

Vergrämungstechnik

AUSWIRKUNGEN VON LICHT UND LICHTSTRAHLEN AUF VÖGEL

von F. J. VERHEIJEN, Utrecht, Holland

(Aus dem Englischen Übertragen von C. von Bonin)

Zusammenfassung: Man ist sich gegenwärtig nicht einig darüber, ob Luftfahrzeuglichter bzw. stark gebündelte Scheinwerfer zur Vogelvergrämung beitragen oder im Gegenteil für bestimmte Vogelarten attraktiv sind (GRIFFIN, 1974, LARKIN, 1976, YAKOBI, 1978). In dem vorliegenden Beitrag soll dieses Problem unter Berücksichtigung von Zusammenstößen/Begegnungen zwischen nachtziehenden Vögeln und Flugzeugen auf dem Streckenflug bei Nacht diskutiert werden. Es wird vermutet, daß die Mondphasen dabei eine entscheidende und bis heute vernachlässigte Umweltgröße darstellen.

Summary: Authors currently disagree as to whether an aircraft-mounted light or narrow beam would act as a scaring device for birds, or, reversedly, act as an attractant (GRIFFIN, 1974, LARKIN, 1976, YAKOBI, 1978).

This controversy should be discussed with respect to encounters between nocturnal migrants and aircrafts on route at night. It will be suggested that the moonphase might be a crucial, and up to the present neglected, environmental variabel with respect to the outcome of these encounters.

1. Modellvorstellungen

Eine erste Möglichkeit, Vögel vor Zusammenstößen mit Lfz zu warnen, besteht darin, ihre Aufmerksamkeit zu erregen. Dies kann auf zweier-

lei Weise erreicht werden, und zwar

- a) durch Beleuchtung des potentiellen Kollisionsobjekts
(= Flugzeug) oder
- b) durch Emission von relativ stark gebündelten Lichtstrahlen
von dem potentiellen Kollisionsobjekt in Richtung Vogel/Schwarm.

Das bedeutet, daß die so oder so übermittelte "Warnung" "auf den ersten Blick" bereits unmißverständlich sein sollte, d.h., der Signalreiz sollte quantitativ so geartet sein, daß er das gewünschte Verhaltensmuster auslöst.

Welche Merkmale eines an einem Flugzeug montierten Lichtes können nun einem Vogel "Gefahr" signalisieren und somit sein Ausweichmanöver induzieren? Der auf einen Vogel auf diese Weise einwirkende Reiz an sich wird noch zu keinem gezielten Verhaltensmuster führen, denn die Bewegung des Lichtes ist nicht besonders auffällig, da sie nahezu gerade auf den Vogel zu erfolgt, und zwar auf der "Flugbahn" des Flugzeuges. Außerdem wird ein solches Licht einem Vogel kaum beängstigend erscheinen, da es von fern langsam aus der Dunkelheit erscheint.

Ob ein Licht für einen Vogel indifferent ist, ob es ihn anzieht oder ihn zum Ausweichen veranlaßt, könnte daher auf den ersten Blick allein davon abhängen, ob die Lichtintensität als unangenehme Blendung empfunden wird. Dabei muß jedoch generell festgestellt werden, daß künstliches Licht Tiere häufig vor nahezu unlösbare Orientierungs-Probleme stellt. Tierische Orientierungssysteme, die Licht verwenden, sind auf sehr kompliziertem Wege den räumlichen Eigenschaften von natürlichen Lichtfeldern angepaßt. Daher sind sie mit künstlichen Lichtfeldern kaum vergleichbar.

Um zu vermeiden, daß falsche Rückschlüsse hinsichtlich der Vergrä-mungsmöglichkeit durch die Wirkung von Licht gezogen werden, ist es notwendig, die Unterschiede zwischen den räumlichen Eigenschaften

natürlicher und künstlicher Lichtfelder zu berücksichtigen und darüber hinaus die orientierungsmäßigen Anpassungen an natürliche Lichtfelder und die sich daraus ergebenden Orientierungsstörungen durch künstliche Lichtfelder zu untersuchen. Darauf sei hier jedoch nicht im einzelnen eingegangen (VERHEIJEN, 1980).

2. Orientierungsanpassungen an die räumlichen Eigenschaften natürlicher Lichtfelder

Orientierungssysteme, die auf Empfindlichkeit gegen Lichtstrahlung beruhen, können grob in zwei Kategorien klassifiziert werden (SCHEWERTFEGER, 1977), und zwar:

- a) Lichtabhängige (photische) Systeme, abgestimmt auf skalare und vektorielle Eigenschaften der natürlich-winkelmäßigen Strahlungsverteilung und
- b) visuelle Systeme, abgestimmt auf konfigurative Eigenschaften.

