

Auswirkungen der Lichtemissionen einer Großgewächshausanlage auf den nächtlichen Vogelzug

K.F. Abt und G. Schultz

ABT, K.F. & G. SCHULTZ (1995): Auswirkungen der Lichtemissionen einer Großgewächshausanlage auf den nächtlichen Vogelzug. Corax 16: 17-29

Im Herbst 1992 (25.8.-12.11.) und im Frühjahr 1993 (18.3.-2.5.) wurden im Lichtschein eines 12.000 m² großen Gewächshauses in Albersdorf (Kreis Dithmarschen) Beobachtungen des nächtlichen Vogelzuges angestellt. Ziel der Untersuchung war es, zu überprüfen, ob und inwieweit die von der Anlage ausgehenden Lichtemissionen nächtlich ziehende Vögel irritierten bzw. gefährdeten. Aufgrund der hellen Beleuchtung konnten bodennah ziehende Vögel unter Zuhilfenahme akustischer Merkmale optisch registriert und weitgehend bestimmt werden. Der Einfluß des Lichts auf die Vögel wurde anhand des Auftretens verschiedener Verhaltensweisen ermittelt, wobei zwischen geradem Überfliegen des Bereichs, zögerndem Überflug, Richtungsänderung, Kreisen über der Anlage und Landen unterschieden wurde.

In der Herbstzugperiode wurden in 33 Nächten 17.410 Vögel gezählt. Ein Großteil hiervon ging allerdings auf eine einzige Nacht (1./2.10.) mit enorm hohem Drosselaufkommen (ca. 10.000 Ex) zurück. Während des Frühjahrszuges wurden in 15 Nächten 5562 Vögel gezählt. Das mittlere Aufkommen pro Nacht lag im Herbst bei 127 und im Frühjahr bei 215 Ex (Mediane).

In beiden Zugperioden überflogen etwa 80% der pro Nacht registrierten Vögel (Median) den Bereich der Anlage ohne weiteres. Bei bestimmten Wetterbedingungen nahm die relative Häufigkeit der übrigen, auf Irritationen hindeutenden Verhaltensweisen zu. Insbesondere stand der relative Anteil kreisender und bei der Anlage landender Vögel in negativem Zusammenhang mit der Sicht als Funktion der Wetterverhältnisse. Auch das Gesamtaufkommen pro Nacht erhöhte sich offenbar bei schlechter Sicht und zunehmender Bewölkung, da diese Faktoren die Lockwirkung künstlicher Lichtquellen auf ziehende Vögel steigern.

Für relativ wenige Vögel wurde eine Gefährdung durch Verlust an Reserven in Betracht gezogen, da sie einige Stunden lang über der Anlage umherflogen. Nachgewiesen wurde dies im Frühjahr für 51 Ex. Für beide Perioden zusammen schätzen wir die Anzahl auf einige hundert. An den Scheiben des Gewächshauses verunglückende Vögel wurde nicht beobachtet.

Kai F. Abt und Gerd Schultz, Staatliche Vogelschutzwarte Schleswig-Holstein, Olshausenstr. 40, 24118 Kiel

1. Einleitung

Die von starken Lichtquellen wie Leuchtfeuern, Wolkenscheinwerfern, beleuchteten Gebäuden und Bohrplattformen ausgehenden Gefahren für Zugvögel sind hinreichend bekannt. Insbesondere bei Wetterlagen mit schlechter Sicht werden nachts u. U. große Scharen Vögel von solchen Lichtquellen angelockt und umkreisen diese stundenlang unter Verlust von Zeit und Reserven (insbesondere Flüssigkeit, vgl. NACHTIGALL 1987) oder kommen gar durch Anflug der Lichtquelle oder damit assoziierter Gebäude zu Tode (SCHÜZ 1971, SCHMIEDEL 1992). Obwohl technische Maßnahmen inzwischen vielerorts zur Verbesserung der Situation führten, werden jährlich wahrscheinlich immer noch Millionen von Vögeln auf diese Weise getötet (SCHMIEDEL 1992).

Wegen vermutlicher Gefährdung nächtlich ziehender Vögel und nachtaktiver Insekten gelangte im Frühjahr 1992 eine unlängst in Betrieb genommene Salatproduktionsanlage in Albersdorf bei Heide (Dithmarschen) in die öffentliche Diskussion. Die Medien berichteten weit über die Region hinaus über den „Salatscheinwerfer“ (DIE ZEIT), dort nachts einfallende Vogelschwärme und Proteste von Anwohnern.

Um die Auswirkungen der Lichtemission auf den nächtlichen Vogelzug zu prüfen, wurde die vorliegende Studie vom Ministerium für Natur, Umwelt und Landesentwicklung des Landes Schleswig-Holstein in Auftrag gegeben und finanziell gefördert.

Der seinerzeit weithin sichtbare Lichtkegel bot somit Gelegenheit, das nächtliche Zuggeschehen

anhand von Sichtbeobachtungen zu verfolgen und phänologische Daten zu erheben. Ohne Einsatz von Radar ist dies meist nur durch Verhören der Zugrufe möglich (z. B. DORKA 1966, GLOE 1976), wobei die Anzahl der Vögel „im Dunkeln“ bleibt. Zwar erfassen sowohl auf Sicht als auch auf Gehör basierende Beobachtungen im Gegensatz zu Radarstudien grundsätzlich nur den bodennahen Anteil des Zuges, der für das Gesamtgeschehen u. U. wenig repräsentativ ist (ELKINS 1983). Trotzdem sind derartige Untersuchungen immer noch von Bedeutung für die Vogelzugforschung, denn die Radartechnik, die bei der Erarbeitung allgemeiner Gesetzmäßigkeiten zweifellos leistungsfähiger ist, erlaubt die Bestimmung der Arten nur in sehr unbefriedigendem Ausmaß (vgl. WILLIAMS & WILLIAMS 1990, BERTHOLD 1990).

2. Untersuchungsgebiet

Standort der Gewächshausanlage ist das Gewerbegebiet am westlichen Ortsrand der Gemeinde Albersdorf im Kreis Dithmarschen. Die umgebende Landschaft im Grenzbereich zwischen Marsch und Geest ist überwiegend durch Grünlandflächen geprägt und durch nur wenige Knicks gegliedert. Topographische Strukturen, die eine Leitlinienwirkung auf den Vogelzug ausüben könnten (vgl. BERNDT 1968, JELLMANN 1988), sind in dieser Landschaft kaum vorhanden.

Westlich der Anlage befinden sich Viehweiden, im Süden und Osten Brachflächen und im Norden Ackerland. Zwischen Gewerbegebiet und

Ortskern, also weiter östlich, liegt ein Kasernengelände mit leistungsfähigen Beleuchtungseinrichtungen. Rings um den etwa 12.000 m² bedeckenden, fast quadratischen Gebäudekomplex des Gewächshauses verläuft ein sandiger Ruderalstreifen. Im Süden schließt sich unmittelbar der Betriebsparkplatz an, der als Beobachtungsstandort gewählt wurde.

Die Beleuchtung der Anlage erfolgt durch maximal 2000 Natrium-Niederdrucklampen von je 400 Watt, die aufgrund zunächst völlig fehlender Abdeckung große Mengen Licht in die Umgebung abstrahlten. Mit den Abschirmungsmaßnahmen wurde Ende März 1993, kurz nach Beginn der Frühjahrsbeobachtungen, begonnen, was die Lichtemission erheblich verringerte.

