - 2500
Graureiher (<i>Ardea cinerea</i>)	1300 - 1500
Weißstorch (<i>Ciconia ciconia</i>)	2600 - 4400
Höckerschwan (<i>Cygnus olor</i>)	5000 - 14000
Saatgans (<i>Anser fabalis</i>)	2300 - 3800
Bläßgans (<i>Anser albifrons</i>)	1400 - 3300
Graugans (<i>Anser anser</i>)	2700 - 4800
Brandgans (<i>Tadorna tadorna</i>)	1100 - 1300
Krickente (<i>Anas crecca</i>)	160 - 500
Stockente (<i>Anas platyrhynchos</i>)	800 - 1600
Knakente (<i>Anas querquedula</i>)	250 - 600
Kolbenente (<i>Netta rufina</i>)	720 - 1550
Tafelente (<i>Aythya ferina</i>)	580 - 1300
Reiherente (<i>Aythya fuligula</i>)	400 - 1000
Wespenbussard (<i>Pernis apivorus</i>)	440 - 1050
Schwarzmilan (<i>Milvus migrans</i>)	600 - 900
Rotmilan (<i>Milvus milvus</i>)	750 - 1200
Mäusebussard (<i>Buteo buteo</i>)	400 - 1300
Turmfalke (<i>Falco tinnunculus</i>)	130 - 300
Rebhuhn (<i>Perdix perdix</i>)	300 - 400
Wachtel (<i>Coturnix coturnix</i>)	70 - 160
Fasan (<i>Phasianus colchicus</i>)	1100 - 1500
Bläßhuhn (<i>Fulica atra</i>)	600 - 1200
Kranich (<i>Grus grus</i>)	3000 - 7000
Austernfischer (<i>Haematopus ostralegus</i>)	400 - 700
Goldregenpfeifer (<i>Pluvialis apricaria</i>)	140 - 300
Kiebitz (<i>Vanellus vanellus</i>)	130 - 320
Bekassine (<i>Gallinago gallinago</i>)	100 - 200
Uferschnepfe (<i>Limosa limosa</i>)	200 - 500
Großer Brachvogel (<i>Numenius arquata</i>)	500 - 1400
Lachmöwe (<i>Larus ridibundus</i>)	250 - 400
Sturmmöwe (<i>Larus canus</i>)	300 - 500
Heringsmöwe (<i>Larus fuscus</i>)	600 - 1000
Silbermöwe (<i>Larus argentatus</i>)	700 - 1500
Mantelmöwe (<i>Larus marinus</i>)	1000 - 2200
Haustaube (<i>Columba livia</i>)	300 - 500
Hohltaube (<i>Columba oenas</i>)	200 - 400
Ringeltaube (<i>Columba palumbus</i>)	400 - 600
Türkentaube (<i>Streptopelia decaocto</i>)	150 - 250

Waldkauz (<i>Strix aluco</i>)	300 - 700
Waldohreule (<i>Asio otus</i>)	200 - 400
Mauersegler (<i>Apus apus</i>)	30 - 60
Feldlerche (<i>Alauda arvensis</i>)	30 - 60
Mehlschwalbe (<i>Delichon urbica</i>)	15 - 25
Rauchschwalbe (<i>Hirundo rustica</i>)	20 - 30
Amsel (<i>Turdus merula</i>)	80 - 100
Wacholderdrossel (<i>Turdus pilaris</i>)	70 - 130
Elster (<i>Pica pica</i>)	190 - 300
Dohle (<i>Corvus monedula</i>)	170 - 300
Saatkrähe (<i>Corvus frugilegus</i>)	400 - 600
Aaskrähe (<i>Corvus corone</i>)	430 - 620
Star (<i>Sturnus vulgaris</i>)	60 - 110

Die relativ hohen Geschwindigkeiten moderner Flugzeuge beim Anflug und Abflug mit etwa 120 kn (ca. 200 km/h) erzeugen beim Zusammenstoß mit einem Vogel sehr große Aufprallenergien, die zu schweren Schäden und zu beträchtlichen Schadenssummen führen können.