Die Natur beider Kategorien von Orientierungssystemen kann erläutert werden an ihrer Mitwirkung an ein und derselben Funktion oder Reaktion, nämlich der "Haltungskontrolle", z.B. von Fischen. Viele Fischarten neigen dazu, ihre Rückenseite nach der Lichtrichtung (Dorsale Lichtreaktion = DLR) einzustellen (VON HOLST, 1935, 1948); ebenso verhalten sich viele im Wasser lebende wirbellose Tiere sowie Fluginsekten.

2.1 Photische Systeme

Photische Orientierungssysteme, die zu einer DLR führen, muß man sich auch als angepaßt an die natürliche Form und die "Ober"-Position der Lichtquelle vorstellen. Es wird vermutet, daß sich aus diesem Grund einige Fischgruppen unter Unterwasserlampen zu sammeln pflegen. Fische seitlich und oberhalb von Lampen schwimmen jedoch häufig in einer erregten und unberechenbaren Weise, was auf Orientierungsschwierigkeiten hindeuten könnte. Aller Wahrschein-

lichkeit nach könnte eine starke DLR auch verantwortlich sein für ein ähnlich disorientiertes Verhalten von Insekten in der Nähe von Lampen.

Die Neigung von Vögeln, sich in dunklen Nächten an hohen Gebäuden zu sammeln, mag teilweise auf die gleiche Weise erklärbar sein. Tiere, die nahe einer künstlichen Lichtquelle schwimmen oder fliegen, zeigen häufig eine Drehung um die Längsachse oder eine seitliche Schräglage. Dies führt zu einer automatischen Reaktion, die in einer Umrundung der Lichtquelle zum Ausdruck kommt, weil, zumindest bei Vögeln und Fledermäusen, der Kurvenflug in sehr typischer Weise durch Einstellung in eine Schräglage eingeleitet wird (LIGHTHILL, 1975). Es ist denkbar, daß unnatürlich große Unterschiede bei der Reizung von Sinnes-Elementen, die an einer photischen Orientierung beteiligt sind, und die durch eine in Form und Lage unnatürliche Lichtquelle ausgelöst werden, allgemein eine Disorientierung hervorrufen können, falls die "Irrtums-Signale", die von dem sich bewegenden Tier in dem Rückkoppelungs-Kontroll-Mechanismus (SCHÖNE, 1975) benutzt werden, Werte annehmen, die jenseits der Werte liegen, auf die der Mechanismus eingestellt ist.

2.2 Visuelle Systeme

Da visuelle Orientierungs-Systeme eingestellt sind auf konfigurative Merkmale, müssen die Augen die Umgebung in speziellen Einzelheiten wiedergeben bzw. abbilden. Im allgemeinen wird die visuelle Welt in einigen Teilen des Auges dichter erfaßt als in anderen Teilen. Zu diesem Zweck werden ein oder mehrere Bereiche eines Auges, die sog. Areas, gekennzeichnet durch einen kleineren Winkel zwischen den benachbarten Rezeptoren. Bei Vogelarten mit an den Seiten liegenden Augen wird der Zentralteil des Auges durch Reize des seitlichen Gesichtsfeldes, das zu diesem Auge gehört, angeregt, und die seitlichen oder Schläfen-Bereiche beider Augen durch Reize in dem gemeinsam erfaßten frontalen Gesichtsfeld (MEYER, 1977). Ähnlich ist das bei vielen Fischarten (ALI und ANCTIL, 1976) und

Insekten (HORRIDGE, 1977). Jeder Bereich der Umgebung kann zur Abbildung gebracht werden durch Bewegung eines oder beider Augen, des Kopfes oder des ganzen Körpers, je nach Beweglichkeit der Augen und des Kopfes des jeweiligen Organismus.

Man spricht bei der Reaktion auf optische Eindrücke vom "visuellen Erfassungs-Reflex". Diese Reaktion kann ausgelöst werden durch visuelle Reize aus der Umgebung, aber auch durch elektrische Reize von Strukturen im Zentralnervensystem. Es gibt Anzeichen dafür, daß im letzteren Fall das Fehlen oder das Vorhandensein von "angemessenen sensorischen Hinweisen" oder die "Beschaffenheit der Umwelt" darüber entscheidet, ob die Reaktion zusammenhanglos als "programmierte" Handlung abläuft oder als Teil eines umfassenderen und zielgerichteten Verhaltensmusters (z.B. PHILLIPS und YOUNGREN, 1971).