3. Material und Methode

3.1 Erhebungen

Vom 25.8. bis zum 12.11.1992 (Wegzug) sowie vom 18.3. bis 2.5.1993 (Heimzug) wurde in im Mittel 2,5- bis 3-tägigen Abständen das nächtliche Zugaufkommen im Bereich der Gewächshausanlage registriert. Folglich war der Frühjahrszug bei Beginn der Beobachtungen bereits im Gange. Mit Hilfe eines Fernglases (10x40) wurden vom Betriebsgelände aus die Anzahl der überfliegenden Vögel, deren Flugrichtung, der genaue Zeitpunkt des Überfluges und, soweit möglich, ihre Zugehörigkeit zu Arten oder taxonomischen Gruppen festgehalten.

Nicht alle hier registrierten Vögel befanden sich zweifelsfrei auf dem Zug. Bei einigen wenigen, z. B. Fasanen (*Phasianus colchicus*), kann dies so-



Die Gewächshausanlage in Albersdorf bei Nacht mit überfliegenden Zugvögeln Foto: G. Schultz

The greenhouse in Albersdorf at night with migrating birds flying over

gar ausgeschlossen werden. Dennoch wurden von den überfliegenden Vögeln nur solche gesondert registriert, die eindeutig als ortsansässige bzw. Reviervögel zu erkennen waren, wie z. B. jagende Eulen.

Die Artdiagnose nach Sichtmerkmalen war trotz der Beleuchtung schwierig, denn das von unten auf die Vögel treffende Licht mit der unnatürlichen Farbwiedergabe der Natrium-Niederdrucklampen erzeugte sehr fremdartige Eindrücke, die z. T. nur mit Hilfe der Rufe der Vögel richtig zu deuten waren. Auch Rufe von optisch nicht erfaßten Vögeln wurden registriert, werden aber hier nicht aufgeführt.

Das Verhalten der Vögel im Bereich der Anlage wurde anhand einer Kategorisierung in fünf verschiedene Verhaltensweisen protokolliert:

1. geradliniges bzw. unverzügliches Überfliegen
2. zögerndes Überfliegen (< 3 min Aufenthalt)
3. Änderung der Flugrichtung
4. Unterbrechung des Zuges und Kreisen über der Anlage (> 3 min Aufenthalt)
5. Unterbrechung des Zuges und Landen im Bereich der Anlage.

Gegebenenfalls wurden weitere, auffällige Reaktionen, z. B. Scheibenanflug, notiert.

In etwa zweistündigen Abständen wurde der Beobachtungspunkt verlassen und ein Rundgang um die Anlage unternommen, um eventuelle Opfer von Scheibenanflügen sowie sich dort aufhaltende Vögel zu erfassen.

Zur beschriebenen Methode der Zugbeobachtung ist anzumerken, daß damit Änderungen des Zugaufkommens, auch eingeschränkt auf den Luftraum über dem Beobachtungspunkt, keineswegs adäquat beschrieben werden. Das hauptsächliche Zugaufkommen spielt sich in der Regel in Höhen von einigen hundert Metern ab (LACK 1960, JELLMANN 1979), wo die Beobachtung nur mit Hilfe der Radartechnik möglich ist. Allerdings sind die Flughöhen der Vögel stark von verschiedenen Wetterparametern abhängig (HILGERLOH 1980, ELKINS 1983), so daß die Anzahl vom Erdboden aus zu beobachtender Vögel kaum der momentanen Zugintensität proportional ist, sondern vielmehr eine Funktion der jeweiligen Wetterbedingungen darstellt.

3.2 Auswertung

Es wurde versucht, den Einfluß unterschiedlicher Bedingungen auf das nächtliche Vogelaufkommen sowie die Häufigkeit der Verhaltensweisen

aufzuzeigen. Dabei wurden folgende Variable berücksichtigt:

- Jahreszeit (Herbst/Frühjahr)
- emittierte Lichtmenge (vor und nach der Verdunklung)
- Sicht (von 0 = „sehr schlecht“ bis 4 = „sehr gut“)
- Bewölkung (von 0 = „wolkenlos“ bis 4 = „bedeckt“)
- Niederschlag (Stufen 0 - 3)
- Temperatur (°C)
- Windstärke (Beaufort)
- Windrichtung (Sektoren I-IV, begrenzt durch Haupt-Himmelsrichtungen).

Eine multivariate Analyse, die den diversen zu erwartenden Abhängigkeiten zwischen diesen Parametern Rechnung tragen könnte, war aufgrund der Art der Daten (überwiegend rangskaliert bzw. nicht normalverteilt) nicht durchführbar. Es wurden stattdessen verschiedene parameterfreie Testverfahren herangezogen. Einfluß von Jahreszeit und Lichtmenge wurde jeweils mit dem Mann-Whitney-U-Test geprüft. Für die Effekte von Sicht, Bewölkung, Niederschlag, Temperatur und Windstärke wurde der Spearman-Rangkorrelations-Koeffizient berechnet. Auf die vier Windrichtungssektoren schließlich wurde der Kruskal-Wallis-Test angewandt.

4. Ergebnisse

4.1 Umfang und Zusammensetzung des Zugaufkommens

Im Herbst 1992 wurden mit 17.410 Ex insgesamt erheblich mehr Vögel als während der folgenden Heimzugperiode (5562 Ex) registriert. Allerdings geht mehr als die Hälfte aller im Herbst gezählten Vögel auf die Nacht zum 2. Oktober zurück (Abb. 1). Die mittlere Zugdichte, also das mittlere Aufkommen an Vögeln pro Nacht oder pro Stunde (Median!), liegt im Frühjahr um mehr als 50% höher (Tab. 1). Dieser Unterschied ist jedoch infolge der starken Streuung der Werte nicht statistisch gesichert (Tab. 3).

Die taxonomische Zusammensetzung im Herbst wird durch die außergewöhnliche Nacht zum 2. Oktober, in der fast 10.000 Drosseln (*Turdus spec.*) den Bereich überflogen und in beträchtlicher Anzahl auch dort landeten, stark verzerrt. Bei Ausschluß dieser Nacht fällt der relative Anteil der verschiedenen Gruppen dagegen ähnlich aus wie im Frühjahr (Abb.2).

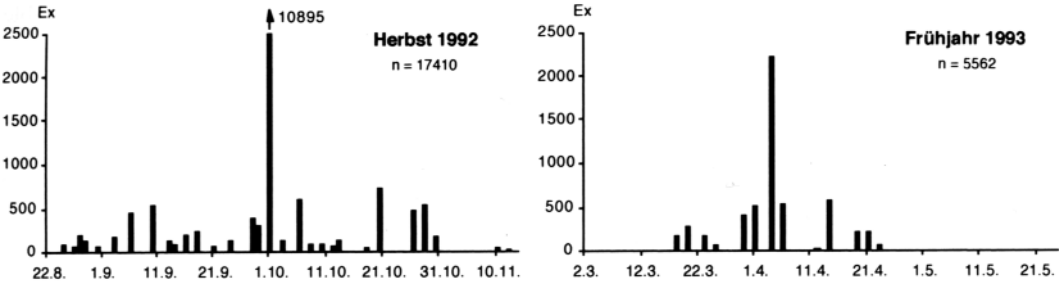


Abb. 1: Anzahl der pro Nacht erfaßten Zugvögel (alle Arten) im Herbst 1992 (links) und im Frühjahr 1993 (rechts)

Fig. 1: Number of migrating birds recorded per night in autumn 1992 (left) and in spring 1993 (right)

Unterschiede zwischen beiden Erhebungen zeigen sich ferner in den Anzahlen bzw. Anteilen von Brandgänsen (*Tadorna tadorna*), Kiebitzen (*Vanellus vanellus*), Seeschwalben (*Sterna spec.*) und Austernfischern (*Haematopus ostralegus*) (Tab. 2). Diese Phänomene werden jedoch nicht näher erörtert.

