Ökol. Vögel (Ecol. Birds) 10, 1988: 85-103

Verluste und Verhalten von Vögeln an einer 380-kV-Freileitung

Bird casualties and bird behaviour at a 380-kV-power line

Von **Heinrich Hoerschelmann, Andreas Haack** und **Frank Wohlgemuth**

Key words: Bird mortality at power lines, effect of scavengers, protective measures.

Zusammenfassung

HOERSCHELMANN, H., A. HAACK & F. WOHLGEMUTH (1988): Verluste und Verhalten von Vögeln an einer 380-kV-Freileitung. Ökol. Vögel 10: 85-103.
In vier aufeinanderfolgenden Zugperioden (Herbst 1982 bis Frühjahr 1984) wurde eine ca. 4,5 km lange Strecke der 380-kV-Freileitung in der Haseldorfer Marsch, nordwestlich Hamburgs, systematisch nach Anflugopfern abgesucht. Zusätzlich wurde das Flugverhalten im Leitungsbereich fliegender Vögel beobachtet. Unter Ausgleich der Abgänge durch tierische Suchkonkurrenten wurde ein unterer Grenzwert der jährlichen Verlusthöhe von annähernd 400 Vögeln pro km Leitung ermittelt.
Unter den betroffenen Arten domineren die Nacht- vor den Tagziehern. Hohe Verluste haben auch die im Leitungsbereich auf Grün- und Ackerland rastenden und Nahrung suchenden Kiebitze, Tauben und Möwen. Die Unfallursachen sowie die Unterschiede zwischen Freileitungen und natürlichen Hindernissen werden diskutiert.
Maximal drei Zugperioden hintereinander konnten drei mit Gummilappen (»Markern«) an den Erdseilen versehene Leitungsstrecken mit solchen ohne Marker verglichen werden. Es ließen sich eine Verminderung der Anflugopfer und geänderte Flugreaktionen der Vögel feststellen.

Summary

HOERSCHELMANN, H., A. HAACK & F. WOHLGEMUTH (1988): Bird casualities and bird behaviour at a 380-kV-power line. Ecol. birds 10: 85-103.
Searches for dead birds were carried out beneath a 380-kV-power line in the Haseldorfer Marsch northwest of Hamburg during four consecutive seasons of migration (autumn 1982 to spring 1984). Complementary observations of birds passing the power line range were made to register their reactions to the lines. Calculations for the number of those corpses removed by scavengers indicate that a minimum of 400 birds were killed per km and year by colliding with the lines under observation.
Among the species affected, the majority were night migrants. Species, mostly lapwings, gulls and doves which rest or feed on meadows or fields near the power line also suffered high losses. Darkness and differences of power lines to natural obstacles are dicussed as causes of accidents.

Anschrift der Verfasser:
Dr. H. Hoerschelmann, A. Haack, F. Wohlgemuth,
Zoologisches Institut und Zoologisches Museum
Martin-Luther-King-Platz 3, D-2000 Hamburg 13

In three spans 20×40 cm red rubber flags were fitted to the earth wires. For three seasons these spans could be compared with nearby spans without flags. Casualties were reduced by this protective measure and the flying birds' reactions to the lines changed.

1. Einleitung und Zielsetzung

Die Aufgabe dieser Untersuchung war die möglichst exakte Erfassung von Vogelverlusten durch Anflug an eine Freileitung und der Versuch einer Ursachenanalyse. Nur wenige derartige Arbeiten gehen über die Darstellung von Zufallsbefunden hinaus (Scott et al. 1972, Renssen 1977, Heijnis 1976, 1980). Unter Verwendung einer verfeinerten Auswertung der Fundverteilung und mit ergänzenden Beobachtungen im Trassenbereich fliegender Vögel werden die Bedingungen für das Entstehen von Anflugunfällen an frei im Luftraum hängenden Flugbahnhindernissen erarbeitet. Der Untersuchung liegen die Daten von 867 Anflugopfern und 1768 Protokolle von Trassenquerungen fliegender Vögel zugrunde.

Wenn im folgenden von Anflügen gesprochen wird, sind nur solche gemeint, die zu einer ernsthaften Verletzung des Vogels führten. Zu derartigen Unfällen kommt es durch mangelnde optische Wahrnehmung oder allgemein durch mangelnde Hindernisbeherrschung im Luftraum. Daher werden Freileitungen vor allem für nachtaktive bzw. bei Nacht ziehende Arten gefährlich. Im Gegensatz zu den durch Stromschlag verursachten Todesfällen, die zu einem erheblichen Anteil durch die Umrüstung von Masten zu verhindern sind (Haas 1980), bestehen die Unfallfolgen hier zur Hauptsache in mechanischen Verletzungen. Derartige Vogelverluste können also an allen vergleichbaren Bauwerken mit Verspannungsseilen oder ähnlichen Konstruktionsstrukturen auftreten (Karlsson 1977).

Anlaß für die Untersuchung war die Auflage, an der die Elbe querenden 380-kV-Höchstspannungsleitung auf schleswig-holsteinischem Gebiet Maßnahmen zur Vermeidung von Vogelverlusten zu treffen. An den durch die Kennzeichnungsauflage bestimmten Strecken in Elbnähe sollte festgestellt werden, welche Streckenabschnitte besonders gefährdet sind. Diese Aufgabenstellung wurde durch vergleichende Kontrollen von Streckenabschnitten mit und ohne »Marker« an den Erdseilen ergänzt.

Die Bedeutung der Elbe als Leitlinie für den Vogelzug wird von Hüppop & Dien (1984) eingehend diskutiert. Der Vogelzug findet gewöhnlich in größeren Höhen statt. Die Elbmarschen werden aber nicht nur überflogen, sondern sind für Wiesen- und Wasservögel auch als Nahrungs- und Rastraum hoch bedeutsam. Bei den häufig starken, westlichen Winden ist zudem mit erheblichem bodennahen Zug zu rechnen (Gruys-Casimir 1965, Alerstam & Ulfstrand 1975). Die Freileitung muß in diesem Gebiet also eine wirklich ernsthafte Gefahr für durchziehende und rastende Vögel darstellen, worauf schon Prause (1977) in einer verdienstvollen Voruntersuchung hingewiesen hat.

Die Kontinuität und die Aussagefähigkeit der Untersuchung wurde erheblich dadurch beeinträchtigt, daß auf Druck von Nutzungsberechtigten und Eigentümern ein teilweiser Wechsel der Suchstrecken erzwungen wurde.

Strecke und Methode

1. Die Strecke und die Organisation der Suchgänge

1.1 Die Leitung

1978 wurde von den Nordwestdeutschen Kraftwerken eine 380-kV-Freileitung fertiggestellt, die unterhalb Hamburgs die Elbe quert und von deren Nordufer aus in ca. 8 bis 10 km Abstand parallel zum Strom bis in die Höhe von Brunsbüttel verläuft. In der nördlichen Elbmarsch zieht sie somit auf einer Länge von annähernd 40 km vorwiegend quer zur Hauptzugrichtung der Vögel.
Im kontrollierten Abschnitt besteht die Leitung aus 6 doppelten Leiterseilen, deren Einzelseile (30 mm Durchmesser) durch Abstandhalter auf einen Abstand von 30 cm fixiert sind, und aus 2 Erdseilen (18 mm Durchmesser). Diese 8 Seile sind im Verlauf der Strecke an zwei verschiedene Masttypen montiert. Im Abschnitt nahe der Elbe sind die Leiterseile an 3 Traversen übereinander angebracht. Die Erdseile sind darüber an schräge Ausleger der Masten montiert (s.a. Abb. 6). Der vertikale Abstand zwischen dem unteren Leiterseilpaar und dem Erdseil beträgt ca. 34 m. Weiter landeinwärts, ab Mast 34, haben die Masten nur 2 Traversen. Die untere trägt 4, die obere 2 Leiterseile. Der vertikale Abstand vom Erdseil zu den unteren Leiterseilen beträgt hier ca. 20 m. An den Isolatoren hängen die unteren Leiterseile gewöhnlich ca. 25 m, in der Mastfeldmitte dagegen lediglich 15 m über dem Boden. Die Masten stehen im Mittel um 400 m voneinander entfernt (Mastfeldlänge). Die abgesuchte Strecke betrug annähernd 4,5 km, ihr Anfang lag nahe Mast 24 ca. 800 m vom Elbufer entfernt. Die Mastnummern steigen nach Norden.

