

DER EINFLUSS DER GEZEITEN UND DES WINDES AUF VOGELSCHLAGGEFÄHRDUNG AN KÜSTENNAHEN FLUGPLÄTZEN

(The Influence of Tide and Wind on the Birdstrike Hazard at Coastal Aerodromes)

von J.R. ALLAN und T.P. MILSOM, Guildford

(Aus dem Englischen übertragen von W. aufm Kampe)

Zusammenfassung: Informationen über die Vogelschlaggefährdung an küstennahen Flugplätzen deuten an, daß die Art der Gefährdung und ihre Stärke verschieden sein könnten von der im Binnenland.

Empfehlungen, die den englischen Flugplätzen gegeben werden, beruhen weitgehend auf Forschungsarbeiten, die an Inlandsplätzen durchgeführt wurden.

Diese Veröffentlichung gibt Daten aus einer Studie wieder, die von der zivilen britischen Luftfahrtbehörde in Auftrag gegeben wurde zur Untersuchung der Art und der Höhe des Vogelschlagrisikos an Küstenplätzen in Großbritannien. Die dargestellten Daten zeigen, wie zwei Faktoren, Gezeiten und Wind, das Vogelverhalten an küstennahen Flugplätzen beeinflussen.

Es werden die Probleme aufgezeigt, denen man bei der statistischen Analyse der Zeitreihen begegnete, und man bietet einen alternativen Ansatz an, der auf regelerzeugenden Rechneralgorithmen beruht.

Die Ergebnisse zeigen, daß Gezeitenzustand, Höhe der Flut, Windgeschwindigkeit und Windrichtung die Anzahl der Vögel an Flugplätzen beeinflussen können, daß aber die Bedeutung jedes dieser Faktoren je nach Ort und Vogelart unterschiedlich ist. Es stellte sich heraus, daß vergleichsweise seltene Kombinationen von Extremwerten verschiedener Faktoren am wahrscheinlichsten ein hohes Vogelschlagrisiko verursachten.

Der Bericht empfiehlt, das Bewußtsein darüber, wie Umweltfaktoren das Vogelverhalten im Küstenbereich beeinflussen, zu stärken, damit Vogelüberwacher die Kombination der Faktoren vorhersagen können, die wahrscheinlich zu einem erhöhten Vogelschlagrisiko an ihren eigenen Flugplätzen führen werden.

Summary: Information about the birdstrike hazard at coastal aerodromes suggests that the nature of the hazard and its severity may be different from that inland.

Advice given to airfields in the U.K. is largely based on research carried out at inland sites.

This paper presents data from a study commissioned by the U.K. Civil Aviation Authority into the nature and severity of birdstrike risk on coastal sites in the U.K.

Data are presented on how two factors, Tide and Wind, influence bird behaviour at coastal airfields.

The paper shows the problems encountered in the statistical analysis of time-series data and offers an alternative approach based on rule breeding computer algorithms.

The results show that tide state, height of the high tide, wind strength and wind direction can all influence the numbers of birds on airfields but that the importance of each factor varies between sites and bird species. Comparatively rare combinations of extremes of several factors are identified as most likely to cause severe birdstrike risk.

The report recommends that awareness to the way that environmental factors influence the bird behaviour at coastal sites should be raised so that bird controllers can predict the combinations of factors likely to result an increased birdstrike risk at their own airfields.

1. Einleitung

Die Abteilung Vogelschlagverhütung (ABU) im zentralen Wissenschaftslabor des Landwirtschaftsministeriums (MAFF) hat während der letzten 25 Jahre Forschung über die Vogel-schlaggefahr in England betrieben. Der Großteil dieser Arbeit ist allerdings auf Flugplätzen im Binnenland durchgeführt worden (z.B. ALLAN & WATSON 1990, BROUGH 1969, 1987, 1988, BROUGH & BRIDGMAN 1980, MILSOM 1990, HORTON 1987, HORTON et al. 1983), und es gibt gute Gründe anzunehmen, daß die Gefährdung auf Flugplätzen in Küstennähe anders und möglicherweise stärker ist.

Es gibt viele Indizien dafür, daß die Anzahl und die Art der Vögel, die Flugplätze aufsu-chen, sowohl durch die Umgebung beeinflusst werden als auch durch die Verhältnisse auf dem Flugplatz selbst. Flugplätze in landwirtschaftlichen Gegenden sind umgeben von Vogel-arten, die darauf eingestellt sind, das offene Gelände zu nutzen und sich gerne in Scharen zusammenschließen, um Verfolgern zu entkommen. Solche Vogelarten werden wahrschein-lich die Flugplatzgrünlandflächen als Futter- und Rastplätze nutzen, und ihr Hang zur Schwarmbildung macht sie besonders gefährlich für Flugzeuge. Im Gegensatz dazu sind Flugplätze, die in großen Wäldern gelegen sind, umgeben von Vogelarten, die weniger das offene Grünland als Futterplätze nutzen und sich auf das Vorhandensein von Deckung ver-lassen, um Verfolgern zu entkommen (ABU unveröffentlicht). Solche Vogelarten werden wahrscheinlich wenig Gebrauch von Flugplätzen machen.

In England grenzen die meisten küstennahen Flugplätze an landwirtschaftlich genutztes Land, und daher werden die Vogelarten der offenen Landschaft (Möwen, Regenpfeifer/Kiebitz, Krähenvögel und Tauben) verstärkt durch die Vögel, die in Küstennähe leben, insbesondere Wat- und Entenvögel (PRATER 1981, BOWES et al. 1984, EVANS 1984, OWEN et al. 1986, MOSER 1987). Wie die an landwirtschaftliche Flächen gebundenen Binnenlandarten sind die Küstenvögel an das Leben im offenen Gelände angepaßt und verlassen sich im wesentlichen auf ihr Schwarmbildungsverhalten, um Verfolgern zu entkommen. Sie können auch besonders zahlreich während des Herbstes und des Winters auftreten (LACK 1986, THOM 1986, HUTCHINSON 1989).