4.2.1 Verlauf des Herbstzuges

Die Phänologie des Herbstzuges erscheint langgezogen und mehrgipfelig (Abb. 1). Wie bereits erwähnt, brachte allein die Nacht zum 2.10. mit 10.900 Ex über die Hälfte aller Vögel, wobei pro Stunde durchschnittlich mehr als 1000 Vögel gezählt wurden. In Wirklichkeit traten diese allerdings gehäuft innerhalb weniger Stunden auf. In dieser Nacht herrschten Windstille und schlechte Sicht durch Nebelbildung. Anfang November klangen die Zugbewegungen aus.

Entenvögel (*Anseriformes*) (Abb. 3): Stockenten (*Anas platyrhynchos*) wurden während des gesamten Zeitraumes beobachtet, Brandgänse nur bis zum 26.10. Graue Gänse (*Anser spec.*) zogen im Zeitraum vom 28.9. bis 3.10. sowie am 20.10.

Limikolen (*Charadriiformes*): Der Zug dieser Gruppe war bereits in der ersten Oktoberdekade weitgehend abgeschlossen (Abb. 3). Ziehende Austernfischer, Sandregenpfeifer (*Charadrius hiaticula*), Flußuferläufer (*Actitis hypoleucos*) und Alpenstrandläufer (*Calidris alpina*) wurden nach der ersten Oktoberdekade nicht mehr nachgewiesen. Nur bis Ende September wurden Kiebitzregenpfeifer (*Pluvialis squatarola*), Regenbrachvögel (*Numenius phaeopus*), Dunkle Wasserläufer (*Tringa erythropus*), Grünschenkel (*Tringa nebularia*) und Säbelschnäbler (*Recurvirostra avosetta*) registriert. Große Brachvögel (*Numenius arquata*) und Rotschenkel (*Tringa totanus*) traten bis Ende Oktober auf, Bekassinen

(*Gallinago gallinago*) und Kiebitze bis in den November hinein. Goldregenpfeifer (*Pluvialis apricaria*) erschienen ab Mitte Oktober und wurden bis in die erste Novemberdekade beobachtet.

Möwen (*Laridae*) und Seeschwalben (*Sternidae*) (Abb. 3): Das Maximum des beobachteten Zuges lag in der ersten Septemberdekade. Küsten- (*Sterna paradisaea*) bzw. Flußseeschalben (*Sterna hirundo*) wurden bis Ende September registriert, Sturm- (*Larus canus*) und Silbermöwen (*Larus argentatus*) bis Ende Oktober und Lachmöwen (*Larus ridibundus*) auch noch im November.

Tauben (*Columbidae*) traten im gesamten Zeitraum nur vereinzelt auf (Abb. 4).

Drosseln (*Turdus spec.*): Größere Anzahlen von Drosseln wurden erst in der Nacht zum 2.10. beobachtet. Ein zweites, geringeres Maximum des Drosselzuges lag am Ende des Monats (Abb. 4).

Stare (*Sturnus vulgaris*) erschienen nur in der Zeit vom 1. bis 27.10. (Abb. 4).

Kleinvögel (keine Abb.): Ziehende Baumpieper (*Anthus trivialis*) und Schafstelzen (*Motacilla flava*) wurden bis in die erste Septemberdekade nachgewiesen, Bachstelzen (*Motacilla alba*) bis zum 2.10., Wiesenpieper (*Anthus pratensis*) und Rotkehlchen (*Erithacus rubecula*) bis Ende Oktober. Die ersten Spornammern (*Calcarius lap-*

Tab. 1: Daten zum Umfang der Erhebungen in beiden Beobachtungsperioden

Table 1: Data indicating the extent of observations in both periods

	Herbst 1992	Frühjahr 1993
Beobachtungszeitraum	25.8.-12.11.	18.3.-2.5.
Anzahl Beobachtungsnächte	33	15
Gesamtzahl registrierter Vögel	17410	5562
mittleres Aufkommen (Median): a) [Ex/Nacht]	127	215
b) [Ex/h]	16,5	25,5
identifizierte Arten	61	59

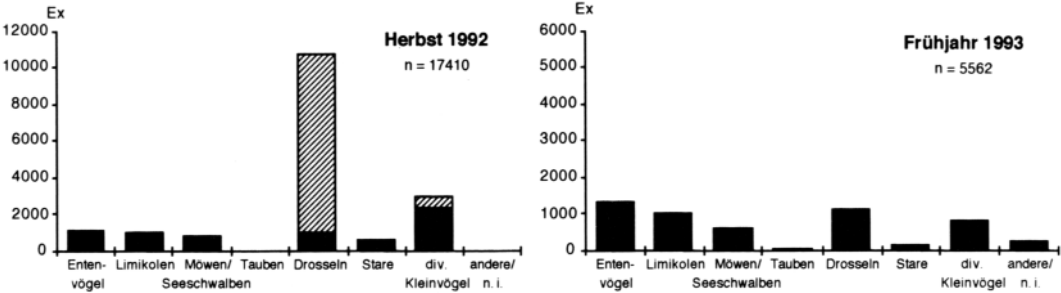


Abb. 2: Anteile verschiedener Vogelgruppen bzw. -arten am Gesamtzugauftreten (schraffiert: Nacht zum 2.10.1992; n. i. = nicht identifiziert)

Fig. 2: Relative occurrence of various bird families and species observed at the greenhouse (hatching: night 1./2.10.92; n. i. = not identified)

Tab. 2: Zusammensetzung der taxonomischen Gruppen

Table 2: Composition of taxonomic groups

	Herbst 1992 Ex	Frühjahr 1993 Ex
Entenvögel	1191	1339
Graugans <i>Anser anser</i>	68	30
Bleßgans <i>Anser albifrons</i>	?	263
Brandgans <i>Tadorna tadorna</i>	141	2
Eiderente <i>Somateria mollissima</i>	32	157
Nonnengans <i>Branta leucopsis</i>	24	22
übrige / unbestimmte	926	865
Limikolen	1012	1047
Austernfischer <i>Haematopus ostralegus</i>	154	806
Kiebitz <i>Vanellus vanellus</i>	156	24
Großer Brachvogel <i>Numenius arquata</i>	117	93
übrige / unbestimmte	585	124
Möwen und Seeschwalben	828	614
Möwen <i>Larus spec.</i>	669	611
Seeschwalben <i>Sterna spec.</i>	159	3
übrige / unbestimmte	0	0
Drosseln <i>Turdus spec.</i>	10711	1169
Rotdrossel <i>Turdus iliacus</i>	2838	> 566
Wacholderdrossel <i>Turdus pilaris</i>	7108	79
übrige / unbestimmte	765	524
Kleinvögel (o. Drosseln u. Stare)	2997	843
Wiesenpieper <i>Anthus pratensis</i>	392	?
Baumpieper <i>Anthus trivialis</i>	355	?
Rotkehlchen <i>Erithacus rubecula</i>	843	?
Hausrotschwanz <i>Phoenicurus ochruros</i>	?	49
übrige / unbestimmte	1407	794