1.2 Geländestruktur und Eigenheiten der Suchstrecke

Im Arbeitsgebiet überspannt die Leitung überwiegend Dauergrünland, das teilweise an kleinere Gehölze grenzt oder von Gehölzstreifen durchzogen ist. Örtlich sind eingeschobene Ackerflächen vorhanden. Hier kommt es zeitweilig zu Rastvogelkonzentrationen, vorwiegend von Kiebitzen, Möwen und Tauben. Neben der nahegelegenen Elbe schloß die Suchstrecke die schmale Haseldorfer Binnenelbe und während einer bzw. zwei Suchperioden auch die kleinen Flüsse Krückau und Pinnau ein. Auf den abgesuchten Flächen betrug die Vegetationshöhe auf Grünland 2 bis maximal 60 cm und auf Ackerland 0 bis 40 cm. Auf höher bewachsenen Flächen wurde nicht gesucht.

1.3 Untersuchungszeitraum

Die Leitungsstrecke wurde in vier aufeinanderfolgenden Zugzeiten begangen, und zwar im Herbst 1982 vom 13. 8. bis 30. 11., im Frühjahr 1983 vom 1. 3. bis 15. 6., im Herbst 1983 vom 1. 9. bis 15. 12. und im Frühjahr 1984 vom 15. 2. bis 15. 5.

1.4 Durchführung der Suchgänge

Es wurden vier parallele Schneisen von je ca. 30 m Breite abgesucht. Jeweils eine lag direkt unter den äußeren Leiterseilen und die zweite seitlich daneben. Zwei Sucher arbeiteten nebeneinander. Jede Schneise wurde durch einen geradlinigen Suchgang erfaßt. Die Strecke wurde regelmäßig in Abständen von 2 oder 3 Tagen begangen. Suchbeginn war immer in den Morgenstunden eine bis maximal drei Stunden nach Sonnenaufgang.

1.5 Protokollierung der Funde

Festgehalten wurden:
Artangabe mit exakter Bestimmung von Fraßresten und Rupfungen.
Position mit Längs- und Querangabe. Zur Bestimmung der Lage der Funde auf dem Mastfeld wurde dieses unabhängig von der absoluten Größe in 10 Teilabschnitte geteilt. Die Abstandhalter der Leiterseile dienten als Orientierungshilfe. Die Querposition wurde als Abstand zur Ruhelage der äußeren Leiterseile in Metern abgeschritten.
Zustand: a) unverändert, b) leicht angefressen, c) stark angefressen, d) Fraßrest oder Rupfung, 1) noch lebend. Neben diesen allgemeinen Zustandsangaben wurden auffällige Verletzungen oder besondere Fraß- oder Rupfungsbilder festgehalten.
Expositionszeit: aus Merkmalen wie Augenturgor, Geruch, Insektenbefall und Verwesungszeichen wurde auf die Dauer der Liegezeit und damit auf den Zeitpunkt des Anflugs geschlossen.
Mehrere im Verbund liegende Federn wurden noch als Fund gewertet. Bei jedem Suchgang wurden, falls sie nicht der Erstellung von Schwundprotokollen dienten, alle Vögel und Vogelreste abgesammelt oder vergraben. Fragliche Reste wurden zur späteren Bestimmung aufgehoben.

2. Auslegeversuche zum Suchkonkurrenteneffekt

Um den Einfluß der tierischen Suchkonkurrenten auf die Fundzahlen ausgleichen zu können, wurden Auslegeversuche durchgeführt. Aus dem Schwund der ausgelegten Vögel im Ablauf der Begehungsintervalle wurde ein Korrekturfaktor (K_1) ermittelt, der von dem Abstand aufeinanderfolgender Suchgänge abhängt und daher je nach der Begehungshäufigkeit der einzelnen Strecken verschieden ist. Zur Bestimmung dieses Faktors diente bevorzugt eine repräsentative Kükenserie. Die jeweils auffindbare Restanzahl der Küken wurde gegen die Zeit abgetragen und der Faktor aus dem Graphen dieser Funktion f (t) ermittelt.
Für einen Suchrhythmus von t Tagen ist dann: $K_t = t/\sum_{i=0}^{t-1} f\,(i+0{,}5)$. Der Betrag 0,5 ergibt sich aus dem angenommenen mittleren zeitlichen Abstand zwischen Anflug und Fund bei täglicher Suche. Der den Schwund ausgleichende Korrekturfaktor wurde auch für die Herbstfunde anhand der im Frühjahr ermittelten Daten berechnet.
Insgesamt wurden bei den Auslegeversuchen 227 Vögel kontrolliert, und zwar 54 Leitungsopfer, 80 Hühnerküken , 64 abgelagerte Vögel aus der Kühlkammer des Instituts und 29 Rabenkrähennestlinge.

3. Auswertung der Funde

3.1 Fundzahlenkorrektur und -normierung

Die Fundzahlen geben nicht die reale Verlusthöhe wieder. Die quantitativen Fundwerte sind erst nach einer Korrektur vergleichbar, die die unterschiedlichen Strekkenlängen, die verschiedenen Bearbeitungszeiträume und den jeweiligen Suchrhythmus ausgleicht. Wesentlich für diesen Ausgleich ist der Faktor K_1 aus den Auslegeversuchen. Ziel der Ausgleichsrechnung ist ein Wert, der für jeden Leitungsort die »Anflugerwartung« pro Zugperiode (100 Tage) und km Leitung angibt.

3.2 Fundortanalyse

Um die räumliche Verteilung der Funde zu analysieren, wurden die Koordinaten aller Funde auf ein theoretisches Mastfeld projiziert. Zur besseren Übersichtlichkeit wurden die Randsummen dieser Flächenverteilung als Längs- und Querprofil in der Form von Blockdiagrammen bzw. Verteilungskurven dargestellt (Abb. 5 und 6). Das Längsprofil wurde ohne weitere Glättung direkt aus den Häufigkeiten der Längenklassen gewonnen. Die zugrunde gelegte Einheit ist 1/10 Mastfeld (ca. 40 m). Zur Erstellung der Querprofile wurde eine Verteilung in 1-m-Klassen aufgestellt, die zur besseren Veranschaulichung in leicht geglätteter Form dargestellt wird. Das Glättungsverfahren arbeitet mit inhaltdefinierten Abschnitten.

4. Marker

Im Frühjahr 1983 wurden erstmals über zwei Mastfeldern »Erdseilmarker« angebracht. An die Erdseile wurden 20×40 cm große, rote, durchlöcherte Gummilappen montiert. Im einen Feld hingen 42 Marker über den Abstandhaltern der Leiterseile und jeweils auf halber Strecke zwischen diesen. Im anderen Feld hingen die 20 Lappen bis zum Herbst 1983 nur über den Abstandhaltern, an denen als Leiterseilmarkierung zusätzlich »Stabmarker«, 1 m lange, 3 cm dicke, rote Stäbe befestigt waren. Im Herbst 1983 wurden die Stabmarker entfernt, da sie nach Mitteilung der Nordwestdeutschen Kraftwerke zu Störungen führten, und die Bestückung mit Erdseilmarkern wurde vereinheitlicht. Die 42 Marker pro Mastfeld wurden so verteilt, daß sie zur Mitte des Feldes dichter und an den beiden Erdseilen alternierend hingen. Zusätzlich wurden zwei weitere Felder mit Markern ausgerüstet. Das Verhältnis der Untersuchungszeiten von markiertem zu unmarkiertem Zustand betrug für das Feld 25-26 2 zu 2, das Feld 27-28 1 zu 3 und das Feld 30-31 0 zu 3 Suchperioden. Nach unseren Ergebnissen ist es problematisch, Fundzahlen verschiedener Felder direkt miteinander zu vergleichen, da nicht von einer gleichen Anflugerwartung ausgegangen werden kann. Möglichst sollten nur die Fundzahlen ein und derselben Strecke vor und nach der Markermontage miteinander verglichen werden. Dabei müssen die jeweiligen Untersuchungszeiten so bemessen sein, daß Jahres- wie jahreszeitliche Schwankungen ausgeglichen werden. So zu verfahren war uns nicht möglich. Daher werden sowohl Marker- mit benachbarten Vergleichsstrecken als auch die kurzen Zeiträume vor und nach der Markermontage verglichen.