Die Bewegungsenergie (kinetische Energie) des getroffenen Vogels ist dabei direkt proportional seiner Masse und der zweiten Potenz der Relativgeschwindigkeit zwischen den beiden Kollisionspartnern. Formelmäßig läßt sich dieser Zusammenhang ausdrücken als

$$E_{\text{kin}} = \frac{m}{2} (V_{\text{Flugz}} + V_{\text{Vogel}})^2,$$

wobei die Fluggeschwindigkeit des Vogels gegenüber der Flugzeuggeschwindigkeit meist vernachlässigbar ist. Diese Aufprallenergie wird innerhalb einer sehr kurzen Zeitspanne auf den Wert Null gebracht und, da Energie physikalisch nicht einfach verschwinden kann, in andere Erscheinungsformen umgesetzt. Dazu zählen die Verformungsenergie, die als elastische (zurückfedernde) und als plastische (bleibende) Verformung d.h. Beulen oder Dellen auftritt, die Trennungsenergie, wenn zusätzliche Oberflächen durch das Reißen oder Brechen von kompaktem Material (auch des Vogelkörpers) entstehen, sowie in geringem Maße das Freisetzen von Wärme sowie letztlich das Schallereignis. Will man die zerstörende Wirkung auf eine mechanische Struktur abschätzen, so muß man von der absoluten Energiebeurteilung einen Schritt weitergehen und sich mit der flächenspezifischen Energie oder Energiedichte befassen. Hierbei wird untersucht, auf welcher großen Fläche die Aufprallenergie eigentlich einwirkt, d.h., je größer die Fläche ist, auf der sich diese Energie verteilen kann,

desto eher ist ein Konstruktionselement in der Lage, einen Zusammenstoß ohne bleibende Schäden zu verkraften.

Formelmäßig gilt:

$$E_{\text{spez}} = \frac{E_{\text{kin}}}{F} = \frac{m \cdot (V_{\text{Flg}} + V_{\text{Vogel}})^2}{2 F}$$

Nimmt man zur Vereinfachung der Überlegung den Vogelkörper als geometrische Kugel an, so wird schnell deutlich, daß der Masseninhalt einer Kugel überproportional im Verhältnis zu seiner Oberfläche wächst. Das heißt, ein größerer Vogel erscheint kompakter, weil sein Masseninhalt auf einer kleineren Fläche zur Wirkung kommt, als es im Vergleich zu einem kleineren Vogel der Fall wäre. Es gilt für die Kugeloberfläche bzw. den Kugelinhalt

$$O = 4 \pi r^2 \quad \text{bzw.} \quad V = \frac{4}{3} \pi r^3$$

für die Oberfläche ist also eine quadratische, für den Inhalt eine kubische Abhängigkeit vom Radius gegeben. Führt man diese Betrachtung in die (vereinfachte) Formel für die spezifische Energie ein

$$E_{\text{spez}} = \frac{m \cdot v^2}{2 F} = \frac{\rho \cdot V \cdot v^2}{2 F} = \frac{\rho \cdot 4 \cdot \pi \cdot r^3 \cdot v^2}{3 \cdot 2 \cdot 4 \cdot \pi \cdot r^2} = \frac{\rho \cdot v^2 \cdot r}{6} ,$$

so zeigt sich, daß die pro Flächeneinheit wirkende Aufprallenergie nicht nur den aus der Geschwindigkeit stammenden kinetischen Anteil (V^2) besitzt, sondern auch einen geometrischen Anteil (r), der proportional ist zur Größe des getroffenen Objektes.

Einfach ausgesprochen erzeugt der Zusammenstoß mit einem größeren Vogel eine ebenso verstärkte zerstörerische Wirkung auf einer gleichgroßen Bezugsfläche wie es der Zunahme seines Gewichtes gegenüber einem kleineren entspricht. Als weitere Schlußfolgerung läßt sich ableiten, daß eine größere Anzahl von kleineren Vögeln im gleichen Gesamtgewicht eine wesentlich geringere Auswirkung hat, da auch bei Betrachtung der Einzelaufschläge deren Energiedichte wegen der oben dargestellten Oberflächen-/Rauminhaltsbeziehung kleiner ist.

2. Probleme im modernen Flugzeugbau

Ökonomische und zunehmend auch ökologische Erwägungen ergeben im modernen Flugzeugbau Forderungen nach extremem Leichtbau, hochwirksamer Aerodynamik sowie optimalem Wirkungsgrad.