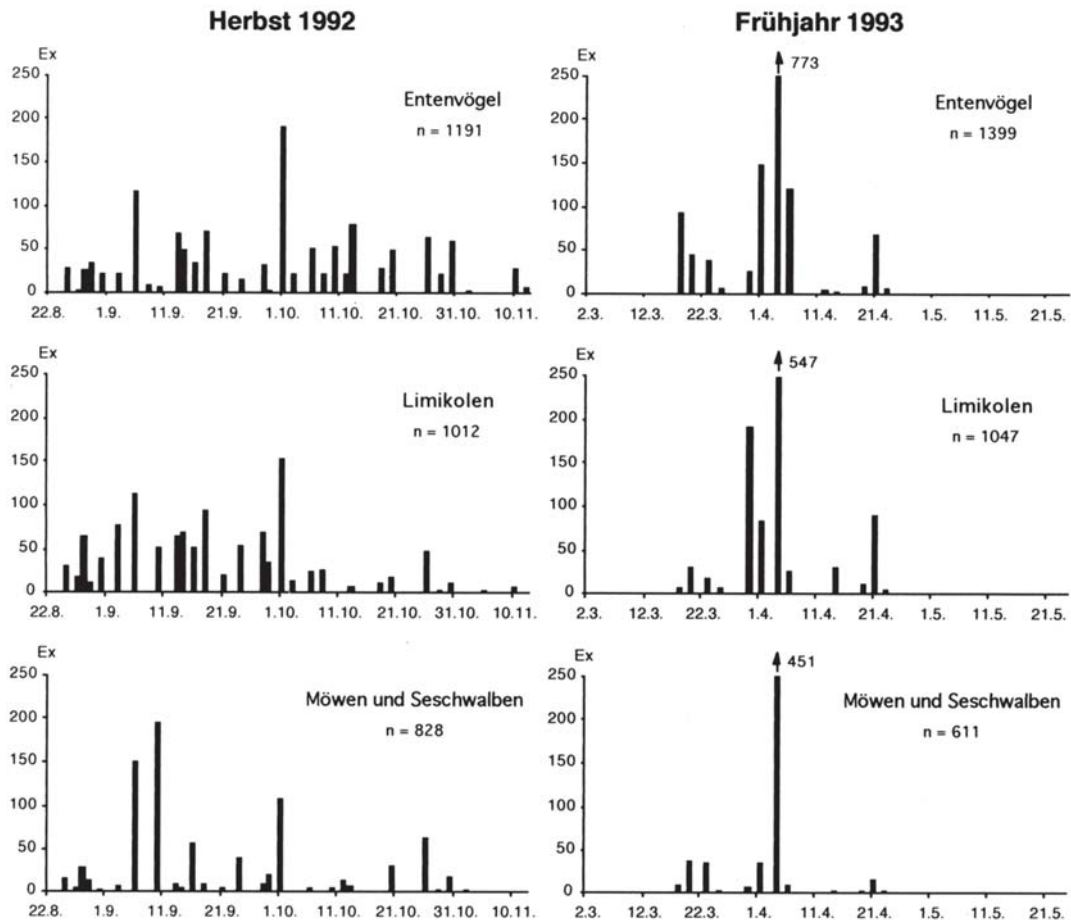


Abb. 3: Anzahl der pro Nacht erfaßten Entenvögel, Limikolen, Möwen und Seeschwalben

Fig. 3: Numbers of recorded waterfowl (above), waders (middle), and gulls and terns (below) per night

ponicus) und Bergfinken (*Fringilla montifringilla*) wurden in der Nacht zum 29.9. bzw. 7.10. registriert.

4.2.2 Verlauf des Frühjahrszuges

Ähnlich wie bei den Beobachtungen im Herbst sticht im Frühjahr wiederum eine einzelne Nacht, nämlich die zum 5.4., mit besonders hohem Zugaufkommen hervor (Abb. 1). Gänse, Möwen und Austernfischer, aber auch Rotdrosseln (*Turdus iliacus*), wurden dabei in großer Zahl registriert. Auffallend wenige Vögel waren bald darauf in der Nacht zum 13.4. zu verzeichnen. Bereits ab Ende April erschienen nur noch sehr wenige Vögel, so daß die planmäßigen Beobachtungen nach dem 2.5. eingestellt wurden.

Entenvögel: Eine maximale Anzahl von Enten und Gänsen wurde in der Nacht zum 5.4. beobachtet (Abb. 3). Bei den 458 Gänsen dieser Nacht handelte es sich in der Mehrzahl (263 Ex) um Bleßgänse (*Anser albifrons*). Die Tiere zogen unter einer geschlossenen Wolkendecke nach Westen, Richtung Wattenmeer. Wiederum große Mengen relativ niedrig überfliegender Gänse beobachtete R. SCHMIDT (mdl. Mitt.) am 17.4. Die Tiere zogen diesmal aber nach NE, in Richtung der Brutgebiete.

Limikolen (Abb. 3): Ziehende Rotschenkel wurden bis in die erste Aprildekade beobachtet, Kiebitze bis Mitte April und Austernfischer bis zum 23.4., davon der weitaus größte Teil in der Nacht zum

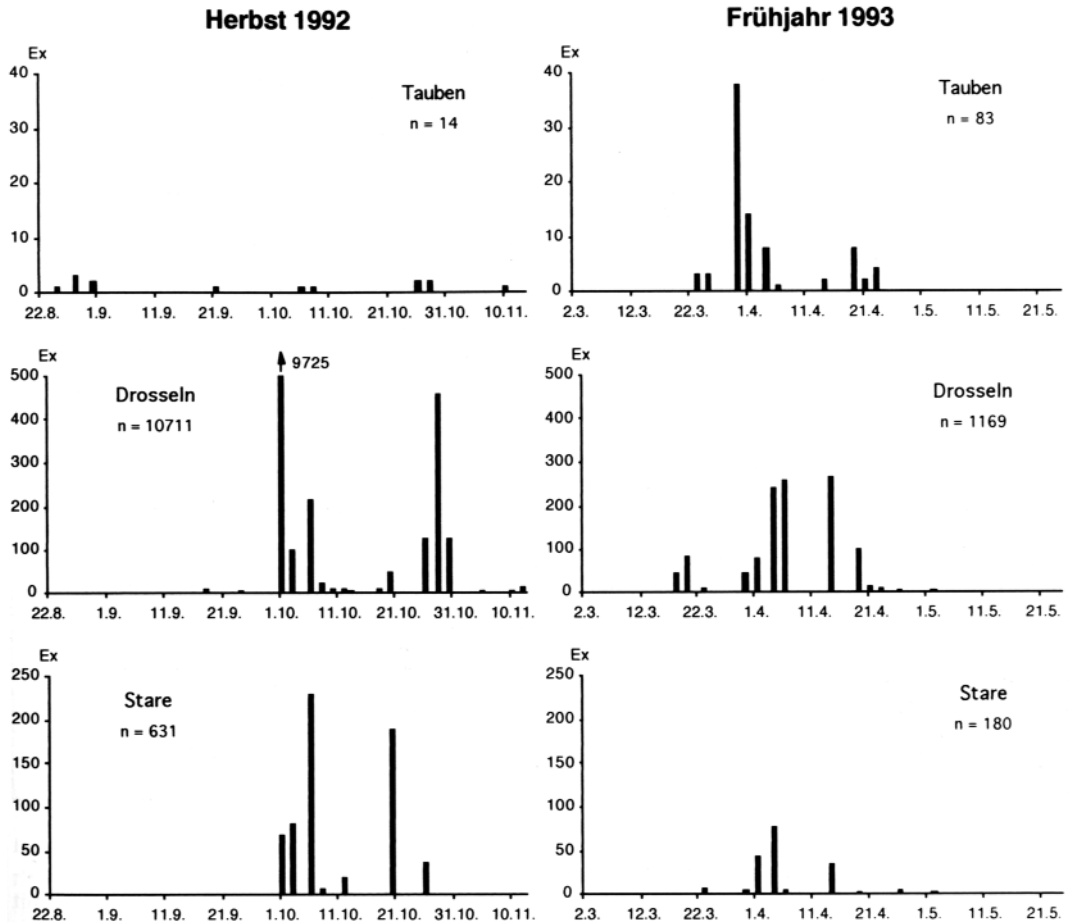


Abb. 4: Anzahl der pro Nacht erfaßten Tauben, Drosseln und Stare

Fig. 4: Numbers of recorded doves (above), thrushes (middle) and starlings (below) per night

5.4. Große Brachvögel wurden, mit Schwerpunkt am Anfang der letzten Aprildekade, bis Anfang Mai registriert.

Möwen (Abb. 3) traten während des gesamten Zeitraumes auf, in maximaler Anzahl wiederum in der Nacht zum 5.4. Die meisten davon hielten sich einige Zeit über der Anlage auf. Am häufigsten waren Lach- und Sturmmöwe. Nur 3 Seeschwalben, die letzte davon am 19.4., wurden in dieser Zugperiode registriert.