5. Beobachtungen zum Verhalten im Leitungsbereich fliegender Vögel

Ergänzend zur Suche nach Anflugopfern wurde durch die Beobachtung im Leitungsbereich fliegender Vögel versucht, Aufschluß über deren Reaktion auf die Leitungen zu gewinnen. Die Querungsbeobachtungen dienten auch dazu, Reaktionsunterschiede verschiedener Vogelarten auf das Hindernis zu beschreiben. Diese Beobachtungen wurden bevorzugt in der Morgen- und Abenddämmerung angestellt.
Nach anfänglichen Unstimmigkeiten in den Beobachtungsprotokollen arbeiteten zwei Beobachter gemeinsam. Einer stand ca. 60 m von der Leitung entfernt und der andere 10 bis 20 m hoch im Mast. Zur gegenseitigen Abstimmung wurden Sprechfunkgeräte benutzt. So konnten perspektivische Fehleinschätzungen weitgehend vermieden werden. Die Beobachtungen in der Dämmerung waren bis zu einem Lichtwert von −3 möglich. Die Auswahl eines Vogels hing dann aber erheblich von dessen Größe ab.
Die Protokollierung der Beobachtungen erfolgte auf einem Formblatt, auf dem, bezogen auf die Seile, zeichnerisch der horizontale und vertikale Querungsverlauf dargestellt und Angaben zu Datum, Ort, Zeit, Lichtwert, Wetter, Vogelart, Flugrichtung und Reaktionsentfernung festgehalten wurden. Der Lichtwert wurde mit einem »Gossen Sixtar« bei 21 DIN indirekt gemessen. Die Windstärke wurde im Moment der Beobachtung geschätzt. Schätzwerte sind auch die Parameter Querungsort, Reaktionsentfernung und räumlicher Versatz des Vogels bei der Reaktion. Vorausgesetzt, es lag kein Beobachtungsfehler vor, kann das Ausbleiben einer Reaktion einmal bedeuten, daß der Vogel das Hindernis rechtzeitig erkannte und daher voll beherrschte. Ebenso ist es jedoch auch möglich, daß das Hindernis nicht gesehen wurde und ein Unfall nur deshalb nicht eintrat, weil der Vogel sich nicht auf Kollisionskurs befand. Ähnliche Reaktionsmuster können also nicht ohne weiteres gleich interpretiert werden. Jede Vogelart oder zumindest doch Vogelgruppe ist gesondert zu betrachten.

Ergebnisse

1. Erfassung der Anflugopfer durch Suchgänge

1.1 Die betroffenen Arten

Die Funde verteilen sich auf insgesamt 70 Vogelarten (Tab. 1). 42 % der Funde sind Vögel der Feuchtgebiete (Taucher, Entenvögel, Rallen, Watvögel und Möwen). Greifvögel sind in den Funden nur mit 2 und Eulen nur mit einem Exemplar vertreten. Die Hauptmenge der Funde wird von wenigen Arten gestellt. Stockente, Krickente und Bläßhuhn gehören im Unterelberaum zu den häufigsten Wasservögeln. Die im Unterelbegebiet rastenden Schwäne sind nach den Funden im untersuchten Leitungsabschnitt wenig betroffen. Unter den Watvögeln dominieren die Kiebitze und Bekassinen.

Tab. 1. Fundhäufigkeiten der einzelnen Arten
T=»Tagzieher« – N=»Nachtzieher«

1	Zwergtaucher	*Tachybaptus ruficollis*	N	7
2	Haubentaucher	*Podiceps cristatus*	N	2
3	Rothalstaucher	*Podiceps griseigena*	N	1
4	Graureiher	*Ardea cinerea*	T	4
5	Weißstorch	*Ciconia ciconia*	T	1
6	Höckerschwan	*Cygnus olor*	T	7
7	Bläßgans	*Anser albifrons*	T	1
8	Brandgans	*Tadorna tadorna*	N	2
9	Krickente	*Anas crecca*	N	14
10	Stockente	*Anas platyrhynchos*	N	46
11	Knäkente	*Anas querquedula*	N	1
12	Löffelente	*Anas clypeata*	N	3
13	Eiderente	*Somateria mollissima*	T	4
	Ente	*Anatinae sp.*	N	1
14	Mäusebussard	*Buteo buteo*	T	2
15	Fasan	*Phasianus colchicus*	T	10
16	Wasserralle	*Rallus aquaticus*	N	5
17	Wachtelkönig	*Crex crex*	N	2
18	Teichhuhn	*Gallinula chloropus*	N	9
19	Bläßhuhn	*Fulica atra*	N	39
20	Goldregenpfeifer	*Pluvialis apricaria*	N	7
21	Kiebitz	*Vanellus vanellus*	N	112
22	Alpenstrandläufer	*Calidris alpina*	N	2
23	Kampfläufer	*Philomachus pugnax*	N	2
24	Bekassine	*Gallinago gallinago*	N	33
25	Uferschnepfe	*Limosa limosa*	N	6
26	Großer Brachvogel	*Numenius arquata*	N	3
27	Rotschenkel	*Tringa totanus*	N	1
	Schnepfe	*Scolopacidae sp.*	N	1
28	Dreizehenmöwe	*Larus tridactylus*	T	2
29	Lachmöwe	*Larus ridibundus*	T	36
30	Sturmmöwe	*Larus canus*	T	7
31	Silbermöwe	*Larus argentatus*	T	1
	Möwe	*Larus sp.*	T	2
32	Seeschwalbe	*Sterna sp.*	T	1
33	Trottellumme	*Uria aalge*	T	1
34	Ringeltaube	*Columba palumbus*	T	70
35	Haustaube	*Columba livia f. domestica*	T	95
	Taube	*Columba sp.*	T	2
36	Waldohreule	*Asio otus*	N	1
37	Mauersegler	*Apus apus*	T	1
38	Feldlerche	*Alauda arvensis*	N	21
39	Rauchschwalbe	*Hirundo rustica*	T	1
40	Mehlschwalbe	*Delichon urbica*	T	3
41	Baumpieper	*Anthus trivialis*	N	1
42	Wiesenpieper	*Anthus pratensis*	N	4
	Pieper	*Anthus sp.*	N	2
44	Bachstelze	*Motacilla alba*	N	1
45	Rotkehlchen	*Erithacus rubecula*	N	6
46	Trauerschnäpper	*Ficedula hypoleuca*	N	5
47	Braunkehlchen	*Saxicola rubetra*	N	1