So ist die Außenhaut eines Luftfahrzeuges nicht einfach eine Bepunktung auf einem tragenden Gerüst aus Holmen, Spanten und Rippen, die sich nach Beschädigung in großen Blechfeldern einfach wechseln läßt, sondern ein hoch komplex durchgerechnetes **Strukturelement**, das je nach Kräfteinleitung und Kräfteverlauf unterschiedliche Dicken aufweist. Diese wurden früher durch Nieten oder Aufeinanderkleben einzelner Aluminiumblechschichten erzielt. Die Entwicklungstendenz geht inzwischen dahin, dickere Platten verfeinerter Aluminium-Magnesium- oder sogar Titanlegierungen auf das sich aus der Kräfteberechnung ergebende minimale Maß in den verschiedenen Bereichen herunterzuarbeiten (Fräsen, Atzen).

2.1 Steuer-, Tragflächen und Zelle

Im Trefferbereich von Vogelschlägen befinden sich in der Regel aus der aerodynamischen Auslegung sekundäre **Steuerflächen** und **Auftriebshilfen** mit äußerst kompliziertem mechanischem Aufbau und kinematischem Ablauf wie bewegliche Vorfügel, mehrfach geschlitzte Landeklappen oder gar schnell arbeitende Zusatzklappen an den Landeklappen (DLC= Direct lift control-Klappen). Zum Teil bergen diese Elemente noch zusätzlich Systeme zur Versorgung oder Enteisung.

Auch die Tragfläche selbst ist nicht nur ein aerodynamisch wirksam geformter Hohlkörper, sondern ein Kraftstofftank in integraler Bauweise. Bereits geringfügige Beschädigungen der Tragflächenoberhaut lassen diesen **Integraltank** leckgeschlagen.

Ein großer Teil der Antriebsenergie muß aufgewendet werden, um den Reibungswiderstand auszugleichen, der in der Grenzschicht entsteht. Innerhalb der Grenzschicht nimmt die Geschwindigkeit der strömenden Luftpartikel von dem an der Flugzeugoberfläche haftenden Partikel mit der Relativgeschwindigkeit Null bis auf die Geschwindigkeit der freien Strömung (entspricht der wahren Fluggeschwindigkeit) zu. Die Grenzschichtströmung ist im allgemeinen turbulent. Eine Widerstandsverringering um ca. 20 % ließe sich erreichen, wenn an allen umströmten Oberflächen eine **laminare Grenzschicht** ausgebildet werden

könnte. Windkanalversuche und Flugerprobungen belegen die technische Machbarkeit. Voraussetzung ist jedoch eine extrem glatte und saubere Oberfläche. Bereits kleinste Verunreinigungen (Insektenrückstände), geschweige denn Verformungen oder Überreste von Vogelschlägen lassen die Grenzschicht augenblicklich wieder in Turbulenz umschlagen.

2.2 Triebwerke

Zum Antrieb moderner Verkehrsflugzeuge werden hauptsächlich **Mantelstromtriebwerke** mit hohem Nebenstromverhältnis eingesetzt. Diese Triebwerke setzen erhebliche Luftmengen durch, die nur durch große Eintrittsquerschnitte (Durchmesser ca. 2 m) und voluminöse rotatorische Massen erzeugt werden können. Damit erhöht sich gegenüber Kolben- oder Propellerturbinentriebwerken die Trefferwahrscheinlichkeit und mechanische Empfindlichkeit bei Vogelschlägen. Beschädigte oder abgerissene Bläser- oder Verdichterschaufeln führen bei den großen Drehzahlen (10.000 bis 15.000 Umdrehungen pro Minute) sprungartig zu Unwuchten, die ein sofortiges Abstellen erfordern oder zum mechanischen Ausfall des Aggregates führen. Wirtschaftliche und ökologische Erwägungen fördern Triebwerke mit hohem Wirkungsgrad und geringer Schadstoffemission, der thermodynamische Prozeß muß einen nahezu idealen Verlauf haben. Hier kommt es auf optimale Verdichter- und Reglerauslegung an; bereits geringfügige Störeinflüsse können erhebliche Leistungseinbußen und Ausfälle (Strömungsabriß im Verdichter) auch ohne mechanische Beschädigungen auslösen. Triebwerksstörungen und Flammabriß sind bekannt geworden bei Einflug in Heuschreckenschwärme, Sandstürme und Aschenwolken nach Vulkanausbrüchen.