Tauben wurden bis zum 23.4. nachgewiesen. Das Maximum trat bereits am 30.3. auf (Abb. 4). Bei den bis zur Art bestimmten Exemplaren handelte es sich sämtlich um Hohлтаuben (*Columba oenas*).

Drosseln: Die Phänologie der Drosseln zeigte einen Schwerpunkt in der ersten Aprilhälfte, wobei wahrscheinlich um das Osterwochenende vom 8.-13.4. ein wetterbedingter Einbruch eintrat (Abb. 4). Einzelne Drosseln traten noch bis Anfang Mai auf.

Stare zogen ebenfalls vornehmlich in der ersten Aprilhälfte, wurden aber noch bis Anfang Mai beobachtet (Abb. 4).

4.3 Verhalten der Vögel gegenüber der Lichtquelle

Die Häufigkeit verschiedener Verhaltensweisen fiel in den einzelnen Nächten sehr unterschiedlich aus. Bis mehrere hundert, im Einzelfall sogar einige tausend Vögel je Nacht konnten bei zö-

Tab. 3: Statistische Größen zur Abhängigkeit des nächtlichen Vogelaufkommens und der relativen Häufigkeit verschiedener Verhaltensweisen von der Jahreszeit, der emittierten Lichtmenge und verschiedenen Wetterparametern
rs = Rangkorrelationskoeffizient nach Spearman; I-IV = Windrichtungssektoren; *, **, *** = Signifikanzniveaus (p < 0,05; p < 0,01; p < 0,001); + = „indikativ“ (p < 0,1); n.s. = nicht signifikant

Table 3: Statistics indicating the relation between the number of birds per night and the relative frequencies of different kinds of behaviour versus season, amount of light emitted by the greenhouse, and weather conditions
rs = Spearman rank correlation coefficient; I-IV = sectors of wind direction); *, **, *** = degrees of significance (p < 0,05; p < 0,01; p < 0,001); + = „indicative“ (p < 0,1); n.s. = not significant

		Ex/Nacht	% geradliniger Überflug	% zögernder Überflug	% Richtungs- änderung	% Kreisen ü. d. Anlage	% Landen	Anzahl Nächte	
Ex/Nacht	r _s		-0,449 **	0,413 **	0,006 n.s.	0,667 ***	0,331 *	48	
Herbst	Median	127	81	5,5	2,4	0	0,4	33	
Frühjahr	Median	215 n.s.	81,9 n.s.	4,1 n.s.	8,3 *	1,4 *	1,6 +	15	
Lichtemission (+)	Median	140	81,4	5,2	2,2	0	0,5	36	
(-)	Median	221 n.s.	80,1 n.s.	4 n.s.	9,3 **	1,1 n.s.	1,7 +	12	
Sicht	r _s	-0,256 +	0,294 *	-0,168 n.s.	0,095 n.s.	-0,353 *	-0,255 +	48	
Bewölkung	r _s	0,246 n.s.	-0,203 n.s.	0,199 n.s.	-0,074 n.s.	0,209 n.s.	-0,037 n.s.	48	
Niederschlag	r _s	0,007 n.s.	-0,066 n.s.	0,099 n.s.	-0,021 n.s.	0,191 n.s.	-0,054 n.s.	48	
Temperatur	r _s	-0,019 n.s.	-0,202 n.s.	0,168 n.s.	0,176 n.s.	-0,307 *	-0,004 n.s.	48	
Windstärke	r _s	-0,173 n.s.	0,088 n.s.	0,15 n.s.	-0,164 n.s.	-0,1 n.s.	-0,072 n.s.	48	
Windrichtung	I	Median	236	78,3	5,8	1,7	0	0,8	9
	II	Median	366,5	83	5,2	2,6	5,6	1,2	6
	III	Median	113,5	84,1	3,2	4,9	0	1	24
	IV	Median	145 n.s.	86,2 n.s.	4,8 n.s.	5,6 n.s.	0 n.s.	0,3 n.s.	4

gerndem Überflug, Kreisen über der Anlage oder Landen beobachtet werden. Im Lichtschein des Gewächshauses flogen u. U. bis über 100 Kleinvögel gleichzeitig umher.

Der größte Teil der im Frühjahr gesichteten Vögel (73 %) zog jedoch geradlinig über die Anlage hinweg. Bei Ausschluß der Nacht zum 2.10.1992 traf dies auch auf den Wegzug zu, so daß die Verteilung der Verhaltensweisen durchaus ähnlich erscheint (Abb. 5). Bezogen auf die einzelnen Nächte überflogen in beiden Fällen im Mittel (Median!) etwa 80% den Bereich ohne weiteres (Tab. 3). Laut U-Test waren allerdings die Prozentsätze abdreher und kreisender Vögel im Frühjahr signifikant höher (Tab. 3), wenngleich dies dem Eindruck, den die in Abb. 5 dargestellten Absolutzahlen über die gesamte Periode vermitteln, zuwiderläuft.

Mit der Gesamtzahl registrierter Vögel korrelierte „Gerader Überflug“ signifikant negativ, „zögernder Überflug“, „Kreisen“ und „Landen“ dagegen positiv (Tab. 3).

Unter den Wetterparametern erschien die Sicht am bedeutsamsten: „Gerader Überflug“ korrelierte signifikant positiv, „Kreisen“ negativ mit den Sichtwerten. Eine negative Korrelation mit der Temperatur ergab sich für den Anteil kreisender Vögel. Bei den übrigen Wetterparametern zeigten sich keine signifikanten Effekte. Eine schwache negative Beziehung (p < 0,1) bestand jedoch zwischen dem Anteil landender Vögel und der Sicht. Ein ebenso unsicherer Zusammenhang deutete sich zwischen der Anzahl Vögel pro Nacht und der Sicht (negativ) sowie der Bewölkung (positiv) an (Tab. 3).

Abhängigkeiten verschiedener Wetterparametern untereinander wurden ebenfalls überprüft, wobei sich folgende hochsignifikante Beziehungen ergaben: Sicht und Bewölkung (negativ), Sicht und Niederschlag (negativ) sowie Bewölkung und Niederschlag (positiv)(Spearman-Rangkorrelation; p < 0,001). Die beiden Beobachtungsperioden unterschieden sich signifikant nur in der Durchschnittstemperatur, die im Herbst um 3,5 °C höher lag (U-Test; p < 0,05).