Es gibt sehr wenige umfassende Datensätze über die Vögel, die sich an küstennahen Flugplätzen in Großbritannien aufhalten. Der beste stammt vom RAF Flugplatz Kinloss in Schottland. Dieser zeigt, daß die Vogelarten, die den Flugplatz nutzen, denen entsprechen, die als Ergebnis einer ornithologischen Zählung auch in der Umgebung vorkommen. Zu den Arten, die auf Flugplätzen überall in ganz England auftreten, z.B. Möwen, Kiebitz und Tauben, gesellen sich andere Arten wie Austernfischer, Brachvogel, Alpenstrandläufer, Rotschenkel, Kurzschnabelgans und Graugans, die an binnenländischen Flugplätzen selten sind oder völlig fehlen.

Anders als im Binnenland wird das Vogelverhalten an oder nahe der Küste stark durch Wind und Gezeiten beeinflusst. Vögel sind während der Ebbe oft weit verteilt, sammeln sich bei steigender Flut zu dichteren Gruppen näher an der Küste und bilden während der Flut große Rastgemeinschaften (HALE 1980). Daher wird das Risiko an küstennahen Flugplätzen während eines Tages sowie von Tag zu Tag in dem Maße verschieden sein, wie sich das Vogelverhalten als Reaktion auf das zyklische Auftreten der Flut, der Fluthöhe und der weniger vorhersagbaren Faktoren wie Windrichtung und -geschwindigkeit ändert.

Es gibt einige Hinweise dafür, daß das Vogelschlagrisiko durch Vogelschwärme an küstennahen Orten größer ist, aber aussagekräftige Vergleiche sind nicht möglich, da die Meldestandards und die Wirksamkeit der Maßnahmen zur Vogelschlagverhütung auf den Flugplätzen zu unterschiedlich sind (NUKSIN 1990).

Angesichts dieser Tatsachen hat die zivile britische Luftfahrtbehörde eine Studie in Auftrag gegeben, das Verhältnis zwischen Vogelschlaggefährdung und Lage des Flughafens zu untersuchen und festzustellen, wie maritime Umwelteinflüsse die Art der Gefährdung und die Risikoschwelle an küstennahen Orten beeinflussen. Dieser Bericht gibt eine Zusammenfassung der Ergebnisse bezüglich zweier Faktoren wieder, Gezeiten und Wind, und schlägt

vor, wie diese Information umgesetzt werden kann in Ratschläge für die Vogelschlagbeurteilungen an küstennahen Flugplätzen.

2. Methoden

2.1 Die Auswahl geeigneter Flugplätze für eine detaillierte Studie

Die Daten, die im Rahmen einer allgemeinen Übersicht der küstennahen Flugplätze gesammelt wurden (Abb. 1), wurden genutzt, um geeignete Plätze für die detaillierte Studie auszuwählen. Diese Plätze wurden unter wissenschaftlichen und operationellen Gründen ausgewählt. Erstens war es notwendig, ein repräsentatives Spektrum von Plätzen zu erhalten, das die Vielfalt der Situationen widerspiegelt, denen man in der allgemeinen Übersicht begegnet war. Faktoren, ob z.B. ein Flughafen an einer offenen Küste, einem Mündungsarm oder in Felsennähe lag, sowie seine geographische Lage auf den Britischen Inseln (signifikante Unterschiede wurden bei den Vogelbeständen zwischen dem Norden und Süden des Landes festgestellt, PRATER 1981, LACK 1986) mußten berücksichtigt werden. Zweitens, war eine zuverlässige Datensammlung durch ausgebildete Beobachter an den Orten erforderlich, wo ABU-Mitarbeiter nicht in der Lage waren, selbst Daten zu sammeln.

Zwei Flugplätze wurden für detaillierte Untersuchungen durch ABU-Mitarbeiter ausgewählt. Dies waren der Flugplatz der British Aerospace Military Flugzeugabteilung in Warton an der Ribble Mündung in Lancashire und der nahegelegene Flughafen Blackpool an der Fylde Küste (Abb. 1). Die Auswahl dieser Flugplätze erlaubte einen detaillierten Vergleich der ästuarinen und offenen Küstenbedingungen zwischen Flughäfen, die nur 10 km voneinander entfernt lagen, und wo der allgemeine Grundbestand an Vogelarten wahrscheinlich ähnlich war.

Tägliche Zählungen wurden auch durch das Personal des Airfield Wildlife Management Ltd, einer Firma, die mit der Vogelüberwachung beauftragt war, an weiteren 5 Flughäfen durchgeführt: RAF Lossiemouth, RAF Kinloss, RAF Leuchars, RAF Machrihanish und RAF Chivenor. Von diesen liegen Lossiemouth, Kinloss und Machrihanish an offener Küste, während Leuchars und Chivenor im wesentlichen an Mündungsarmen liegen. Die Lage jeder dieser Flugplätze ist in Abb. 1 angegeben. Auf diese Art wurde eine Auswahl von 7 Flugplätzen von Devon bis Morayshire untersucht, die unterschiedliche Habitate repräsentieren von offener Küste bis zu verschickten Mündungsarmen.

2.2 Die Technik der Datensammlung

Um zu überwachen, wie Vogelzahlen und -verhalten innerhalb des Gezeitenzyklus an küstennahen Orten schwanken, hat ABU detaillierte Zählungen zu festgesetzten Zeitintervallen in Blackpool und Warton durchgeführt. Die Zählungen erfolgten einmal pro Woche an jedem Flughafen über 12 Monate und waren so terminiert, daß sie die Flutperiode (die aus bisheriger Erfahrung als die Zeit erschien, zu der Vögel am wahrscheinlichsten die Flugplätze aufsuchten) überdeckte. Sie wurden entweder in stündlichen oder zweistündlichen Intervallen gleichlang vor und nach der Flut durchgeführt. Ein Standardquerschnitt des Untersuchungsgebietes wurde bei jeder Zählung abgedeckt, um eine einheitliche Erfassung sicherzustellen. Vogelarten, Anzahl und Verhalten wurden an jedem vorhandenen Habitattyp, zusammen mit meteorologischen Daten und Informationen über den Gezeitenzustand, Störungen usw. festgehalten. In Warton wurde die Untersuchung nicht auf dem Flughafen selbst durchgeführt, sondern auf der Warton Salzmarsch, die unmittelbar unter dem westlichen Anflugbereich liegt.