3. Bewertung

Anhand der vorgebrachten wenigen Beispiele ist abzuleiten, warum **Vogelschläge** heutzutage eigentlich so **teuer** werden können, und daß mit in Zukunft weiterhin verfeinerter Technologie die Schadenssummen im Einzelfall noch ansteigen werden. Der Einwand, man könne doch sicherlich Flugzeuge bauen, die vogelschlagfest sind, ist augenscheinlich berechtigt und ließe sich auch technisch realisieren. Es müßte dann allerdings ein konstruktiver Aufwand betrieben werden, der mit den erforderlichen Verstärkungen, größeren Materialdicken und schwereren Werkstoffen zu Flugzeuggewichten führen würde, die die Zuladung von Fracht oder Passagieren stark einschränkt oder gar unmöglich macht.

Zur Erlangung der Musterzulassung durch die Luftfahrtbehörde werden unter anderem auch praktische Nachweisversuche gefordert, welche die Vogelschlagverträglichkeit des Flugzeuges und seiner gefährdeten Komponenten untersuchen. Dabei werden Cockpitschei-

ben, Radarnasen, Triebwerkseinläufe, Tragwerksstrukturen sowie Originaltriebwerke im hohen Teillastbereich oder mit Startleistung nach einheitlichen Verfahren mit Vogelschlägen belegt und die Auswirkungen dokumentiert. Diese Versuche haben einzig den Zweck, sicherzustellen, daß die nach einem Zusammenstoß mit Vögeln auftretenden **Beschädigungen** vom Flugzeug und seinen Systemen getragen werden können und nicht zu einem totalen Verlust des Gerätes führen.

Die bisherigen Ausführungen machen deutlich, daß nicht nachgelassen werden darf, das Gefährdungspotential und die daraus resultierenden Schäden zu vermindern. Erreicht werden kann diese Zielsetzung nur dadurch, daß Flugzeuge und Vögel, soweit es möglich ist, räumlich auseinandergehalten werden. Das zielt ab auf die Frage nach zusammenstoßvermeidenden Flugmanövern von Vögeln oder Flugzeugen.

Vögel weichen einem Objekt aus oder fliehen vor ihm, wenn Sie es als Hindernis oder als Feind erkennen. Wohl jedermann hat schon beobachtet, mit welcher Wendigkeit und welchem geringem Abstand beispielsweise eine Amsel um eine Hausecke fliegt. Sie weiß ihre fliegerischen Möglichkeiten abzuschätzen und wählt den kürzesten und damit energiesparendsten Weg um das Hindernis herum. Dieses kommt in der Natur jedoch nur ortsfest oder langsam beweglich (andere Tiere) vor, ein sich schnell bewegendes Hindernis ist im Verhaltensmuster nicht einprogrammiert. Wieweit bei Einzelvögeln gemachte Erfahrungen einen Lernprozeß auslösen können, ist fraglich.

Es sind sehr viele Untersuchungen zum Feinderkennungsvermögen von Vögeln gemacht worden, alle zeigen jedoch, daß die meisten Darstellungsmethoden für eine Feindsituation keine oder nur eine sehr geringe beunruhigende Wirkung auf Vögel ausüben.

Figürliche Repliken, Silhouetten, akustische oder optische Signale kommen als Feindbild in nur sehr geringem Umfang in Frage, verstanden zu werden scheint eher eine bestimmte Kombination der scheinbaren Größe eines Objektes im Bogenmaß gemessen sowie eine dazu passende Winkelgeschwindigkeit. Für ein sich schnell näherndes Flugzeug ist immer eine dieser physikalischen Größen über das auslösende Maß hinaus überschritten, so daß die Bedingungen für das Feindbild-Wahrnehmungsfenster nicht erfüllt sind.

Der Schluß, der sich daraus ziehen läßt, ist sehr eindeutig: Ein Ausweichen des Vogels ist nicht zu erwarten, vom Flugzeug ausgehende Signale werden nicht als feindlich erkannt. Es bleibt also zu untersuchen, wieweit ein Ausweichmanöver durch das Flugzeug geboten und möglich ist.

Hierbei müssen wiederum zwei Aspekte betrachtet werden, zum einen, welche Manöver zur Bahnänderung läßt das Flugverhalten eines Luftfahrzeuges überhaupt zu und zum anderen, welche Zeiten stehen für die Wahrnehmung eines Objektes und zur Abschätzung seiner Flugbahn zur Verfügung.