48	Steinschmätzer	*Oenanthe oenanthe*	N	3
49	Misteldrossel	*Turdus viscivorus*	N	2
50	Wacholderdrossel	*Turdus pilaris*	N	37
51	Amsel	*Turdus merula*	N	14
52	Rotdrossel	*Turdus iliacus*	N	35
53	Singdrossel	*Turdus philomelos*	N	58
	Drossel	*Turdus sp.*	N	7
54	Rohrsänger	*Acrocephalus sp.*	N	5
55	Gelbspötter	*Hippolais icterina*	N	1
56	Dorngrasmücke	*Sylvia communis*	N	3
57	Gartengrasmücke	*Sylvia borin*	N	7
58	Möchsgrasmücke	*Sylvia atricapilla*	N	17
59	Zilpzalp	*Phylloscopus collybita*	N	1
60	Fitis	*Phylloscopus trochilus*	N	4
	Laubsänger	*Phylloscopus sp.*	N	1
61	Wintergoldhähnchen	*Regulus regulus*	N	1
62	Tannenmeise	*Parus ater*	T	1
	Meise	*Parus sp.*	T	1
63	Star	*Sturnus vulgaris*	T	54
64	Buchfink	*Fringilla coelebs*	T	2
65	Bergfink	*Fringilla montifringilla*	T	2
66	Grünling	*Chloris chloris*	T	1
67	Stieglitz	*Carduelis carduelis*	T	2
68	Schneeammer	*Plectrophenax nivalis*	T	1
69	Goldammer	*Emberiza citrinella*	T	1
70	Rohrammer	*Emberiza schoeniclus*	T	1
	Kleinvogel	*Passeriformes sp.*	/	13

Eine geringe Anflugrate wäre für die am Tage fliegenden Tauben zu erwarten gewesen. Mit 167 Funden sind sie aber unter den Leitungsopfern stark vertreten. Bei den Singvögeln verunglücken bevorzugt die in der Nacht ziehenden Arten wie Drosseln, Grasmücken und Lerchen. Finken und Schwalben sind nur in Einzelexemplaren gefunden worden. Auch die Stare, die hier mit der höchsten Individuenzahl auftretende Art, waren mit nur 54 gefundenen Exemplaren verhältnismäßig wenig betroffen. Aus dem Zahlenvergleich der Anflugopfer von »Nacht-« (529 Ex.) und »Tagfliegern« (338 Ex.) wird die besondere Gefährdung der während des Zuges stark nachtaktiven Arten erkennbar, wenn auch die absoluten Größenordnungen beider Gruppen nicht bekannt sind.

Auf den einzelnen Mastfeldern ergeben sich aus den Funden kleinräumige Unterschiede in den Artenspektren (Abb. 1). In Elbnähe und um die Haseldorfer Binnenelbe (23-26) verunglücken deutlich mehr Wasservögel als in gewässerferneren Streckenabschnitten. Die Kiebitz-, Tauben- und Möwenfunde konzentrieren sich in bestimmten Grünland- und Ackerzonen (30-31, 40-46, 57-61). Die Singvögel verteilen sich entsprechend ihrem Breitfrontzug einigermaßen gleichmäßig über die abgesuchte Strecke. Gewisse Schwerpunkte ergeben sich aber doch in von Kleingehölzen durchsetztem Grünland (25-26, 40-41, 55). Das Bild dieser kleinräumigen Unterschiede wird noch deutlicher, wenn die pro Mastfeld anfallenden Artenzahlen ver-

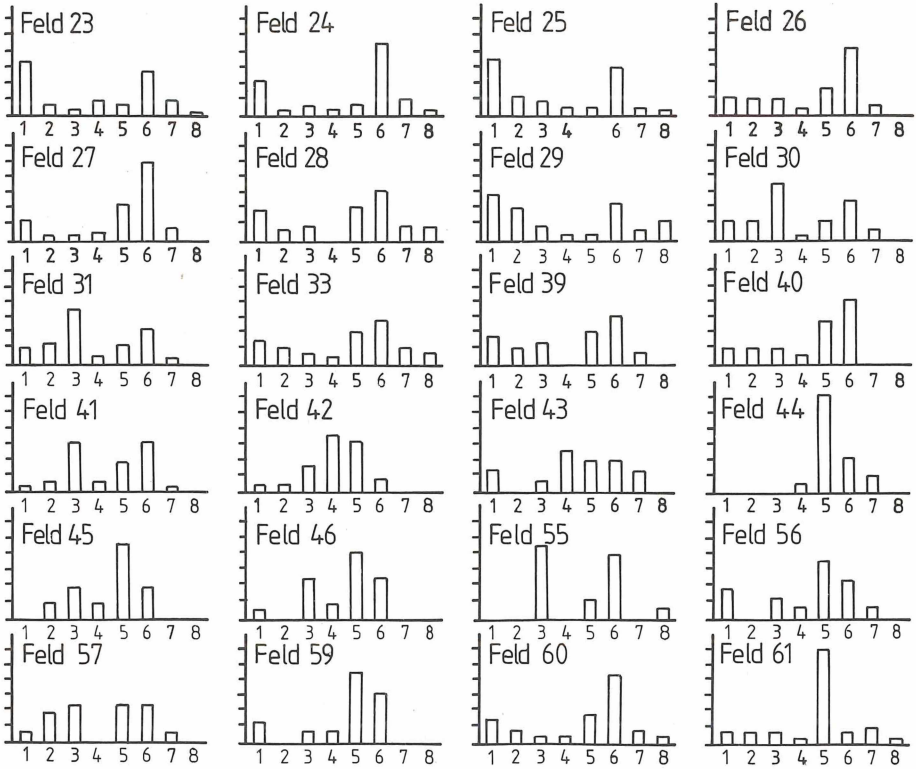

Abb. 1. Artenspektren der Funde auf den Mastfeldern. Die Fundanteile der verschiedenen Artengruppen sind in % dargestellt. Ein Teilstrich=10 %.
1) Wasservögel, 2) Watvögel excl. 3, 3) Kiebitze, 4) Möwen, 5) Tauben, 6) Singvögel excl. 7, 7) Stare, 8) Andere.

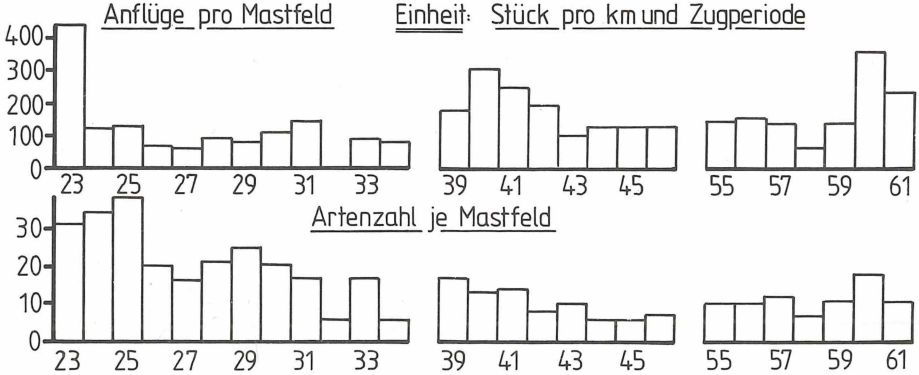

Abb. 2. Normierte Fund- (»Anflüge«) und Artenzahlen entlang der abgesuchten Strecke. Feld 25: Binnenelbe, 43: Pinnau, 60: Krückau, Feld 32 wurde so unregelmäßig begangen, daß keine Anflugzahl geschätzt werden konnte.

glichen werden (Abb. 2). Die Artenvielfalt nimmt von dem durch Gewässer und Gehölze stärker strukturierten Bereich in Elbnähe zur weit uniformeren Weide- und Ackerzone hin deutlich ab. In der Umgebung der Flüsse Pinnau (39-43 und Krückau (59-61) steigt sie wieder an.

1.2 Phänologie des Anfluggeschehens

Die zeitliche Verteilung der Fund- und Artenzahlen (Abb. 3) spiegelt den Verlauf des Vogelzuges. Im Frühjahr konzentrieren sich die Anflüge auf die Zeit von Anfang März bis Mitte April. Die höchste Artenvielfalt war im März zu verzeichnen. Von da an nahm bei nahezu gleichbleibender Fundhöhe die Artenzahl wieder ab. Ende März und Anfang April traten die häufigeren Arten (Kiebitz, Tauben und Drosseln) stärker in Erscheinung. Im Herbst verteilen sich die Anflüge auf einen längeren Zeitraum von August bis Ende November. Die Artenzahl erreicht aber schon Mitte September ihr Maximum und sinkt dann bei weiterhin hohen Fundraten ab. Die ungünstigeren Suchbedingungen im Herbst, die hohe Vegetation und vielleicht auch eine größere Dichte von tierischen Suchkonkurrenten machen es wahrscheinlich, daß im Vergleich zum Frühjahr die Fundrate im Herbst niedriger war.