Nur wenige Vögel hielten sich als Folge der guten Langgraswirtschaft auf dem Flugplatz auf, aber ähnlich wie bei einer Anzahl anderer Flughäfen in der Nähe von Mündungsarmen führen die Anflüge über Bereiche der Salzmarsch und der Weidemarsch, die als Vogelreservate oder Naturschutzgebiete bewirtschaftet werden und wo Vögel sehr zahlreich sind. Dies stellt ein besonderes Problem für die Vogelüberwachung dar, da Vergrämuungsmaßnahmen häufig außerhalb der Flugplatzgrenzen nicht erlaubt sind (eine ähnliche Situation existiert in RAF Chivenor und am J.F. Kennedy Flughafen in New York; der letztere hat aus diesen Gründen besonders schwere Vogelprobleme (SEUBERT 1990)).

Daher erschien es sinnvoller, die Faktoren, die die Anzahl und das Verhalten der Vögel in diesen Anfluggebieten beeinflussen, in Warton zu untersuchen. Zählungen auf dem Flughafen selbst wurden in Blackpool durchgeführt.

2.3 Untersuchung der Vogelarten

Da küstennahe Flugplätze häufig sowohl nahe an landwirtschaftlich genutztem Land, städtischen Gebieten wie auch der Küste liegen, ist es wahrscheinlich, daß sie von einer Vielzahl von Vogelarten genutzt werden. Manche dieser Arten mögen die Küstenorte nur während des Vogelzuges aufsuchen und daher an bestimmten Flugplätzen nur sehr selten auftreten.

Obwohl diese Arten eine Vogelschlaggefahr darstellen können, sind sie für eine intensive Untersuchung dieser Art nicht geeignet. Dieses Projekt konzentrierte sich auf die Vogelarten, die an küstennahen Flughäfen während der größten Zeit des Jahres auftraten und insbesondere auf diejenigen von mittlerem bis hohem Gewicht, welche gewohnheitsmäßig Schwärme bilden und daher für Flugzeuge als besonders gefährlich gelten (MILSOM 1990).

Folgenden Vogelarten, die zu vorrangigen Gruppen gehören, wurden an allen untersuchten Flughäfen angetroffen:

Kleine Möwen	(<i>Larus sp.</i>)
Sturmmöwe	(<i>Larus canus</i>)
Lachmöwe	(<i>Larus ridibundus</i>)
Große Möwen	(<i>Larus sp.</i>)
Silbermöwe	(<i>Larus argentatus</i>)
Mantelmöwe	(<i>Larus marinus</i>)
Heringsmöwe	(<i>Larus fuscus</i>)
Austernfischer	(<i>Haematopus ostralegus</i>)
Kiebitz	(<i>Vanellus vanellus</i>)
Goldregenpfeifer	(<i>Pluvialis apricaria</i>)
Star	(<i>Sturnus vulgaris</i>)
Brachvogel	(<i>Numenius arquata</i>)
Saatkrähe	(<i>Corvus frugilegus</i>)
Dohle	(<i>Corvus monedula</i>)
Rabenkrähe	(<i>Corvus corone</i>)

Zusätzlich zu dieser Artengruppe mit vorrangiger Bedeutung wurde eine Zahl anderer Arten oder Artengruppen, die entweder besonders zahlreich an bestimmten Orten auftraten oder deren Verhalten als besonders beeinflusst durch solche Faktoren wie Gezeiten und Windstärke erschienen, erfaßt. Diese Arten waren nicht notwendigerweise an jedem untersuchten Flugplatz anzutreffen. Es waren:

Graugans	(<i>Anser anser</i>)
Brandgans	(<i>Tadorna tadorna</i>)
Stockente	(<i>Anas platyrhynchos</i>)
Rotschenkel	(<i>Tringa totanus</i>)
Krickente	(<i>Anas crecca</i>)
Ringeltaube	(<i>Columba palumbus</i>)

Hauttaube	(Columba livia)
Schwalben/Mauersegler	(Hirundinidae und Apus apus)
Elster	(Pica pica)
Rebhuhn	(Perdix perdix)
Greifvögel	(Accipitridae und Falconidae)
Kleinvögel	(Passeriformes)

2.4 Analyse und Darstellung der Daten

Um ein umfassendes Bild der Vogelschlaggefahr an küstennahen Orten zu bekommen, ist es notwendig, sehr große Datensätze zu sammeln, die den weiten Bereich von Umweltvariablen erfassen, deren Zusammenwirken das Verhalten der Vögel an speziellen Küstenflugplätzen beeinflussen mögen, wie z.B. Gezeitenzustand, Höhe der Flut, Windrichtung und -geschwindigkeit, Regen, Luftdruck, Bedeckungsgrad, Jahreszeit und Tageszeit. Die Situation wird dadurch weiter kompliziert, daß die Umwelteinflüsse unterschiedliche Vogelarten auf verschiedene Weise beeinflussen können. Um diese Fragen ansprechen zu können, muß der Datensatz sehr groß sein, damit eine ausreichende Zahl aller relevanten Kombinationen von Umweltbedingungen erfaßt wird, um eine aussagekräftige statistische Analyse zu erlauben.

All diese Daten darzustellen (insgesamt etwa 1500 mögliche Kombinationen von Umweltfaktoren, Vogelarten und Habitatstypen für jede Art), ist in einer Veröffentlichung dieser Art weder möglich noch wünschenswert. Diese Veröffentlichung konzentriert sich deshalb auf den Einfluß von zwei Faktoren, Wind und Gezeiten, auf die Anzahl der Kiebitze und Lachmöwen, den beiden am häufigsten an Vogelschlägen beteiligten Arten in Großbritannien. Eine detaillierte Diskussion des gesamten Datensatzes wird an anderer Stelle veröffentlicht.

Die statistische Analyse von Daten der Art, wie sie in dieser Studie gesammelt wurden, wirft spezielle Probleme auf. Die Beziehungen zwischen Vogelanzahl und gemessenen Umweltvariablen sind meist sehr schwach, und da keine dieser Variablen isoliert wirkt, führt dies zu einem komplexen und verrauschten Datensatz.

Probleme mit Nichtlinearität und autokorrelierten Fehlern bedeuten, daß multiple Regressionstechniken selbst mit den geeigneten Transformationen für den größten Teil des Datensatzes nicht anwendbar sind. Die Anwendung der Hauptkomponentenanalyse wurde in Erwägung gezogen, aber abgelehnt, da man merkte, daß es für die Vogelüberwacher und Flugplatzmanager nicht besonders sinnvoll ist, die Unterschiede in den Vogelzahlen mit künstlich erzeugten Bestandteilen von der Umweltvariablen in Verbindung zu bringen.