Im Hinblick auf Vögel hat NYE (1973) entdeckt, daß Tauben sehr geschickt durch Picken auf Reize zu reagieren vermögen, die im vorderen Gesichtsfeld angesiedelt sind, nicht aber auf seitlich einwirkende Reize. ERICHSEN (1977) beobachtete jedoch, daß Tauben der Art *Streptopelia risoria* den Kopf bezüglich einer Lampe, die an verschiedenen Stellen eingeschaltet wird, so orientieren, daß sie sie monokular mit dem zentralen Augenbereich fixieren können. Es ist unklar, ob dieser Unterschied auf Unterschiedlichkeiten der verwendeten Taubenarten, auf die einwirkenden Reize oder die geforderten Reaktionen zurückzuführen ist.

Das visuelle Orientierungssystem eines in völliger Dunkelheit in der Nähe einer künstlichen Lichtquelle fliegenden Vogels kann wie folgt verwirrt werden. Wegen ihrer Auffälligkeit wird die Lichtquelle im Vogelauge abgebildet und löst den Orientierungsreflex aus. Wird die Lichtquelle im Schläfenbereich der beiden Vogelaugen abgebildet, dann wird der Vogel einen geraden Kurs auf die Lichtquelle steuern. Wird sie dagegen im zentralen Gebiet, z.B. des rechten Auges, abgebildet, wird der Vogel zu kreisen beginnen, um die Lichtquelle auf der rechten Seite zu behalten.

Da die Beschaffenheit der Lichtquelle nicht erkennbar ist, und da die dunkle Umgebung ebenfalls keine Orientierungs-Reize hervorruft, bleibt das Zentralnervensystem, das dieses Verhalten stoppen könnte, ohne Information über die bedeutungslose oder sogar gefährliche Art der Situation. Dadurch erhält dies Verhalten eine vorprogrammierte "erzwungene" Eigenschaft. Das Ergebnis ist, daß das Tier ein Opfer des Fallen-Effekts des künstlichen Lichts werden kann (VERHEIJEN, 1958, 1960, 1969).

Die oben geschilderte Desorganisation des photischen und visuellen Orientierungssystems ist das Ergebnis der abnormen Beleuchtungsstärkeverteilung in der Nachbarschaft einer künstlichen Lichtquelle. Offenbar verringert das Mondlicht den abnormen Charakter der Beleuchtungsstärkeverteilung. Daher würde Mondlicht den Fallen-Effekt der künstlichen Lichtquelle verringern. Es gibt tatsächlich sehr starke Hinweise dafür, daß Insekten, Fische und Vögel sich hauptsächlich in Nächten nahe der Neumondphase oder während der Nachtabschnitte, zu denen sich der Mond unter dem Horizont befindet, an künstlichen Lichtquellen sammeln (VERHEIJEN, 1958, 1960, 1969, BEN YAMI, 1976). Die Auswertung von Vogelanflügen gegen hohe, erleuchtete Gebäude in den USA zwischen 1935 und 1973 ergab eine hochsignifikante Häufung der Fälle zu der erwarteten Zeit, nämlich um den Neumond (VERHEIJEN, 1980).

3. Ergebnisse und Empfehlungen

- a) Viele Tierarten werden wegen des "Falleneffektes" dieses Lichtes von künstlichen Lichtquellen angezogen.
- b) Vogelverluste an hohen beleuchteten Gebäuden sind abhängig von zwei verschiedenen Umweltgrößen: Wolkenbedeckung vergrößert die Verluste, und die Anwesenheit des Mondes über dem Horizont verringert die Verluste.
- c) Ort, Datum und Uhrzeit, Wolkenbedeckung und die Mondphase sind besonders wichtige Daten bei der Auswertung von Meldungen über

Zusammenstöße zwischen Vögeln und Flugzeugen und bei Versuchen, die darauf abzielen, Vögel aus der Flugbahn eines Luftfahrzeuges zu vergrämen.