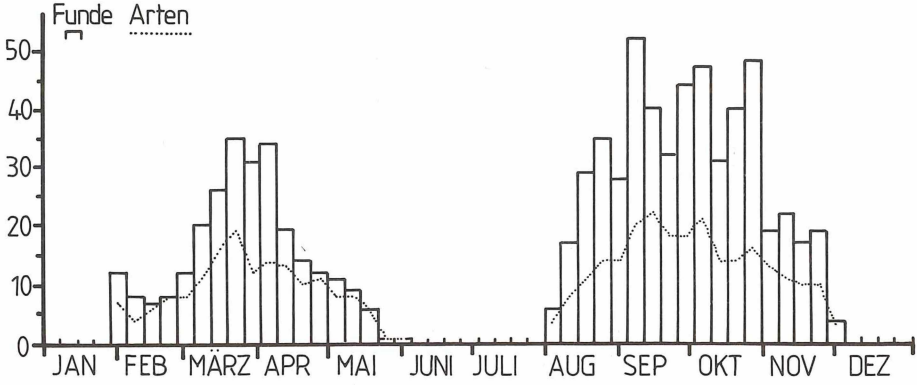

Abb. 3. Zeitliche Verteilung der Funde nach geschätztem Anflugtermin.

1.3 Auslegeversuche zum Einfluß der Suchkonkurrenten auf die Fundzahl

Der Schwund der Anflugopfer wurde endgültig an einer Versuchsreihe mit 20 braunen Zehntagesküken nachvollzogen, die in bezug auf den Auslegetermin (April), den Vegetationszustand wie die Größe, Struktur und Färbung die Gesamtheit der Anflugopfer am besten repräsentierte. Es wurden jeweils bis zu 3 Vögel auf einem Mastfeld verteilt. Aus der Abgangsfunktion (Abb. 4) läßt sich für den Korrekturfaktor K_1 eine einfache Näherung ableiten. Für ein Suchintervall von t Tagen ist danach $K_1 = t + 0{,}74 + 1$.

Bei Einsatz des Korrekturfaktors ergeben sich als suchkonkurrentenbereinigter Fundwert für die abgesuchte Strecke im Mittel 145 tote Vögel pro Zugperiode (100 Tage) und km mit einer Standardabweichung von 74.

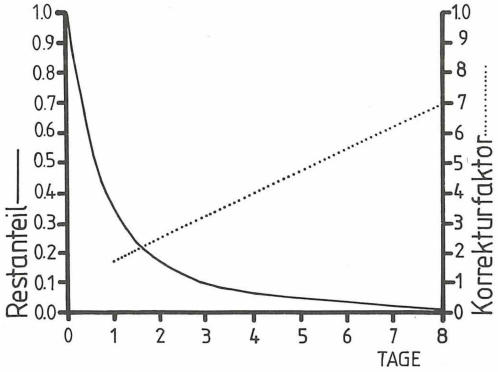

Abb. 4. Abgangsfunktion der ausgelegten Vögel und der daraus resultierende Korrekturfaktor. Die in der Abszisse abgetragene Zeit entspricht für die Abgangsfunktion der Liegezeit der Vögel, für den Korrekturfaktor dem Abstand zwischen den Suchtagen.

1.4 Fundmengen im Trassenverlauf

Von der Elbe landeinwärts ergibt sich ein merkbares Gefälle der Fundmengen (Abb. 2). Die höchsten Vogelverluste sind außerhalb des Untersuchungsgebietes über dem Strombereich der Elbe zu erwarten (21-24). Hohe Anflugzahlen ergeben sich auch um die Haseldorfer Binnenelbe (24-26). Anschließend (26-28) nehmen die Zahlen bis zum Binnendeich merkbar ab. Im Bereich des zusammenhängenden Grünlandes (26-34) wurden die höchsten Fundzahlen an den bevorzugten Rastplätzen (30-31) festgestellt. Das gleiche gilt auch für den Acker-Grünland-Abschnitt »Pinnau« (40-42). Der unmittelbare Flußbereich der Pinnau (43-44) fällt nicht sonderlich auf. Dagegen ist auf der Strecke »Krückau« der Flußabschnitt (60-61) deutlich hervorgehoben.

1.5 Verteilung der Funde im Mastfeld

In der Zusammenfassung aller Funde zeigt die im Längsprofil dargestellte (Abb. 5) relative Verteilung über die Mastfeldlänge einen deutlichen Anstieg zur Feldmitte hin. Die Querverteilungen (Abb. 6) zeigen erwartungsgemäß ein Maximum der Funde unter der Leitung. Die Todesursache der Vögel war also zweifellos ein Anflug gegen die Seile. In feinerer Darstellung ergibt sich aber keine eingipflige, sondern eine deutlich mehrgipflige Kurve, die die in Abständen angeordneten Hindernisse, außen die Leiterseile und innen die Erdseile, wiedergibt (Abb. 6a). Aus den Darstellungen wird auch gut erkennbar, daß an den Leiterseilen zwar mehr Vögel verunglücken, daß aber die Erdseile, am Hindernisumfang gemessen, die größere Gefahr darstellen. Während die nachts ziehenden Großvögel (Enten, Rallen, Watvögel) (Abb. 6b) zu fast gleichen Teilen unter den Erd- und Leiterseilen gefunden werden, lag die Mehrzahl der bei Nacht fliegenden Kleinvögel (Singvögel bis Drosselgröße) (Abb. 6c) im Bereich der Leiterseile.

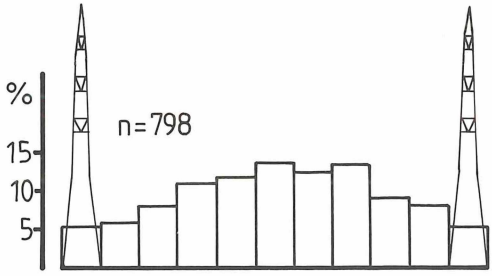

Abb. 5. Fundverteilung in der Mastfeldlänge auf der Grundlage aller Funde.

Die vorwiegend tagaktiven Tauben und Möwen zeigen bei insgesamt hoher Streuung im Querprofil keine derart klar abgebildeten Maxima im Leitungsbereich (Abb. 6d). Die hauptsächlich nachts ziehenden Drosseln liegen überwiegend unter den Leiterseilen (Abb. 6e). Das gleiche gilt auch für die über den ganzen Tag aktiven Kiebitze (Abb. 6f), was darauf hinweist, daß sie vor allem während der Nacht verunglükken.

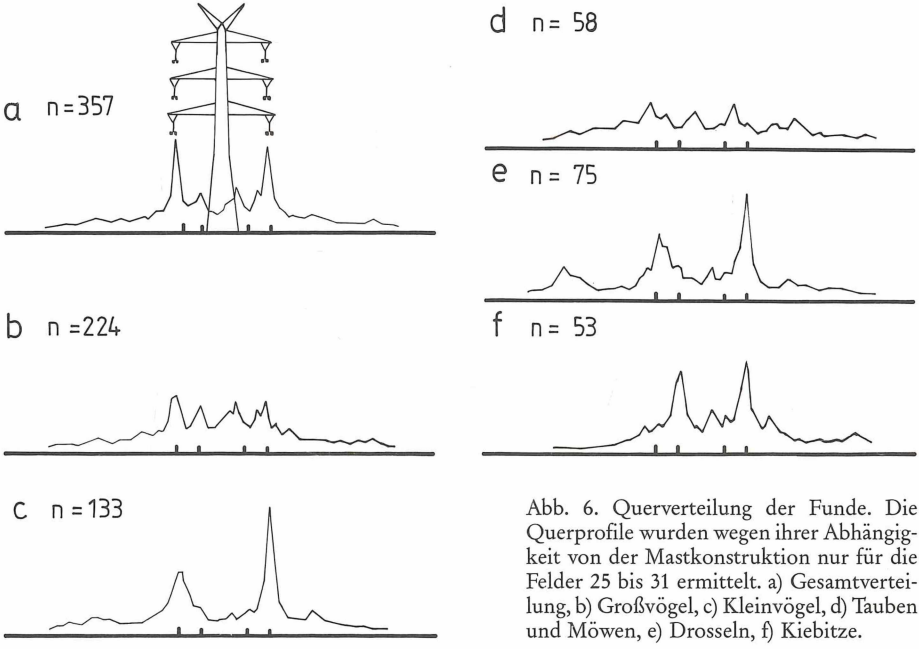

Abb. 6. Querverteilung der Funde. Die Querprofile wurden wegen ihrer Abhängigkeit von der Mastkonstruktion nur für die Felder 25 bis 31 ermittelt. a) Gesamtverteilung, b) Großvögel, c) Kleinvögel, d) Tauben und Möwen, e) Drosseln, f) Kiebitze.