Um diese Probleme zu bewältigen, wurde der BEAGLE-Algorithmus (Biologically Evolving Algorithm Generating Logical Expressions) ausgewählt (FORSYTH, 1987). BEAGLE nutzt die Entwicklung auf dem Gebiet der künstlichen Intelligenz zur Erstellung von Regeln, die eine bestimmte Eigenschaft des Datensatzes beschreiben, und prüft dann die Vorhersagefähigkeit der Regeln, indem es diskriminante Analysetechniken anwendet. Einfach gesagt, BEAGLE kann man eine Frage stellen (z.B. wann gibt es mehr als 100 Kiebitze auf einen bestimmten Flugplatz), und es wird die Variablen, die man ihm eingibt, benutzen, um einen Satz von Regeln zu finden, der am besten beschreibt, wann die Bedingung zutrifft (z.B. wenn die Windgeschwindigkeit über 25 kn liegt und es weniger als 1 Stunde bis Hochwasser ist und es regnet). Es berechnet auch, wie genau dieser Regelsatz ist, den es erzeugt hat, indem es bestimmt, wie oft die Vorhersagen bezogen auf eine Untermenge von Daten, die vor der Erstellung der Originalregeln entfernt wurden, richtig sind.

Dieses System hat den Vorteil, daß es keine Kenntnisse über die Datenstruktur, Normalität usw. voraussetzt, und, was besonders wichtig ist, daß es auf ähnliche Art für den Vogelüberwacher funktioniert, insofern es eine Anzahl Regeln darüber formulieren kann, wann Vogel wahrscheinlich ein ernstes Problem für einen Flugplatz sein werden. Eine der Vorbedingungen für effiziente Vogelschlagverhütung ist, daß der Vogelüberwacher einen ähnlichen Satz Regeln für seinen Flugplatz formuliert. Die Regeln müssen nicht formal-mathematisch sein, aber sie zu erstellen setzt voraus, daß der Ersteller sich aller Umweltvariablen bewußt ist, die möglicherweise das Vogelverhalten beeinflussen, und dann bestimmt, wie diese Variablen zusammenwirken und somit die Anzahl der Vögel an dem betreffenden Flughafen beeinflussen.

3. DER EINFLUSS VON GEZEITEN UND WIND AUF DAS VOGELVERHALTEN

3.1 Der Einfluß des Gezeitenzustandes

Der Einfluß des Gezeitenzyklus auf die Verteilung und das Verhalten von Küstenvögeln wird von Ornithologen weitgehend verstanden. Dennoch waren sich überraschend wenige der für die Vogelschlagverhütung Verantwortlichen an den zivilen Flugplätzen, die während der allgemeinen Untersuchung besucht wurden, der Bedeutung dieses Faktors bewußt. Die Gezeiten können aus zwei Gründen Vögel veranlassen, auf einen Flugplatz zu ziehen. Erstens indem steigendes Wasser die zwischen den Gezeiten verfügbaren Futterplätze im Watt überflutet und damit die Vögel veranlaßt, bei der Suche nach Nahrung oder einem Rastplatz auf den Flugplatz zu ziehen, und zweitens durch Überflutung der Strand- oder

Salzmarschrastplätze, was die Vögel zwingt, auf den Flugplatz auszuweichen, um alternative Rastplätze zu finden (GOSS-CUSTARD et al. 1977, FURNESS, 1973). Die Zahl der Vögel, die sich zur Nahrungsaufnahme von der Küste auf einen Flugplatz bewegen, wird beeinflusst durch die Verfügbarkeit von Nahrung dort im Vergleich zur Umgebung, die Anzahl der ihn als Rastplatz nutzenden Vögel und durch die Höhe des erwarteten Risikos auf dem Flugplatz im Vergleich zu anderen Orten in der Nähe.

Die Abb. 2-3 zeigen Beispiele dafür, wie der Gezeitenzustand die Nutzung des Flughafens Blackpool und der Anflugsbereiche in Warton durch Lachmöwen und Kiebitze im Hinblick auf die Nahrungsaufnahme und das Rasten beeinflusst.

Abb. 2(a) und 2(b) zeigt Daten über Lachmöwen in Warton. Es gab eine klare Beziehung zwischen der Anzahl sowohl der nahrungsaufnehmenden wie rastenden Vögel und dem Gezeitenzustand. Die höchsten Zahlen traten gewöhnlich bei Flut auf, aber an den meisten Tagen sind keine Vögel vorhanden, gleichgültig welcher Gezeitenzustand vorherrschte. Dies deutet an, daß andere Faktoren mit dem Gezeitenzustand kombiniert sind, wenn Vögel veranlaßt werden, sich in das Untersuchungsgebiet zu begeben. In diesem Fall war die Höhe der Flut der kritische Faktor (s. 3.2 unten).

Abb. 2(c) und 2(d) zeigen die Daten für Lachmöwen in Blackpool. Hier unterscheidet sich das Verhalten etwas gegenüber dem in Warton. Die höchste Anzahl der Vögel wurde bei zunehmender Flut angetroffen, aber die Zahl nahm schnell ab, sobald die Flut zurückging. Das beobachtete Muster deutet darauf hin, daß die Vögel von ihren Futter- und Rastplätzen im Wattbereich durch die steigende Flut vertrieben wurden und dann wieder zurückkehrten, um auf den neu freigelegten Schlickflächen Nahrung aufzunehmen, sobald der Wasserstand zurückging. Ein früher Abflug nach der Flut wurde bevorzugt, um die Zeit voll zu nutzen, die zur Verfügung steht, um aufzusammeln, was an Nahrung durch die sinkende Flut zurückbleibt. Die Tatsache, daß wenige Vögel während des Gezeitenzyklus auf dem Flugfeld Nahrung aufnahmen, deutet an, daß das Flugplatzgrünland ein schlechterer Nahrungsplatz für Lachmöwen war als das nahegelegene Watt.