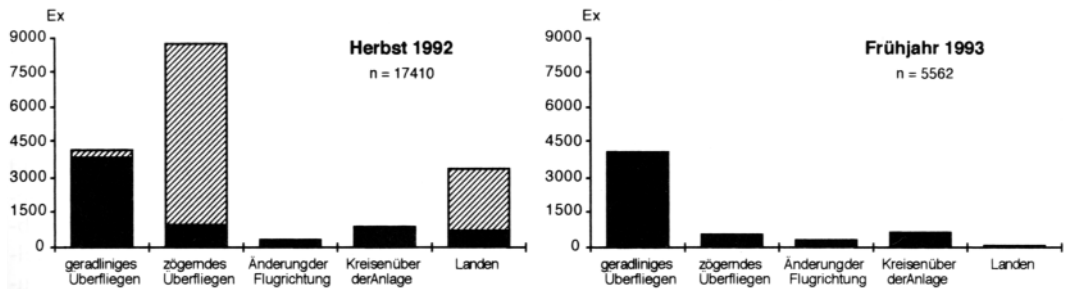


Abb. 5: Häufigkeiten verschiedener Verhaltensweisen der Vögel gegenüber dem Gewächshauslicht

Fig. 5: Frequencies of different kinds of behaviour towards the light emitted by the greenhouse

Die unterschiedliche Lichtemission (ab dem 25.3.1993 reduziert) zeigte nicht den erwarteten Effekt: In den Nächten mit verringerter Dosis traten auffällige Verhaltensweisen prozentual keinesfalls seltener, Richtungsänderungen sogar häufiger auf (Tab. 3).

Um die Auswirkungen der „lichtinduzierten“ Verhaltensweisen für die Vögel beurteilen zu können, müßte die individuelle oder durchschnittliche Verweildauer speziell der kreisenden und landenden Vögel bekannt sein. Diese war jedoch meistens, zumal bei hohem Vogelaufkommen, schwierig zu ermitteln. Im Frühjahr konnte in 51 Fällen eine Zeitspanne von einer Stunde oder mehr nachgewiesen oder mit hoher Wahrscheinlichkeit angenommen werden. 38 Ex hiervon waren Stare, die sich häufig kreisend über einen Zeitraum von 1-2 Stunden zu einem Schwarm sammelten, um dann in der Morgendämmerung abzufliegen. In der Herbstperiode wurde bei einigen Vögeln ein Umkreisen der Anlage von 4 bis über 6 Stunden Dauer beobachtet. Darunter befanden sich sowohl Lerchen und div. Drosselvögel als auch zwei Sandregenpfeifer.

62 Vögel wurden im Frühjahr 1993 beim Landen im Bereich der Anlage beobachtet, weitere 51 offenbar gelandete Zugvögel wurden bei den Kontrollgängen registriert. Vermutlich neigen einige Arten besonders zur Unterbrechung des Zuges bei derartigen Lichtquellen. So steuerten Hausrotschwänze (*Phoenicurus ochruros*) und Laubsänger (*Phylloscopus spec.*) oft ohne Zögern bzw. vorheriges Kreisen in der Luft einen Landepunkt in der erhellten Umgebung der Anlage an. Hausrotschwänze wurden vom 23.3. bis zum 12.4. während der Kontrollgänge regelmäßig angetroffen und verschwanden erst mit dem Hellwerden. Sie wurden meist auf dem Ruderalstreifen um

den Gebäudekomplex beim Aufnehmen von Insekten beobachtet. Laubsänger landeten stets in dem Knick im Norden der Anlage und verblieben dort ebenfalls bis zum Morgen. Je nach Zeitpunkt des Eintreffens wird für diese Vögel eine Verweildauer 1 bis 4 Stunden veranschlagt. Da die Tiere in dieser Zeit ruhen oder Nahrung aufnehmen konnten (Beleuchtung!), ist eine physiologische Beeinträchtigung kaum anzunehmen.

Während des Herbstzuges wurden 3352 landende Vögel gezählt, und unter 1590 Vögeln, die darüber hinaus während der Kontrollgänge erfaßt wurden, mögen sich weitere, bei der Landung nicht beobachtete Durchzügler befunden haben. Wegen der insgesamt viel größeren Zahl an Vögeln sowie aufgrund der Jahreszeit (Beginn im Spätsommer) war die Unterscheidung von nächtlich rastenden und ortsansässigen Vögeln schwierig. Viel häufiger als im Frühjahr dürften hier deshalb auch Mehrfachregistrierungen vorgekommen sein. Auf den Kontrollgängen wurden vor allem Rotkehlchen, Bachstelzen, verschiedene Drosseln sowie Steinschmätzer (*Oenanthe oenanthe*) und Grauschnäpper (*Muscicapa striata*) angetroffen. Die Vögel nahmen Insekten vom Boden, von den Scheiben, vom Dach und aus der benachbarten Vegetation auf.

Auch Eulen waren im Gewächshausbereich aktiv – im Herbst Schleiereulen (*Tyto alba*), Stein- (*Athene noctua*) und Waldkäuze (*Strix aluco*), im Frühjahr Sumpfohreulen (*Asio flammeus*). Sie machten mehrfach Jagd auf rastende oder überfliegende *Passeres*.

Scheibenanflüge wurden nur insgesamt 5mal registriert, sämtlich bei kleinen *Passeres*, wobei in drei Fällen der betreffende Vogel aufgeschreckt worden war. Keinem dieser Tiere war hinterher eine Verletzung anzumerken.

5. Diskussion

5.1 Einfluß der äußeren Bedingungen

Der Einfluß des Wetters auf das Zuggeschehen und die Orientierungsfähigkeit von Vögeln ist bereits in vielen Studien herausgestellt worden. So können z. B. starke Bewölkung und Niederschlag die Vögel zu niedrigen Zughöhen veranlassen (BRUDERER 1971, HILGERLOH 1980, ELKINS 1983), was zu einem erhöhten Zugaufkommen in Bodennähe führt. Im vorliegenden Fall war lediglich eine schwache Beziehung zwischen Bewölkungsgrad und Anzahl registrierter Vögel zu erkennen.

Das auffallend geringe Zugaufkommen in der Nacht zum 13.4.1993 wird auf die Wetterlage in der Zeit um das Osterwochenende (8.-13.4.) zurückgeführt, die in Norddeutschland für niedrige Tagestemperaturen, Nachtfroste und teilweise starke NE-Winde sorgte. Es ist anzunehmen, daß diese Wetterlage, trotz klaren Himmels, durch Gegenwind und Kälte den Vogelzug zeitweilig hemmte (vgl. ELKINS 1983). Ein signifikanter Einfluß der Windrichtung auf das Zugaufkommen ließ sich indes nicht nachweisen.

Bewölkung, Niederschlag und Nebel behindern andererseits die optische bzw. gestirnsbezogene Orientierung der Vögel (ALERSTAM 1990) und verstärken damit die Lockwirkung künstlicher Lichtquellen (DROST 1960). Hierauf deutet die, wenngleich schwache, negative Korrelation der Anzahl Vögel pro Nacht mit den Sichtwerten hin. Deutlicher tritt ein Zusammenhang der Sicht mit bestimmten Verhaltensweisen hervor, namentlich geradem, d. h. unbehelligtem Überflug (positiv), Kreisen um die Anlage (negativ) und Landen (schwach negativ).

Die mangelnde Beziehung zu den „direkten“ Wetterparametern Bewölkung, Niederschlag und Windstärke ist u. U. auf die angewandten Testverfahren zurückzuführen, die die gegenseitigen Abhängigkeiten oder Kohärenzen zwischen verschiedenen „unabhängigen“ Variablen vernachlässigen. Dies illustrieren die hochsignifikanten Abhängigkeiten zwischen Sicht und Bewölkung, Sicht und Niederschlag (beide negativ) sowie Niederschlag und Bewölkung (positiv).