1.6 Erdseilmarker als Abwehrmaßnahme

Bei der Fundauswertung konnte nach der Markermontage eine Verminderung der Verlustrate ermittelt werden (Tab. 2). Im Vergleich von Marker- und benachbarten Kontrollfeldern betrug die Verringerung der Fundzahlen ca. 20 %. In den Markerfeldern selbst ergab der Vergleich der kurzen Zeiträume vor und nach der Markermontage eine Abnahme um ca. 50 %.

Tab. 2. Normierte Fundzahlen der Felder 25 bis 31
m−: Anflüge ohne Marker, m+: Anflüge mit Markern, T: »Tagzieher«, N: »Nachtzieher«, H: Herbst, F: Frühjahr.

Feld	25		26		27		28		29		30		31	
	T	N	T	N	T	N	T	N	T	N	T	N	T	N
H 82	16,1	48,3	11,6	31,9	11,6	20,3								
F 83	3,0	20,8	2,7	10,8		5,4	10,8	18,9	12,9	21,5	2,7	40,5		32,4
					+2,7	+18,9					+10,8	+2,7		
H 83	7,6	22,8	11,5	16,1	+11,5	+13,8	18,4	16,1	2,6	20,9		+25,3	6,9	20,7
	+2,5	+38,3												
F 84	12,7	+25,3	6,9	11,5	+2,3	+6,9	13,8	20,7	7,8	10,5	+4,6	+16,1	6,9	18,4
m−	26,7	91,9	32,7	70,3	11,6	25,7	43,0	55,7	23,3	52,9	2,7	40,5	13,8	71,5
m+	15,2	63,6			16,5	39,6					15,4	44,1		

Theoretische Anflüge pro Tag und Feld: Alle Felder m−: 0,36
Felder 25+27+30 m−: 0,53
Felder 25+27+30 m+: 0,28
25+27+30 m+/25+27+30 m− = 0,53
25+26+27 m+/alle Felder m− = 0,78
Verhältnis N/T: Alle Felder m−: 408,5/153,8 = 2,66
Felder m+: 147,3/47,1 = 3,13

Tab. 3. Vergleich der Fund- und Beobachtungszahlen der Vogelgruppen.
+ = 1-10, ++ = 11-100, +++ = >100.

Vogelgruppe	Funde	Beobachtungen
Rabenvögel	−	+++
Reiher	+	+++
Finken+Ammern	+	+++
Greifvögel	+	++
Schwäne+Gänse	+	++
Enten	++	+++
Möwen	++	+++
Star	++	+++
Drosseln	+++	+++
Kiebitz	+++	++
Lerchen+Pieper+Stelzen	+	+
Watvögel	++	+
Rallen	++	−
Taucher	+	−
Rohrsänger+Laubsänger+ Grasmücken+Schnäpper	+	−

Sowohl bei den Tag- als auch bei den Nachtziehern gingen die Anflugzahlen merkbar zurück. Dieser Rückgang war aber bei den tagaktiven Vögeln doppelt so stark wie bei den »Nachtfliegern«.

2. Beobachtungen zum Verhalten im Leitungsbereich fliegender Vögel

2.1 Fund- und Beobachtungszahlen

Einige Arten und Vogelgruppen sind entweder bei den Funden oder bei den Beobachtungen überhaupt nicht vertreten (Tab. 3). Taucher, Rallen, Rohrsänger, Grasmücken und Schnäpper sind nur bei den Funden aufgeführt. Diese überwiegend bis fast ausschließlich nächtlich ziehenden Vögel konnten auch während der Dämmerung nicht an den Leitungen beobachtet werden. Dagegen wurden Rabenvögel, überwiegend Krähen und Dohlen, recht häufig an der Leitung gesehen. Die Masten wurden von ihnen bevorzugt als Ruheplatz genutzt. Im Untersuchungszeitraum war aber unter den Leitungsopfern kein einziger Rabenvogel.

2.2 Flugverhalten am Hindernis

Bei 55 % aller protokollierten Querungen konnten Reaktionen beobachtet werden. Davon waren 67 % Nahreaktionen mit einer Reaktionsentfernung von 30 m oder weniger zum nächstgelegenen Hindernis. Diese beachtliche Häufigkeit sichtbarer Reaktionen beweist, daß die Leitungen von der Mehrzahl der Vögel gesehen wurde. Bei den Raben- und Greifvögeln war die relative Reaktionshäufigkeit am geringsten.

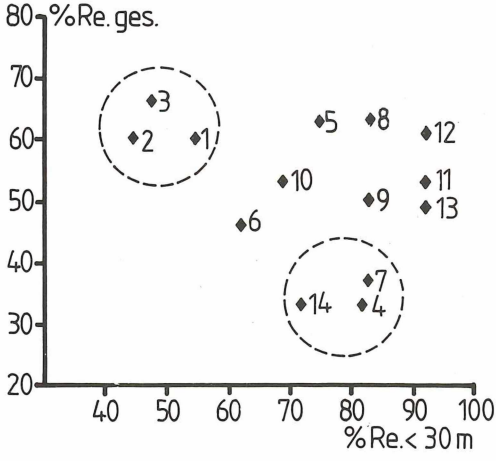

Abb. 7. Verhältnis der Nahreaktion zur gesamten Reaktionshäufigkeit bei verschiedenen Vogelgruppen.
1) Reiher, 2) Enten, 3) Schwäne und Gänse, 4) Greifvögel, 5) Kiebitze, 6) Watvögel, 7) Möwen, 8) Tauben, 9) Segler, 10) Lerchen, Pieper, Stelzen, 11) Drosseln, 12) Finken, Ammern, 13) Stare, 14) Rabenvögel.

Auch die Möwen reagieren auffällig selten. Die höchsten Reaktionszahlen ergaben sich bei den im Trupp oder Schwarm fliegenden Singvögeln: Star, Drosseln, Finken und Ammern. Die Korrelation von relativer Reaktionshäufigkeit mit dem Anteil von Nahreaktion ergibt eine Trennung von zumindest drei Gruppierungen (Abb. 7).

Die Raben- und Greifvögel wie auch die Möwen zeigen bei insgesamt wenigen beobachtbaren Reaktionen einen hohen Anteil an Nahreaktionen. Reiher, Enten, Gänse und Schwäne reagieren in größerer Entfernung vor der Leitung. Sie richten ihren geradlinigen Flug frühzeitig auf das Hindernis aus. Bei den Kiebitzen, Drosseln, Staren und Tauben liegen 75-90 % der Reaktionen im Nahbereich kurz vor dem Hindernis.
Abdrehreaktionen, nach denen überhaupt keine Querung mehr stattfand, waren allgemein selten. Bei den Greifvögeln wurden sie niemals beobachtet. Am häufigsten reagieren noch die Kiebitze und andere Watvögel sowie Drosseln und Tauben durch Abdrehen vor der Leitung.