Abb. 3(a) bis 3(d) zeigen die entsprechenden Daten für Kiebitze. In Warton gab es eine Tendenz zu mehr nahrungsaufnehmenden Vögeln bei Flut, aber der Trend war viel schwächer als der für Lachmöwen gezeigte. Bei Flut waren mehr rastende Vögel vorhanden als zu anderen Zeiten. Die Situation in Blackpool war ähnlich mit einer schwachen Beziehung zwischen nahrungsaufnehmenden Vögeln und Gezeitenzustand und einer Tendenz zu mehr rastenden Vögeln bei Flut. Die Unterschiede zwischen den Vogelarten an beiden Plätzen

zeigen an, in welcher Weise die Vögel von den beiden Gebieten Gebrauch machen. Kiebitze benutzen beide Plätze als bevorzugte Futter- und Rastgebiete, wobei eine große Anzahl während des Gezeitenzyklus anwesend ist, während Lachmöwen die Orte als sekundäre Rast- und Futterplätze bei Flut nutzen; im Falle von Warton sogar nur bei hohen Springfluten (s. unten).

3.2 Der Einfluß von der Höhe der Flut

Die Höhe der Flut kann einen deutlichen Einfluß auf das Vogelverhalten haben, besonders im Bereich von Mündungsarmen mit weiten Schlick- und Salzmarschen. Probleme können für den Vogelüberwacher auf den Flugplätzen auftreten, wenn hohe Springfluten die Rast- und Futterplätze der Wattvögel überfluten und die Vögel auf Sekundärhabitats wie küstennahe Flugplätze vertreiben. Bei einer Springflut von mehr als 9.80 m ist die Salz- marsch in Warton bei Flut unter Wasser, und Möwen fliegen in das Gebiet, um Nahrung aufzunehmen, die durch das Wasser aus der Vegetation gespült wird. Da Möwen in der Lage sind, auf Wasser zu landen, sind sie auch in der Lage, in der Salz- marsch zu bleiben und zu ruhen, selbst wenn diese völlig überflutet ist. Die große Anzahl sowohl nahrungsauf- nehrender als auch ruhender Vögel war daher eng um den Zeitpunkt der Flut konzentriert (Abb. 2(a) und 2(b)), aber nur bei Fluten über 9.80 m Höhe (Abb. 4(a)). Es gab tagsüber kei- nen ähnlichen Effekt im nahegelegenen Blackpool (obwohl ein deutlicher Effekt nachts bei starken auflandigen Winden auftrat; s. Abschnitt 3.3).

Kiebitz-Zahlen wurden in Warton signifikant durch die Gezeitenhöhe beeinflusst (Abb. 4(b)), wobei große Vogelzahlen bei Fluthöhen von 9.50 m, aber wenige Vögel während der höchsten Springfluten vorhanden waren, wenn die Salz- marsch überflutet war und die Kiebitze gezwungen waren, weiter im Inland zu rasten. In Blackpool wurde kein Einfluß der Höhe der Flut auf die Anzahl der Kiebitze festgestellt.

Die Regeln des BEAGLE-Programms, die am besten vorhersagen, wann die Gesamtzahl der Lachmöwen in Warton die Zahl 50, und wann die Gesamtzahl der Möwen in Blackpool 200 überschreiten wird, verdeutlicht diesen Punkt. Die beste Vorhersageregeln in Warton ist, daß die Zeit bis zur Flut kürzer ist, als die Zeit seit Sonnenaufgang, oder daß die Jahreszeit zwischen Februar und September liegt. Die zweitbeste Regel ist, daß die Höhe der Flut über 8,7 m liegt. Daher sind die Tageszeit, die Zeit bis zur Flut, die Jahreszeit und die Höhe der Flut alles Vorhersagefaktoren für hohe Möwenzahlen. Der Satz von Regeln ist kein besonders guter Vorhersagefaktor, aber er ist in 65 % aller Fälle korrekt, wenn keine der Einzelregeln zutrifft. Der Satz von Regeln, der vorhersagt, wann die Gesamtzahl aller Möwen in Black-

pool 200 überschreiten wird, zeigt die gleichen Vorhersagefaktoren für Möwenzahlen wie in Warton, mit der Ausnahme, daß Regen und Windgeschwindigkeit die Gleichung als signifikante Vorhersagefaktoren ergänzen. Da Blackpool ein exponierter Küstenort ist, überrascht es nicht, daß starke Winde und begleitender Regen gemeinsam mit den Gezeiteffekten die Vögel veranlassen werden, auf den Flugplatz zu ziehen. Wie in Warton ist der Satz von Regeln für die Vorhersage relativ schlecht, da sie nur in 60% der Fälle zutrifft.

Der Einfluß der Gezeitenhöhe scheint daher stark von der Art der Umgebung des jeweiligen Flugplatzes, von der vorhandenen Vogelart und den alternativen Rastplätzen, die bei hohen Springfluten lokal verfügbar sind, abzuhängen.

3.3 Der Einfluß von Windstärke und -richtung

Wie oben angemerkt, kann man erwarten, daß die Windstärke einen signifikanten Einfluß auf das Küstenvogelverhalten hat. Es ist aber schwierig, den Einfluß der Windstärke von dem der Windrichtung in Küstengebieten zu unterscheiden. Ein stark aufländiger Wind wird den Abkühlungs-Effekt für Vögel erhöhen, die an einer exponierten Küste Nahrung aufnehmen oder rasten und mag dazu führen, daß Rast- oder Futterplätze durch zunehmende Brandungsaktivität unbenutzbar werden. Ein abländiger Wind von gleicher Stärke mag andererseits sehr viel weniger Einfluß auf die Vögel haben, die eine vergleichsweise geschützte Küste bewohnen. Solch geschützter Küstenbereich mag sogar attraktiv sein für Vögel, die von anderen mehr exponierten Orten vertrieben werden.

In Anbetracht der Signifikanz, die viele Vogelüberwacher der Windstärke als Vorhersagefaktor für die Anzahl der Vögel beimessen, stellte sich eine überraschend geringe Anzahl von Fällen heraus, wo entweder Windgeschwindigkeit oder -richtung mit der Vogelzahl korrelierten. Die Windstärke selbst beeinflusste die Vogelanzahl selten direkt, hat aber die Zahl der Lachmöwen beeinflusst, die in Blackpool rasteten oder Nahrung aufnahmen (Abb. 5(a) und 5(b)). In Warton hat die Windrichtung die Anzahl der Kiebitze, Goldregenpfeifer und Stare beeinflusst, die in der Salzmarsch Nahrung aufnahmen (Abb. 6(a) bis 6(c)). Die meisten Vögel waren vorhanden, wenn der Wind aus Nordost bis Südwest, d.h. aufländig war.