- d) Ein an einem Flugzeug angebrachter gebündelter Lichtstrahl könnte dennoch eine erfolgversprechendere Vergrämungsmethode sein, als die obigen Ausführungen es vermuten lassen. Die tierischen Orientierungssysteme sind nur so lange gestört, wie sie durch Licht gereizt werden. Daher sind auch viele Arten von Lichtfallen so konstruiert, daß der meist unvermeidliche Schattenkegel einen möglichst kleinen Winkel abdeckt (SOUTHWOOD, 1971, BEN YAMI, 1976). Ein Vogel in dem relativ kleinen Gefährdungsbereich vor einem Flugzeug könnte diese Zone verlassen, wenn er auf die Reizung durch den Lichtstrahl mit einer ungerichteten Schreckbewegung reagierte. Ein echtes Ausweichmanöver wäre selbstverständlich noch effektiver (GRIFFIN et al., 1974, LARKIN, 1976). Allerdings sind die Beziehungen zwischen der Art der Reizung und der dadurch ausgelösten Reaktion noch nicht hinreichend erforscht.

Literatur:

- ALI, M.A. & ANCTIL, M. (1976) : Retinas of fishes. An atlas. Springer, Berlin-Heidelberg, New York.
- BEN-YAMI, M. (1976) : Fishing with light. Fishing News Books Ltd, London.
- ERICHSEN, J.T. (1977) : A bird's eye view. Abstracts 15th International Ethological Conference Bielefeld, W-Germany 23-31 August 1977. Poster Paper 53.
- GRIFFIN, D.R., LARKIN, R.P. & TORRE-BUENO, J.R. (1974) : Changes in flight patterns of birds induced by searchlight beams. In: A conference on the biological aspects of the bird/aircraft collision problem (S.A. Gauthreaux, ed.), 421-427, Clemson, S.C.

- HOLST, E. VON (1935) : Über den Lichtrückenreflex bei Fischen. Publ. Staz. Zool, Napoli 15, 143-158.
- HOLST, E. VON (1948) : Quantitative Untersuchungen über Umstimmungsvorgänge im Zentralnervensystem. I. Der Einfluß des Appetits auf das Gleichgewichtsverhalten bei Pterophyllum. Z. vergl. Physiol. 31, 134-148.
- HORRIDGE, G.A. (1977) : The compound eye of insects. Sci. Amer. 237 (1), 108-121.
- LARKIN, R.P. (1976) : The theory and practise of scaring birds away from airports and aircraft. In: Proc. Bird Hazards to Aircraft Training Seminar and Workshop (S.A. Gauthreaux, J.R., ec.) p. 14. East Point, Georgia.
- LIGHTHILL, J. (1975) : Aerodynamic aspects of animal flight. In: Swimming and flying in nature (Th. Y.-T. Wu et al., eds.), Vol. 2, 423-491. Plenum, New York, London.
- MEYER, D.B. (1977) : The avian eye and its adaptations. In: Handbook of Sensory Physiology Vol. VII/5 (F. Crescitelli, ed.), 547-611. Springer, Berlin-Heidelberg-New York.
- NYE, P.W. (1973) : On the functional differences between the frontal and lateral visual fields of the pigeon. Vision Res. 13, 559-574.
- PHILLIPS, R.E. & YOUNGREN, O.M. (1971) : Brain stimulation and species-typical behaviour: activities evoked by electrical stimulation of the brains of chickens (Gallus gallus). Anim. Behav. 19, 757-779.
- SCHÖNE, H. (1975) : Orientation in space: animals. In: Marine Ecology (O. Kinne, ed.), Vol. II, Part 2, 499-553. Wiley, London.
- SCHWERDTFEGER, F. (1977) : Ökologie der Tiere, Bd. I. Autoökologie, p. 460. Parey, Hamburg & Berlin.

- SOUTHWOOD, T.R.E. (1971) : Ecological methods. Chapman & Hall, London.
- VERHEIJEN, F.J. (1958) : The mechanisms of the trapping effect of artificial light sources upon animals. Arch. néerl. Zool. 13, 1-107.
- VERHEIJEN, F.J. (1960) : Aquarium studies: new possibilities in sardine research. Proc. World Sci. Meeting Biol. Sardines (FAO, Rome), Vol. 3, 1015-1031.
- VERHEIJEN, F.J. (1969) : Some aspects of the reactivity of fish to visual stimuli in the natural and in a controlled environment. FAO Fish. Rep., No. 62, Vol. 2, 417-429.
- VERHEIJEN, F.J. (1981, a) : Bird kills at tall lighted structures in the USA in the period 1935-1973 and kills at a Dutch lighthouse in the period 1924-1928 show similar luna periodicity. Ardea 69, 199-203.
- VERHEIJEN, F.J. (1981, b) : Bird kills at lighted man-made structures: not at nights close to full moon. Amer. Birds 35, 251-254.
- VERHEIJEN, F.J. (1980) : The moon, a neglected factor in studies on collisions of nocturnal migrant birds with tall lighted structures and with aircraft. Vogelwarte 30, 305-320.
- YAKOBI, V.E. (1978) : Do the plane landing lights attract or scare away the birds at night? Zool. Zh. 57, 304-306.