Alle Statistiken belegen zweifelsfrei, daß sich der größte Anteil der Vogelschläge in Bodennähe ereignet. Im zivilen Flugbetrieb kommt es darüberhinaus zu einer Häufung in der Umgebung von Flugplätzen oder in/über ihrem Gelände. Der Streckenflug, wo sich die eigentliche Transportaufgabe der Zivilluftfahrt abspielt, ist von Vogelschlag weniger betroffen, weil er in Höhen stattfindet, die fast "vogelfrei" sind. Die Flugzeuge, die sich in den Flughafenbereichen bewegen, tun dies, weil sie dort starten oder landen wollen, ein Vorgang, an dessen Anfang bzw. Ende die Vorwärtsgeschwindigkeit den Wert Null hat. Einfacher ausgedrückt handelt es sich hierbei um langsam fliegende Flugzeuge, die im unteren Bereich ihres Geschwindigkeitsprofils operieren, denn sie sind eigentlich für den schnellen Streckenflug konstruiert. Die Notwendigkeit zum Langsamflug ergibt sich weiterhin aus der lastmäßigen Auslegung von Konstruktionselementen wie Fahrwerk, Landeklappen, Vorflügeln, die nur für den Start- oder Landevorgang bei niedrigen Geschwindigkeiten gebraucht werden.

Das Prekäre beim Langsamflug ist jedoch, daß er einen relativ geringen Abstand zu einer Minimalgeschwindigkeit hat, der sogenannten Überziehgeschwindigkeit, bei der aus physikalischen Gründen beim Erreichen bzw. Unterschreiten der notwendige Auftrieb am Tragflügel zusammenbricht.

Im allgemeinen liegen die Geschwindigkeiten im Zusammenhang mit Start und Landung beim etwa 1,2- bis 1,4-fachen dieser Überziehgeschwindigkeit; absolut betragen die Flugeschwindigkeiten unterschiedlich nach Flugzeugtypen etwa 110 bis 150 Knoten. Kommt es in diesem Geschwindigkeitsbereich zu abrupten Flugmanövern, so verringert sich die Sicherheitsmarge zur Minimalgeschwindigkeit drastisch, und es können sehr schnell Flugzustände eintreten, die wesentlich schwieriger zu beherrschen sind als der Ausfall eines Triebwerks oder eines Systems durch einen Vogelschlag.

Des weiteren sind die Steuerflächen aufgrund des kleineren Staudrucks infolge der reduzierten Geschwindigkeit weniger wirksam, das Flugzeug insgesamt wird träger und kann den Eingaben des Flugzeugführers nicht so schnell folgen. Beide Tatsachen führen demzufolge auch zu im Flughandbuch festgelegten Begrenzungen in diesem Flugbereich.

Beim schnellen Flug in der Reisekonfiguration bestehen bezüglich der Manövrierbarkeit bessere Möglichkeiten. Die Steuerflächen sind wegen des erhöhten Staudruckes äußerst effektiv, und das Flugzeug folgt den Kommandoangaben der Besatzung unmittelbar. Aber gerade wegen der großen Wirksamkeit kann es dabei sehr schnell zur Überschreitung von zulässigen Lastgrenzen kommen, die im allgemeinen beim 2,5- bis 3,0-fachen der Erdbeschleunigung liegen. Die kurze Zeitspanne, die vom Erkennen eines Objektes bis zu seinem Aufschlag zur Verfügung steht, würde sehr große Beschleunigungskräfte erforderlich machen, um eine auch nur geringe Bahnänderung zu bewirken.

Abschließend sei noch auf ein optisches Phänomen eingegangen, das meist zur Fehleinschätzung der Flugbahn eines Objektes, gleichgültig ob stationär oder entgegenkommend, führt und damit eine Treffervorhersage oder ein Ausweichmanöver von vorneherein fragwürdig macht.

Für den Flugzeugführer stellt die Blickrichtung zum Horizont gefühlsmäßig die Horizontalfläche dar. Tatsächlich steht sie jedoch in einem bestimmten Winkel zur erdoberflächenparallelen Flugfläche. Dabei spielt es keine Rolle, ob der Horizont durch die Schnittlinie der tatsächlichen Erdoberfläche oder einer geschlossenen, oben flachen Wolkendecke mit dem Himmel gebildet wird. Beim ersten Wahrnehmen eines Objektes in größerer Entfernung scheint dieses, selbst bei geringerer Flughöhe, über der Flugbahn des eigenen Flugzeuges zu liegen, kreuzt dann beim Näherkommen die subjektive Horizontalfläche und passiert sicher unter der eigenen Flugbahn (siehe Abb. 1-3 Punkt 1, 2 und 3). Diese Winkelbeziehung ist immer gegeben, der Schnittpunkt 2, vom dem ab erst erkannt werden kann, daß ein sicheres Passieren oberhalb des Objektes möglich ist, ist abhängig von der eigenen Flughöhe A über der horizontbildenden Fläche und der Höhendifferenz B der beiden Flugbahnen.