Die Regeln des BEAGLE-Programmas, die vorhersagen, wann die Kiebitz-Zahlen in Warton entweder 500 oder 1000 überschreiten, enthalten als Vorhersageverfahren für hohe Vogelzahlen Windgeschwindigkeiten von mehr als 15 km und Windrichtungen zwischen Nordost und Südost. Die Regeln bezeichnen Windgeschwindigkeit oder -richtung nicht als Vorhersagefaktoren für Lachmöwenzahlen in Warton, zeigen aber, daß Windgeschwindigkeiten von

mehr als 25 kn ein Vorhersagefaktor für hohe Möwenzahlen in Blackpool sind.

3.4 Komplexes Zusammenwirken der Faktoren

Bisher ist in dieser Analyse jeder Umweltfaktor als eigenständig behandelt worden. Es ist jedoch klar, daß keiner von ihnen isoliert wirkt. Die Art und Weise, in der verschiedene Faktoren sich gegenseitig beeinflussen, und die relative Bedeutung jedes einzelnen wird unweigerlich den einen Flugplatz vom anderen unterscheiden. Dies kann man erkennen, wenn man die BEAGLE-Regeln vergleicht, die vorhersagen, wann die Zahl der Kiebitze in Blackpool bzw. Warton 500 überschreiten wird.

Die Regeln für Blackpool sind:

Regel 1 Windrichtung ist zwischen Südost und Nord (d.h. aufländig), Windgeschwindigkeit ist über 12 kn, und es ist nicht Januar oder Februar.

Regel 2 Die Höhe der Flut liegt unter 8,8 m.

Dieser Satz von Regeln beschreibt korrekt 87% der Fälle, in denen die Zahl der Kiebitze 500 überschreitet, wenn beide Regeln zutreffen.

Die Regeln für Warton sind:

Regel 1 Die Windgeschwindigkeit ist höher als 15 kn, und die Jahreszeit liegt zwischen September und März.

Regel 2 Die Gesamttageslänge ist geringer als 10 Stunden.

Regel 3 Die Höhe der Flut liegt über 7,4m.

Regel 4 Die Windrichtung liegt zwischen Ost und Südost.

Der Satz von Regeln sagt zu 100 % korrekt eine Zahl von mehr als 500 Kiebitzen voraus, wenn alle vier Regeln zutreffen.

Statistische Modelle auf der Grundlage von Langzeit-Datensätzen liefern z.T. auch deshalb relativ schlechte Vorhersagefaktoren für Vogelanzahlen, da das gleichzeitige Auftreten von

Extremwerten mehrerer Faktoren relativ selten ist und der Effekt von dem Rest des Datensatzes verwischt werden kann. Die seltenen Fälle, in denen Extremwerte für Umweltvariable zusammentreffen, sind jedoch die Zeiten, in denen besonders hohe Vogelanzahlen wahrscheinlich sind und eine effektive Vogelüberwachung besonders wichtig ist. Der BEAGLE-Algorithmus ist daher besonders geeignet, um Regeln zu erzeugen, die vorhersagen, wann die Vogelanzahl wahrscheinlich hoch und das Vogelschlagrisiko am größten sein wird, wenn nicht geeignete Maßnahmen durch den Vogelüberwacher ergriffen werden.

Ein Beispiel für diesen Effekt ereignete sich während des Oktobers 1990 in Blackpool, als die höchste Springflut des Jahres mit einer Periode von südwestlichen d.h. auflandigen Stürmen und starkem Regen zusammentraf. Daten, die während der allgemeinen Untersuchung gesammelt wurden, zeigten, daß Windrichtung, Windgeschwindigkeit und Regentagsüber einen signifikanten Einfluß auf die Anzahl der Möwen auf den Rollfeldern in Blackpool hatten. Beobachtungen wurden unternommen, um festzustellen, wie solche Bedingungen das Verhalten in der Nacht beeinflussen.

Zählungen der auf dem Flugplatz vorhandenen Vögel, wurden stündlich jede Nacht über einen Zeitraum von fünf Tagen bis zu der höchsten Springflut unter Verwendung eines Restlichtverstärkers (Nachtsichtgerät) durchgeführt. In den ersten vier Tagen war die Windgeschwindigkeit etwa 30 kn und etwa 20 kn am fünften Tag. Die Vogelanzahl nahm jede Nacht zu in dem Maße, wie die Höhe der Flut zunahm bis in die letzte Nacht, als die Windgeschwindigkeit abnahm und die Zahl der Vögel trotz höherer Flut niedriger war. Der Zeitpunkt der maximalen Vogelanzahl verzögerte sich jede Nacht um etwa 40 Minuten und traf mit dem Zeitpunkt der Flut zusammen.

Bis zu 6000 Möwen wurden in der vierten Nacht zur Zeit des Fluthöchststandes auf dem Flugplatz gezählt, was eine ernsthafte Gefahr dargestellt hätte, wäre der Flugplatz in Betrieb gewesen. Ein gemeinsamer Einfluß von extremer Windgeschwindigkeit, Höhe der Flut und Gezeitenzustand wurde durch die allgemeine Tagesbeobachtung nicht festgestellt.

Obwohl die Daten für eine statistische Analyse und für die Erstellung eines Vorhersagemodells zu gering sind, wären Vogelschlagbeauftragte, die sich der Faktoren bewußt sind, die Vogelanzahlen in küstennahen Bereichen beeinflussen, und die die Kombinationen der Umweltfaktoren, die zu ihnen führen, registrieren, in der Lage, das künftige Eintreten ähnlicher Situationen vorherzusehen.

4. FOLGERUNGEN UND EMPFEHLUNGEN

Neben dem Vertrautsein mit Vogelvergrämungstechniken muß ein guter Vogelschlagbeauftragter ein praktisches Arbeitsmodell darüber besitzen, wie das Zusammenwirken von Umwelteinflüssen auf seinem Flugplatz zum Auftreten von Vögeln führt. Dieses erlaubt ihm, die Bedingungen vorherzusagen, unter denen hohe Vogelzahlen wahrscheinlich auftreten werden, und rechtzeitig geeignete Maßnahmen zu ergreifen, die verhindern, daß sich eine solche Situation zu einer ernststen Gefahr auswirkt. Um ein solches Modell zu entwerfen, müssen die Vogelüberwacher auf ihrem Flugplatz und dessen Umgebung Vögel beobachten, identifizieren und ihre Anzahl und ihr Verhalten registrieren. Diese Beobachtungen müssen in Bezug zu der gesamten Breite der Umwelteinflüsse erfolgen, die an dem jeweiligen Ort angetroffen werden. Besondere Aufmerksamkeit sollte solchen Situationen gewidmet werden, in denen extreme Umweltbedingungen zusammenwirken, da bei dem Zusammentreffen dieser Bedingungen wahrscheinlich die höchste Vogelanzahl auftreten wird.