Von den protokollierten Querungen waren 52 % Flüge über die Leitung hinweg, 14 % unter der Leitung hindurch und 34 % zwischen den Seilen. Für die Querungen mit sichtbaren Reaktionen sind die entsprechenden Werte 53 % (drüber), 7 % (drunter) und 40 % (durch). Das Unterfliegen der Leitungen erfolgte zumeist reaktionslos. Beim Überfliegen bestand die Reaktion bevorzugt in einem Steigflug. Die Relation der Reaktionshäufigkeiten beim Über- und Durchfliegen der Trasse war bei den Greif- und Rabenvögeln wie auch bei den Reihern, Staren und Tauben, bei letzteren aber mit weit höheren absoluten Reaktionsanteilen, annähernd gleich groß.

2.3 Flugverhalten an Markerstrecken

In der Summe der Beobachtungen wie an den Werten der besser besetzten Gruppen (Reiher, Tauben, Drosseln, Stare, Finken+Ammern) ergab sich an den Markerstrekken eine Steigerung der Reaktionshäufigkeit um durchschnittlich 6 %. Nur bei den Kiebitzen bleiben die Werte nahezu gleich. Die Steigerung betrifft alle Querungsformen in ähnlichem Maße. Eine besondere Betonung der Flüge über die markierten Erdseile ist nicht erkennbar. In der relativen Häufigkeit von Nahreaktionen besteht zwischen markierten und unmarkierten Leitungsabschnitten kein nachweislicher Unterschied.

Diskussion

Allein aus der Zahl der gefundenen Vögel auf die Unfallhäufigkeit schließen zu wollen, würde eine unzulässige Verharmlosung der Gefahr bedeuten. Die Anflugopfer werden durch Räuber und Aasfresser sehr schnell entfernt. Das führt zu einer »Sauberkeit« unter den Leitungen, die es auch dem Bearbeiter im Gelände schwer macht, sich das Ausmaß des Anfluggeschehens vorzustellen. Daher wurde auf eine exakte Methodik ein so großer Wert gelegt!
Wenn konsequent vorgegangen wird, entstehen bei der Erfassung der Funde sowie bei ihrer Protokollierung und Auswertung keine großen Schwierigkeiten. Die Beobachtungen wurden dagegen durch einige schwer abschätzbare Voraussetzungen beeinflußt.
Beobachtungen sind nur bei ausreichender Helligkeit möglich. Ein bedeutsamer Anteil der Vögel, die Nachtzieher, konnten durch sie also nicht erfaßt werden. Auch

ist der räumliche und zeitliche Verlauf einer Querung nicht immer sicher zu erkennen. Wichtige Größen wie die Reaktionsentfernung und der Versatz bei Flugmanövern können nur geschätzt werden. Die Probleme werden dadurch veranschaulicht, daß zwei Beobachter zusammenarbeiten mußten, um die Flugbahn der Vögel hinreichend räumlich zu erfassen.

In der Zusammensetzung der Funde nach Art und Zahl lassen sich weit ausgeprägter als erwartet kleinräumige Unterschiede feststellen, die mit der jeweiligen Geländebeschaffenheit zusammenhängen. Als Gefahrenschwerpunkte stellen sich neben dem Umfeld der Wasserläufe auch die Nahrungs- und Rastplätze auf Grün- und Ackerland heraus.

Im untersuchten Abschnitt der 380-kV-Leitung Dollern-Audorf verunglücken der Landschaft entsprechend überwiegend Vögel der Feuchtgebiete. Zeitlich konzentrieren sich die Funde auf die Hauptzugzeiten. Neben den reinen Durchzüglern sind auch fast alle in dem Gebiet rastenden bzw. Nahrung suchenden Vögel stark betroffen. Durch das Artenspektrum wird deutlich, daß die Anflüge bei Nacht zu den gewichtigeren Verlusten führen. Zahlenmäßig sind allerdings ebenfalls die Massenarten wie Möwen, Tauben und Stare stark vertreten.

Eine wirklich umfassende Kalkulation der Anflugzahlen pro Jahr (Aj) kann nicht allein aus der Menge der Funde im Untersuchungszeitraum (Fu), der Anzahl der in der übrigen Zeit verunglückten Vögel (Oz)sowie der nicht auf die Leitung zurückzuführenden Todfunde (S) erfolgen. Die Anteile der nicht gefundenen Anflugopfer müßten durch entsprechende Korrekturfaktoren berücksichtigt werden. Diese sind (K_1) für den Ausgleich des Abgangs durch Aasfresser, (K_2) für die übersehenen und (K_3) für die außerhalb der Suchschneise gelandeten oder verletzt abgewanderten Vögel: $Aj=(Fu-S) \times K_1 \times K_2 \times K_3 + Oz)$.

Die von uns für K_1 ermittelten Werte stimmen gut mit denen von Scott et al. (1972) überein. Nach Scott läßt sich für ein 7-Tage-Suchintervall ein Faktor von 6,7 errechnen. Nach unserer Abgangsfunktion würde sich bei gleicher Begehungsfrequenz ein Faktor von 6,2 ergeben. Dieser geringe Unterschied weist auf die ähnliche Struktur der abgesuchten Gebiete hin. Der Faktor K_1 ist sicher gebietsbezogen und sollte jeweils neu bestimmt werden. Die Eindeutigkeit der Querverteilungen zeigt, daß S in diesem Fall bedeutungslos ist. Zum Faktor K_3 können wir keine Aussage machen. Renssen (1977) schätzt ihn aufgrund von 7 direkt beobachteten Anflügen auf ca. 2. Das Verhältnis unserer korrigierten Fundzahlen von Frühjahr zu Herbst beträgt 1 zu 1,5. Die mittlere jährliche Populationszunahme dürfte das Doppelte betragen. Für den Herbst ließe sich also K_2 abschätzen.

Fu betrug je Zugperiode (100 Tage) 145 Opfer. Oz (165 Tage) läßt sich aus dem zeitlichen Anfall der Funde als ca. 100 Anflüge pro km Leitung ableiten. An jedem Kilometer des untersuchten Leitungsabschnitts verunglücken also jährlich mindestens 390 Vögel. Es werden aber, auch K_2 und K_3 in Rechnung gestellt, bedeutend mehr sein.

Für den Leitungsabschnitt über dem Strombereich der Elbe muß wegen der hohen Masten (227 m), der doppelten Seilzahl und vor allem der höheren Dichte fliegender

Vögel eine wesentlich größere Verlustrate erwartet werden. Allgemein können die hier vorgelegten Ergebnisse nicht ohne Berücksichtigung der Landschaftsstruktur und der Konstruktionsmerkmale auf andere Leitungen übertragen werden.
Aus den Quer- und Längsverteilungen der Funde in den Mastfeldern läßt sich auf das Unfallgeschehen schließen. Die Längsverteilung zeigt, daß in der Nähe der Masten die Seile von den Vögeln offensichtlich besser wahrgenommen werden als in der Feldmitte. Die Querverteilungen machen erkennbar, daß es an den Erdseilen zu überproportional vielen Anflügen kommt. Die Gefährlichkeit der Leiter- und der Erdseile entspricht also nicht dem jeweiligen Hindernisumfang.
Die Beobachtungen der im Leitungsbereich fliegenden Vögel zeigen, daß bei ausreichender Helligkeit die Leitungen von der Mehrzahl der Vögel, wenn auch zumeist erst im Nahbereich, erkannt werden. Durch Flugbahnänderungen können die Vögel auf das Hindernis im Luftraum gerichtet reagieren. Die einzelnen Vogelgruppen verhalten sich jedoch recht unterschiedlich. Die Greif- und Rabenvögel wie anscheinend alle Vögel, die am Tage im Luftraum jagen oder im Fluge Nahrung suchen (z.B. Segler, Schwalben, Möwen), haben mit den Leitungen offensichtlich nur geringe Schwierigkeiten. Unfälle sind hier, wie das aus unseren Beobachtungen und denen von Scott et al. (1972) ableitbar ist, hauptsächlich auf Windeinfluß zurückzuführen. Enten, Gänse, Schwäne und, an dem Verhältnis von Beobachtungs- und Fundhäufigkeit gemessen, offensichtlich auch Reiher können bei ausreichender Helligkeit die Leiterseile von weitem erkennen und ihre Flugbahn entsprechend einstellen. Die aus der Fundverteilung der Großvögel ablesbare besondere Gefährdung durch die Erdseile wird nun verständlich. Beim Versuch, den Leiterseilen auszuweichen, geraten sie in den Bereich der bei Dämmerung schlecht sichtbaren Erdseile.