Berichte von Flugzeugführern, direkt vor ihnen auftauchende Vögel hätten das Flugzeug im letzten Moment erkannt und seien nach unten ausgewichen, können meist durch dieses Phänomen erklärt werden. Weiterhin werden zunächst als knapp über das Flugzeug hinweggehend eingeschätzte Flugbahnen zu Volltreffern oder von der Besatzung im oberen Bereich gemeldete Einschläge werden von der Technik meist in der unteren Hälfte gefunden. Wegen dieser Fehleinschätzung ist eine Empfehlung für ausweichende Flugmanöver äußerst fragwürdig, einen leicht oberhalb der eigenen subjektiven Flugbahn entgegenkommender Vogel wird bei der natürlichen Reaktion des Piloten, in diesem Fall nach unten auszuweichen, mit Sicherheit zum Vogelschlagereignis.

Als Fazit kann festgestellt werden,

- daß moderne Flugzeuge durch präventive Konstruktionsphilosophien so ausgelegt sind, daß Totalverluste durch Vogelschlag weitgehend ausgeschlossen werden können,
- daß Vogelschläge infolge der fortschreitenden Technologie immer größere Schadenssummen verursachen werden,
- daß das Flugverhalten der Vögel nach derzeitiger Kenntnis durch technische Mittel oder durch vom Flugzeug ausgehende Signale nicht beeinflusst werden kann, und
- daß Ausweichmanöver durch die Flugzeugbesatzungen problematisch und ihr Erfolg höchst fragwürdig sind.

Eine notwendige räumliche Trennung von Vögeln und Luftverkehr muß im Bereich von Flughäfen durch andere Methoden z.B. ein zielgerichtetes Biotopmanagement erreicht werden.

4. Literatur

BEZZEL, E. (1985/1993):
Kompendium der Vögel Mitteleuropas. Bd. I: Nonpasseriformes und B.I. 2: Passeres. Wiesbaden.

Anschrift des Verfassers:

Dipl.-Ing. Dietmar Sengespeik
Schulst. r. 18

26209 Kirchhatten

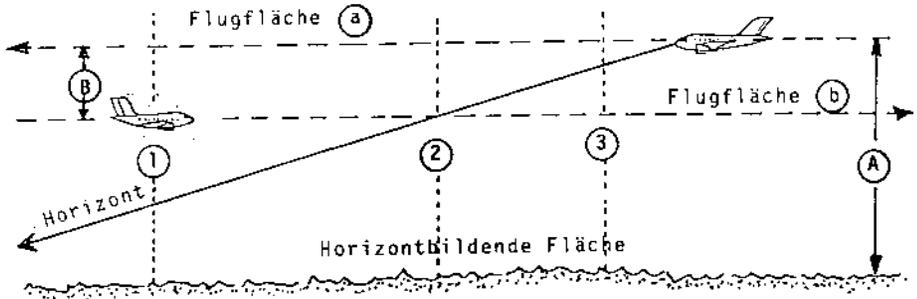


Abb. 1: Seitenansicht der Flugbahnen
Pos. ① Erste Wahrnehmung
Pos. ② Kreuzen der Horizontlinie
Pos. ③ Passieren unterhalb der eigenen Flugfläche

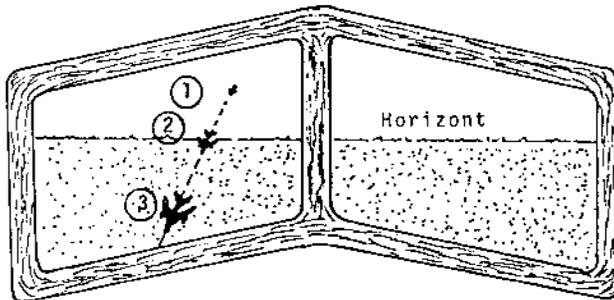


Abb. 2: Blick des Piloten in Flugrichtung