Dieselben äußeren Bedingungen, unter denen die Vögel im Bereich der Lichtquelle auffälliges Verhalten zeigen, steigern offenbar auch das dort registrierbare Gesamtaufkommen. Diese Schlußfolgerung wird außer durch dessen (schwache) Beziehung zu Sicht und Bewölkung auch dadurch

gestützt, daß die Verhaltensweisen „zögernder Überflug“, „Kreisen“ und „Landen“ signifikant positiv mit dem Gesamtaufkommen korrelieren, „gerader Überflug“ hingegen negativ.

Den Zusammenhang zwischen dem Verhalten der Vögel gegenüber starken Lichtquellen und den wetterbedingten Sichtverhältnissen beschreibt DROST (1960) anhand von Radarbeobachtungen eindrucksvoll am Beispiel des Helgoländer Leuchtturms. Er unterscheidet bei Zunahme von Bewölkung und Nebel vier Stufen der Beeinflussung (Abb. 6):

1. den unbehelligten Parallelzug
2. den auf den Bereich der Lichtquelle konzentrierten Zug
3. den Kreiszug, bei dem die angelockten Vögel einige Zeit um die Lichtquelle kreisen, und
4. die Stauung, bei der große Vogelmenge, anstatt weiterzuziehen, im Bereich um die Lichtquelle landen.

Mit Hilfe des Radars konnte DROST auch die Bündelung des – primär in breiter Front verlaufenden – Zuges in einem bestimmten Umkreis verfolgen, die zunächst zu einem mehr oder weniger konzentrierten Zug führt.

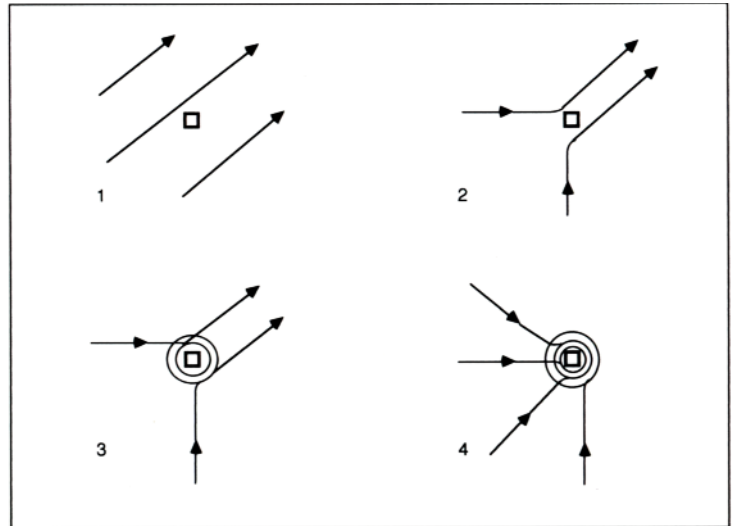
Der von DROST beschriebenen Stauung ähnelten die Ereignisse in der nebeligen und leicht regnerischen Nacht zum 2.10.92, in der sich etwa 2000 Drosseln und einige hundert weitere *Passeres* im Bereich des Gewächshauses niederließen, während ca. 7500 Drosseln nur zögernd darüber hinwegflogen (Abb. 5). Von vergleichbaren Vorkommnissen berichteten Anwohner und die Lokalpresse während des Frühjahrszuges 1992. Im Frühjahr 1993 wurde derartiges dagegen nicht beobachtet.

Die negative Korrelation des Anteils kreisender Vögel mit der Temperatur steht offenbar im Zusammenhang mit der im Bereich der Anlage besonders häufigen, frühzeitigen und starken Dunstbildung. Durch die aus den Lüftungsklappen des Gewächshauses entweichende feuchtwarme Luft bildete sich im Laufe der Nacht, begünstigt durch kühle Außentemperaturen und geringe Luftbewegung, eine rötlichgelb erleuchtete Dunstglocke. Darin verloren durchziehende Vögel offenbar auch bei z. T. heiterem Himmel und im übrigen guter Sicht die Orientierung und flogen infolgedessen einige Zeit darin umher.

Ein positiver Effekt der teilweisen Verdunklung konnte leider nicht verifiziert werden. Die be-

Abb. 6: Verhalten von nächtlich ziehenden Vögeln gegenüber hellen künstlichen Lichtquellen, dargestellt am Beispiel des Helgoländer Leuchtturmes. Es werden 4 Stufen der Beeinflussung unterschieden: 1 = Parallelzug, 2 = konzentrierter Zug, 3 = Kreiszug, 4 = Stauung (nach DROST 1960). Erläuterung siehe Text.

Fig. 6: Behaviour of nocturnally migrating birds towards artificial sources of light as demonstrated for the Heligoland lighthouse. Differentiated are four degrees of influence: 1 = parallel passage, 2 = concentrated passage, 3 = circling passage, 4 = stagnation (after DROST 1960). For further explanation see text.



gleitenden Umstände der Untersuchung boten hierzu keine hinreichende Möglichkeit, weil nur während des Frühjahrzuges abgedunkelte Bedingungen herrschten. Die beiden Zugperioden können sich darüber hinaus aber in vielfältiger Weise unterscheiden, z. B. hinsichtlich Wetter, Zugverhalten und Artenzusammensetzung (Schleifenzug). Eine statistische Kontrolle der dadurch möglichen Effekte war unter den gegebenen Umständen nicht zu erreichen. Zwar wurden mit Ausnahme der Temperatur keine signifikant unterschiedlichen Wetterparameter gemessen, doch ist dies angesichts der groben Meßmethoden nicht als Beweis für vergleichbare Bedingungen zu werten. Die Untersuchungsergebnisse begründen deshalb keine Zweifel am Sinn von Maßnahmen zur Verminderung von Lichtemissionen (vgl. SCHÜZ 1971, CREUTZ 1987, SCHMIEDEL 1992).

Schwierig zu interpretieren sind folglich auch die Ergebnisse im Vergleich der beiden Zugperioden. Das im Frühjahr (wenngleich nicht signifikant) höhere Gesamtaufkommen pro Nacht steht durchaus im Einklang mit dem in dieser Periode gedrängteren Zuggeschehen (DORST 1972, BERTHOLD 1990). Die höheren Prozentsätze „lichtinduzierter“ Verhaltensweisen sind dagegen, zumal nach der Verdunklung, schwer verständlich. Eine mögliche Erklärung stützt sich auf die im Frühjahr niedrigeren Temperaturen. Diese förderten die Ausbildung der Dunstglocke über dem Gewächshaus (s. o.), die auch bei sonst guter Sicht auf niedrig fliegende Vögel irritierend

wirkte. Eventuell ist hierin auch die Erklärung für den mangelnden bzw. nicht zu messenden Effekt der Verdunklung zu suchen. Eine Prüfung dieser Hypothese ist leider nicht möglich.

5.2 Bewertung der Auswirkungen auf die Vögel

Generell ist festzustellen, daß die beschriebenen „lichtinduzierten“ Verhaltensweisen der Vögel deren momentaner, biologisch begründeter Intention, dem Zugziel näher zu kommen, entgegenstehen. Der natürliche Ablauf des Verhaltens wird also durch den Einfluß der Lichtimmissionen verzögert oder behindert. Des weiteren sind diese Verhaltensweisen zumindest teilweise als Ausdruck von Irritationen oder mangelnder Orientierung zu interpretieren (vgl. LACK 1962, SCHMIEDEL 1992). Mögliche Folgen sind Verlust von Zeit, Energie- und Flüssigkeitsreserven (vgl. NACHTIGALL 1987) oder Verletzung durch Havarie.