Die allgemeine Untersuchung zeigte, daß die Notwendigkeit von genauen Registrierungen der Vogelzahlen und deren Verhalten nicht allgemein anerkannt wurde. Ein Bewußtsein der Faktoren, die wahrscheinlich die Vogelanzahl an Flugplätzen beeinflussen, fehlte häufig. Diese Mängel müssen angesprochen werden.

Zu diesem Zwecke machen wir folgende Vorschläge:

1. Alle Vogelüberwacher an küstennahen Flugplätzen sollten mit einem Satz von örtlichen Gezeitentafeln ausgerüstet und angehalten werden, jede Verbindung zwischen Gezeiten, Wetterbedingungen und Vogelanzahl auf dem Flugplatz festzuhalten.
2. Um Punkt 1. zu unterstützen, sollte von allen Flugplätzen verlangt werden, eine detaillierte Statistik der Vogelanzahlen zu führen. Regelmäßige Zählungen während des Tages zusammen mit Bemerkungen über Wetterbedingungen, Gezeitenzustand usw. werden häufig Muster über das Vogelverhalten ans Licht bringen, die bisher von dem Vogelüberwachungspersonal nicht erkannt wurden. Solche Statistiken verhindern auch den Verlust der platzbezogenen Kenntnisse, die von einem Vogelüberwacher erworben wurden, wenn er oder sie den Dienstposten verläßt.

5. LITERATUR

ALLAN, J.R. & WATSON, L.A. (1990):

The Impact of a Lumbricide Treatment on the Fauna of Airfield Grassland. 20th. Bird Strike Committee Europe, Working Paper 531-541, Helsinki.

BOWES, A., LACK, P.C. & FLETCHER, M.R. (1984):

Wintering Gulls in Britain, January 1983, *Bird Study* 31, 161-170.

BROUGH, T. (1969):

The Dispersal of Starlings from Woodland Roosts and the Use of Bio-acoustics. *Journal of Applied Ecology*. 6: 403-410.

BROUGH, T. (1987):

Starling Roosts and Aerodrome. ABU report, Central Science Laboratory, MAFF, Worplesdon.

BROUGH, T. (1988):

The Work of the Aviation Bird Unit. Symposium on Bird Hazards in Aviation, 14th October 1987, London Royal Aeronautical Society.

BROUGH, T. & BRIDGMAN, C.J. (1980):

An Evaluation of Long Grass as a Bird Deterrent on British Airfields. *Journal of Applied Ecology*, 17: 243-253.

EVANS, P.R. (1984):

The British Isles. In: EVANS, P.R., GOSS-CUSTARD, J.D. & HALE, W.G. (eds.) *Coastal Waders and Wildfowl in Winter*. pp261-275. British Ornithologists Union/ Cambridge University Press. Cambridge.

FORSYTH, R. (1987):

PC/BEAGLE User Guide. Pathway Research Ltd, Nottingham.

FURNESS, R.W. (1973):

Roost Selection by Waders. *Scottish Birds* 7: 281-287.

GOSS-CUSTARD, J.D., JONES, R.E. & NEWBERRY, P.E. (1977):

The Ecology of the Wash 1. Distribution and Diet of Wading Birds (Charadrii). *Journal of Applied Ecology* 14: 681-700.

HALE, W.G. (1980):

Waders. Collins, London.

HORTON, N. (1987):

Bio-acoustic Bird Scarers (BABS). Civil Aviation Authority, London.

HORTON, N., BROUGH, T. & ROCHARD, J.B.A. (1983):

The Importance of Refuse Tips to Gulls Wintering in an Inland area of South-East England. *Journal of Applied Ecology* 20: 751-765.

HUTCHINSON, C. (1989):

Birds in Ireland. T & A.D. Poyser, Calton.

LACK, P. (1986):

The Atlas of Wintering Birds in Britain and Ireland. T & A.D. Poyser, Calton.

MEAD, H. & CARTER, A.W. (1973):
The Management of Long Grass as a Bird Repellent on Airfields. *Journal of British Grassland Society* 28: 219-221.

MILSOM, T.P. (1990):
Lapwings (*Vanellus vanellus*) on Aerodromes and the Birdstrike Hazard. *Ibis* 132: 218-231.

MILSOM, T.P. (1990):
The Use of Birdstrike Statistics to Monitor the Hazard and Evaluate Risk on U.K. Civil Aerodromes. 20th Bird Strike Committee Europe. Working Paper 30: 303-320. Helsinki.

MILSOM, T.P. & ROCHARD, J.B.A. (1987):
Lapwings and Birdstrikes C.A.A. Paper No. 87015 Civil Aviation Authority London.

MILSOM, T.P., ROCHARD, J.B.A. & POOLE, S.J. (1990):
Activity Patterns of Lapwings (*Vanellus vanellus*) in Relation to the Lunar Cycle. *Ornis Scandinavica* 21: 147-156.

MOSER, M.E. (1987):
A Revision of Population Estimates for Waders (Charadrii) Wintering on the Coastline of Britain. *Biological Conservation* 39: 153-164.

OWEN, M., ATKINSON-WILLES, G.L. & SALMON, D.G. (1986):
Wildfowl in Great Britain; 2nd edition, Cambridge University Press, Cambridge.

PRATER, A.J. (1981):
Estuary Birds of Britain and Ireland. T. & A.D. Poyser, Calton.

SEUBERT, J. (1990):
Reducing Gull Hazards to Aviation by Controlling Nesting Populations. 20th Meeting Birdstrike Committee Europe. Working paper 54: 613-642.

THOM, V.M. (1986):
Birds in Scotland. T & A.D. Poyser, Calton.