Anschrift des Verfassers:

Prof. Dr. F.J. Verheijen
Laboratory of Comparative
Physiology, State University,
Utrecht/Netherlands

Vogel und Luftverkehr, Band 4, Heft 2, Seite 129-130 (1984)

ANMERKUNGEN DER REDAKTION ZU DEM BEITRAG VON PROF. DR. VERHEIJEN

R. P. LARKIN, J. R. TORRE-BUENO und C. WALCOTT haben 1975 eine Untersuchung mit dem Titel "Reactions of Migrating Birds to Lights and Aircraft" in den Proc.Nat.Acad.Sc. 72(6), S. 1994-1996, veröffentlicht, abgedruckt als WP 25 im Bericht über die 11. Tagung des Birdstrike Committee Europe, London 1976, die folgende Ergebnisse erbrachte:

Die meisten nächtlich ziehenden Vögel reagieren innerhalb von 1-2 Sekunden, wenn sie mit einem Suchscheinwerfer (200 W, Abstrahlwinkel 5°) angestrahlt werden, der parallel zum Strahl eines Zielverfolgungsradars (X-Band, 40 kW, Strahlbreite 3° , Pulslänge 0.25 μ sec) eingesetzt war. Über 80% der Vögel führten Ausweichmanöver durch, wobei eine deutliche Beziehung zur Entfernung der Lichtquelle und damit zur Intensität des Lichtes bestand. Während in einer Entfernung von 200 m über 90% aller Vögel auf die Lichtquelle durch Kursänderung reagierten, waren es ab 500 m nur noch 30%.

Aus einem Lfz (Piper Commanche) mit ständig eingeschalteten Landescheinwerfern, das in einer kühlen, wolkenlosen Nacht im Oktober während starken Kleinvogelzuges 3 Stunden lang in verschiedenen Richtungen über das Zielverfolgungsradar hinwegflog, wurden 6 Kleinvögel im Scheinwerferlicht gesehen, während 1 Vogel auf das Cockpit prallte, aber keinen Schaden verursachte. Vier Begegnungen zwischen dem Lfz (Geschwindigkeit 65 m/sec) und Kleinvögeln (8-17 m/sec.) wurden mit Hilfe des Radars beobachtet. Ein Vogel näherte sich dem Lfz von unten und reagierte erst bei einer Annäherung von 70 m durch Kursänderung, zwei Vögel näherten sich in gleicher Höhe von vorn und flogen in einer Entfernung von 280 bzw. 360 m von dem Lfz (d.h. der Lichtquelle) in einem Winkel von 90° davon. Ein vierter Vogel reagierte erst bei einer frontalen An-

näherung an das Lfz auf 100 m, bis er schnell wegtauchte.

Die Autoren ziehen aus diesen Beobachtungen den Schluß, daß Lichter oder andere Vergrämungsmittel, die an einem Lfz montiert sind, die Vögel zu schnellerer Reaktion veranlassen und dadurch die Gefahr einer Kollision verringern. Auch F. C. BELLROSE (1971) berichtet (AUK 88, S. 397-424), daß Vögel, wenn sie ein Lfz gesichtet haben, im allgemeinen ihre Flugrichtung ändern, um Kollisionen zu vermeiden. Eine Lichtquelle von 200 W mit einem Abstrahlwinkel von 5° würde den Vögeln 1 sec. Reaktionszeit geben, wenn sich ihnen ein Lfz mit Mach 1 (Schallgeschwindigkeit) nähert, wobei die durchschnittliche Fluggeschwindigkeit der Vögel von 10-20 m/sec. für eine erfolgreiche Kursänderung ausreichen würde.

Die Wirksamkeit einer Vogelvergrämung mittels Licht ist bisher nicht sicher bewiesen. Der Beitrag von F. J. Verheijen sollte jedoch in Zusammenhang mit den oben aufgeführten amerikanischen Befunden als Anregung empfunden werden, dem Problem erhöhte Aufmerksamkeit zu schenken.

(Die Redaktion)