Allerdings kann schlechte Sicht durch Niederschlag oder Nebel bei ziehenden Vögeln auch ohne künstliche Lichteinwirkung zu Orientierungslosigkeit führen (LACK 1962, SCHMIDT-KOENIG 1980). Dadurch kommen z. B. bei Meeresüberquerungen beträchtliche Mengen Vögel ums Leben (ALERSTAM 1990). Warum der bereits bei vielen Vogelarten nachgewiesene Magnetkompaß (NACHTIGALL 1987) unter solchen Bedingungen keine hinreichende Orientierungshilfe bietet, muß bislang offen bleiben (ALERSTAM 1990, BERTHOLD 1990).

Bei dem weitaus größten Teil der registrierten Vögel ergaben sich keine Hinweise auf eine Gefährdung oder Schädigung durch die Gewächshausanlage. In den meisten Nächten flog die Mehrzahl der Vögel ohne erkennbare Reaktion auf das Licht darüber hinweg. Für die unter kurzem Zögern oder Kreisen durchziehenden Vögel war eine nennenswerte Beeinträchtigung nicht anzunehmen, und auch für gelandete, rastende Tiere bestand in der Regel keine Gefahr (Ausnahme: eventuelle Störungen durch Menschen oder Haustiere). Die über dem Gewächshaus abgedrehten Vögel nahmen ihre ursprüngliche Richtung vermutlich ohne große Verzögerung wieder auf. Im Verhältnis zu anderweitigen anthropogenen und auch natürlichen Gefahren für Zugvögel erscheint die Anlage daher insgesamt eher unbedeutend.

Bei Vögeln, die das Gewächshaus fortdauernd bis mehrere Stunden lang umflogen, muß allerdings eine Gefährdung oder Schädigung in Betracht gezogen werden. In beiden Zugperioden zusammen genommen waren hiervon, anhand der Registrierungen grob geschätzt, immerhin einige hundert Vögel betroffen. Der dabei entstehende Verlust an Reserven kann den erfolgreichen Abschluß des Zuges in Frage stellen, zumal auf dem Zugweg mit weiteren Hindernissen dieser Art zu rechnen ist. Unter anderem aus diesen Erwägungen sollten Lichtemissionen generell als schädlicher Umweltfaktor erkannt und entsprechend reduziert werden.

6. Summary: Impact of light emission from a large illuminated greenhouse on nocturnal bird migration

In autumn 1992 (25.8.-12.11.) and spring 1993 (18.3.-2.5.) nocturnal bird migration was observed in the shine of a large illuminated greenhouse (surface 12,000 m²) in Albersdorf near Heide (Dithmarschen). The purpose of the study was to investigate whether and to what extent nocturnally migrating birds were irritated or endangered by the light emission. Under these special circumstances low-flying birds could be recorded visually and, with help of acoustical cues, identified to some extent. The impact of the light on birds was classified according to behaviour, discriminating between simply passing by, hesitatingly passing by, change of flight direction, circling above the greenhouse and landing.

In the period of autumn passage 17,410 birds were recorded in 33 nights, a major part of which oc-

curred during one single night (1./2.10.), when about 10,000 thrushes were observed. During spring passage 5,562 birds were counted in 15 nights. The mean number of birds per night was 127 in autumn and 215 in spring (median).

In both periods of migration about 80% of birds per night simply passed by (median). Under certain weather conditions other kinds of behaviour, which indicated irritation, became more frequent. The relative occurrences of birds circling and landing were related inversely with visibility as a function of weather conditions. The overall number of birds observed per night apparently also increased when visibility was bad and cloud cover increased, because these factors augment the attractive power of light to migrating birds.

Only a few individual birds flew around the greenhouse for several hours at a time and could be considered to have been affected adversely through loss of energy reserves. This type of behaviour was recorded 51 times in spring. Thus we estimate the overall number of such individuals in both periods at several hundred. No bird was observed killed as a result of collision with the glass-windows of the greenhouse.

7. Schrifttum

- ALERSTAM, T. (1990): Ecological causes and consequences of bird orientation. In: *Orientation in Birds*. Experientia 46: 341-353.
- BERNDT, R. (1968): Einjährige Beobachtung des Limikolenzuges auf der schleswig-holsteinischen Geest. *Corax* 2: 150-155.
- BERTHOLD, P. (1990): Vogelzug – Eine kurze, aktuelle Gesamtübersicht. Wiss. Buchges., Darmstadt.
- BRUDERER, B. (1971): Radarbeobachtungen über den Frühlingszug im Schweizerischen Mittelland (Ein Beitrag zum Problem der Witterungsabhängigkeit des Vogelzuges). *Ornithol., Beob.* 68: 89-158.
- CREUTZ, G. (1987): Geheimnisse des Vogelzuges. A. Ziemsen, Wittenberg.
- DORKA, V. (1966): Das jahres- und tageszeitliche Zugmuster von Kurz- und Langstreckenziehern nach Beobachtungen auf den Alpenpässen Cou/Bretolet. *Ornithol. Beob.* 63: 165-223.
- DORST, J. (1972): Die Vögel in ihrem Lebensraum. Die Enzyklopädie der Tiere Bd. 14. Editions Rencontre, Lausanne.
- DROST, R. (1960): Über den nächtlichen Vogelzug auf Helgoland. 12th Int. Ornithol. Congr.: 178-192.
- ELKINS, N. (1983): Weather and Bird Behaviour. T & AD Poyser, Calton.
- GLOE, P. (1976): Massenzug von Limikolen in der Nacht vom 9. zum 10. Mai 1975 über Meldorf (54,04 N, 09,05 E). *Ornithol., Mitt.* 28: 3-6.
- HILGERLOH, G. (1980): Einfluß des Wetters auf den Tagzug von Singvögeln (dargestellt am Beispiel des Herbstzuges im Schweizerischen Mittelland). Diss., Univ. Kiel.
- JELLMANN, J. (1979): Flughöhen ziehender Vögel in Nordwestdeutschland nach Radarmessungen. *Vogelwarte* 30: 118-134.
- JELLMANN, J. (1988): Leitlinienwirkung auf den nächtlichen Vogelzug im Bereich der Mündungen von Elbe und Weser nach Radarbeobachtungen am 8.8.1977. *Vogelwarte* 34: 208-215.

- LACK, D. (1960): The height of bird migration. *Brit. Birds* 53: 5-10.
- LACK, D. (1962): Radar evidence on migratory orientation. *Brit. Birds* 55: 5-10.
- NACHTIGALL, W. (1987): *Vogelflug und Vogelzug*. Rasch und Röhring, Hamburg.
- SCHMIEDEL, J. (1992): Auswirkungen von künstlichen Lichtquellen auf die wildlebende Tierwelt. Diplomarbeit, Univ. Hannover.
- SCHMIDT-KOENIG, K. (1980): *Das Rätsel des Vogelzugs: faszinierende Erkenntnisse über das Orientierungsvermögen der Vögel*. Hoffmann und Campe, Hamburg.
- SCHÜZ, E. (1971): *Grundriß der Vogelzugskunde*, 2. Aufl. Parey, Berlin u. Hamburg.
- WILLIAMS, T. C. & J. M. WILLIAMS (1990): The orientation of transoceanic migrants. In: E. GWINNER (Hrsg.): *Bird migration: The Physiology and Ecophysiology*. Springer; Berlin, Heidelberg, New York.