Die meisten Singvögel, die Watvögel und die Tauben scheinen während des Fluges nicht auf Hindernisse im sonst freien Luftraum eingestellt zu sein. Die Unfallhäufigkeit hängt hier stark von dem Tagesgang der Aktivität und von der Bewegungskoordination im Schwarm ab. Die Fundverteilung zeigt, daß alle Seile weitgehend in gleichem Maße angeflogen werden. Am Tage können die einzeln oder in lockeren Trupps (z.B. Finken) und auch im gut koordinierten Schwarm (z.B. Stare) fliegenden Vögel den Seilen zumeist noch auf kurze Entfernung ausweichen. Nur die Tauben verunglücken auch bei ausreichender Sicht.
Zwischen den hier vertretenen Vogelgruppen werden während des Fluges erhebliche Differenzen im optischen Wahrnehmungsvermögen bestehen, die auf morphologische wie sinnesphysiologische Unterschiede der Augen hinweisen und mit verschiedenen Verhaltensweisen bei der Nahrungssuche verbunden sind. Dabei sind im wesentlichen zwei Gruppen zu unterscheiden. In der einen Gruppe besteht die Fähigkeit bzw. Notwendigkeit, während des Fluges auch kleinere Objekte binokular zu fixieren. In der anderen erfolgt beim Fluge in einer »Rundumsicht« lediglich eine großräumige Orientierung. Mit einer Verbesserung der Sichtbarkeit von Freileitungen durch Marker kann also nicht allen Vögeln in gleicher Weise geholfen werden.

Die Wirkung optischer Marker, insbesondere auf die überwiegend bei Nacht ziehenden Vögel, wird nicht einheitlich beurteilt. Scott et al. (1972) und Renssen (1977), die noch am ehesten beweiskräftige Ergebnisse zur Markerwirksamkeit vorlegen, vertreten jedoch ähnliche Ansichten. Während aber Renssen mit fundierten Zahlen eine Verminderung der Anflüge um ca. 50 % feststellte, konnte Scott an seiner Teststrecke die Wirksamkeit der verwendeten Marker nicht nachweisen. Er geht aber davon aus, daß die Wirkung der Marker von lokalen Effekten überlagert worden sei und verweist darauf, daß an anderer Stelle durch Marker die Anflugrate entscheidend gesenkt werden konnte. Die von Heijnis (1976, 1980) getroffenen Feststellungen über die Wirksamkeit der von ihm entwickelten Marker erscheinen nicht ausreichend belegt.

Unsere Fundzahlen sprechen für eine wesentliche Reduzierung der Anflüge durch die verwendeten Marker. Die optische Wirksamkeit der Marker zeigte sich auch in der relativen Zunahme der Nachtzieher unter den Anflugopfern.

Das Hindernisschema, an das sich die Vögel im Laufe der Evolution anpassen konnten, besteht aus Strukturen mit Bezug zu einem zentralen Element, z.B. Zweige, Äste, Stamm. Zwischen den Masten fehlt dieser Zusammenhang. Die Leitungen erscheinen im Gesichtsfeld nur als horizontale Linien, die ein Fixieren und damit auch ein Schätzen der Entfernung kaum zulassen. Es kann also angenommen werden, daß von einer Vielzahl der Vögel die waagerecht verlaufenden Seile nicht oder erst spät als Hindernis erkannt werden. Die normalerweise in den Luftraum hineinragenden Hindernisse stehen senkrecht und sind mit dem Erdboden verbunden. Marker sollen daher die Senkrechte betonen und nicht als Flecke oder Striche geringer Ausdehnung erscheinen. Sie sollten möglichst dicht beieinander angebracht werden, damit die Leitung in ihrer Gesamtheit kenntlich wird.

Das Ausmaß der Vogelverluste durch die Verdrahtung der Landschaft wird vielfach weit unterschätzt. In der Bundesrepublik Deutschland existieren rund 76000 km Überlandleitungen (110-, 220-, 380 kV), die bevorzugt durch die schwach besiedelten letzten naturnahen Regionen führen. Wird unser Minimalwert von 400 Anflügen pro Jahr und Leitungskilometer zugrunde gelegt, ergeben sich für die Bundesrepublik jährlich ca. 30 Millionen Leitungsopfer. Eine Minderung dieser Gefahr ließe sich nur durch die landesweite Installation von Markern erreichen. Zumindest sollten aber die Leitungen an den bekannten Schwerpunkten bodennahen Vogelflugs und -zugs mit möglichst wirksamen Markern versehen werden.

Die Bedeutung von Form, Länge, Färbung, Abstand usw. für die Wirksamkeit der Marker ist unter Versuchsbedingungen zu überprüfen. Für die Kenntlichmachung der Leitungen auch bei Nacht muß die Wirkung von Lichteffekten, z.B. Reflektoren, und akustischen Signalen untersucht werden. Da sich in Gebieten mit hoher Zugvogeldichte jährlich zwei hervorgehobene Perioden besonderer Anfluggefahr ergeben, wäre hier auch an eine zeitliche Begrenzung von Abwehrmaßnahmen besonderer Qualität oder Intensität zu denken.

Neue, maximal wirksame Marker können nur mit Methoden entwickelt werden, die es erlauben die Reaktionen von Vögeln unter kontrollierten Bedingungen zu testen. Die einfache Methode von Suche und Beobachtung stößt hier an ihre Grenzen.

Danksagung:

Wir danken Herrn Dipl. Biol. **Stefan Vidal** für seinen kritischen Beitrag zu dieser Arbeit.

Literatur

Alerstam, J. & S. Ulfstrand (1975): Diurnal migration of passerine birds over South Sweden in relation to wind directions and topography. Ornis Scand. 6: 135-149. — Gruys-Casimir, E. M. (1965): On the influence of environmental factors on the autumn migration of Chaffinch and Starling. A field study. Arch. néerl. Zool. 16: 175-279. — Haas, D. (1980): Gefährdung unserer Großvögel durch Stromschlag — eine Dokumentation. Ökol. Vögel 2, Sonderheft: 7-57. — Heijnis, R. (1976): Vogels onderweg. Ornithologische mortaliteits en melieu aspecten van bovengrondse hoogspanningtraces. Koog van de Zaan. — Heijnis, R. (1980): Vogeltod durch Drahtanflüge bei Hochspannungsleitungen. Ökol. Vögel 2, Sonderheft: 111-129. — Hüppop, O. & J. Dien (1984): Der Vogelzug im Raum Hamburg. In: Holzapfel, C. & O. Hüppop & R. Mulsow: Die Vogelwelt von Hamburg und Umgebung. Bd. 1, Neumünster. — Karlsson, J. (1977): Faagelkollisioner med master och andra byggnadsverk. Anser 16: 203-216. — Prause, H. (1977): Vogelzugbeobachtungen an der 380-kV-Elbkreuzung auf der Hetlinger Schanze. Unveröffentl. Ms. — Renssen, T. A. (1977): Vogels onder hoogspanning. Reeks Natuur en Milieu 10: 1-48. — Scott, R. E., L. J. Roberts & C. J. Cadbury (1972): Bird deaths from power lines at Dungeness. Brit. Birds 65: 273-286.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: Ökologie der Vögel. Verhalten Konstitution Umwelt

Jahr/Year: 1988

Band/Volume: 10

Autor(en)/Author(s): Hoerschelmann Heinrich, Haack Andreas, Wohlgemuth Frank

Artikel/Article: Verluste und Verhalten von Vögeln an einer 380-kV-Freileitung 85-103