Anschrift der Verfasser:

J.R. Allan/T.P. Milsom
Ministry of Agriculture, Fisheries and Food
Central Science Laboratory
Tangley Place
Guildford GU3 3LQ - UK

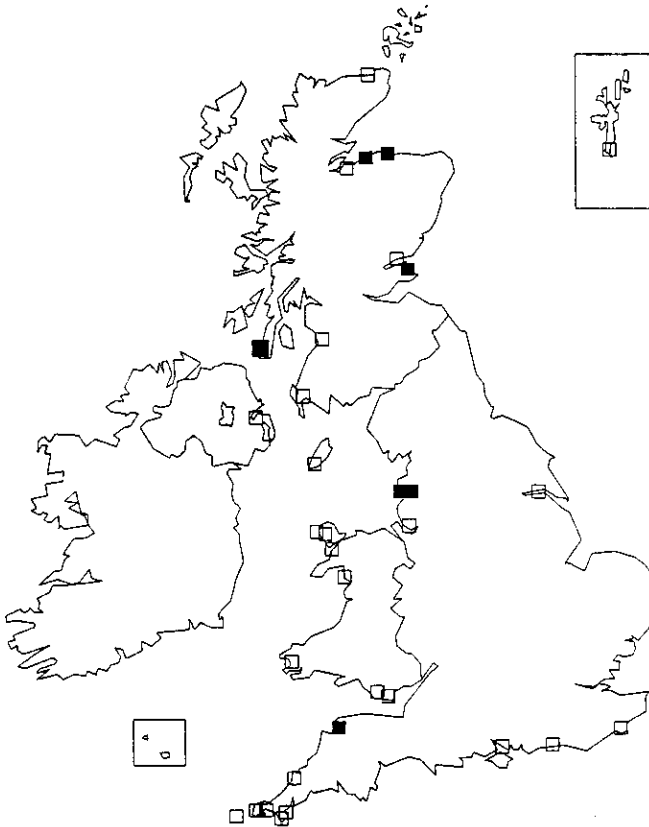
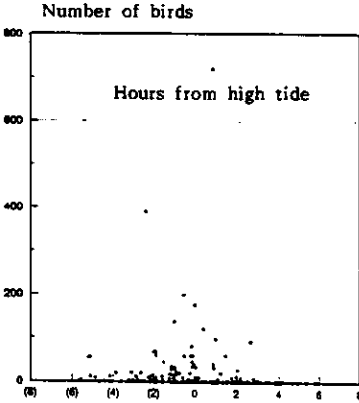


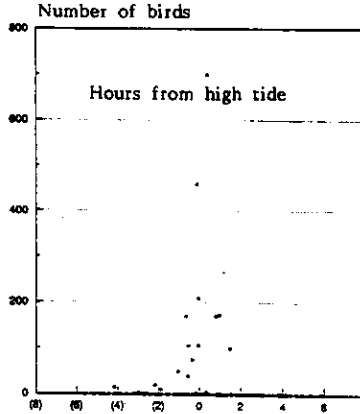
Abb. 1: Karte der Flughäfen, die während der Anfangsuntersuchungen in den Küstenbereichen (offene Quadrate) und für die Hauptuntersuchungen aufgesucht wurden (schwarze Quadrate).

Abb. 2: Punktverteilung von fressenden und rastenden Lachmöwen in der Salzmarsch unter dem westlichen Anflug des Flughafens Warton (a und b) sowie auf dem Grünland des Flughafens Blackpool (c und d) in Abhängigkeit von Gezeitenverlauf. Jeder Punkt zeigt die Gesamtregistrierung über eine Stunde. Eine Reihe solcher Zählungen wurde vor und nach dem Tide-Höchststand über ein Jahr mit etwa wöchentlichen Intervallen durchgeführt.

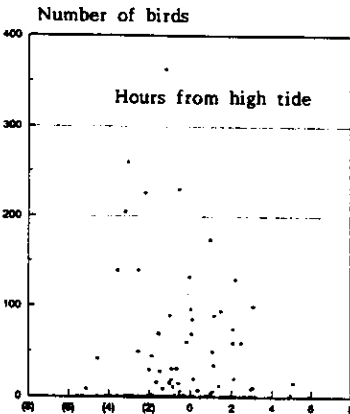
(a) numbers resting
on Warton saltmarsh



(b) numbers feeding
on Warton saltmarsh



(c) numbers resting
on Blackpool grass



(d) numbers feeding
on Blackpool grass

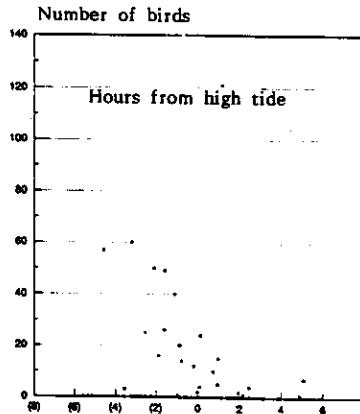
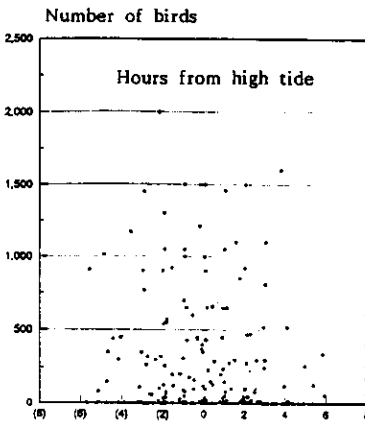
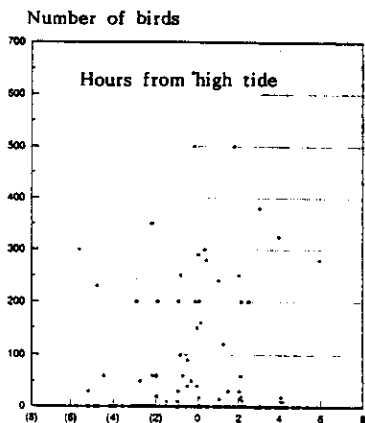


Abb. 3 Punktverteilung von fressenden und rastenden Kiebitzen in der Salzmarsh unter dem westlichen Anflug des Flughafens Warton (a und b) und auf dem Grünland des Flughafens Blackpool (c und d) in Abhängigkeit vom Gezeitenverlauf. Jeder Punkt zeigt die Gesamtregistrierung über eine Stunde. Eine Reihe solcher Zählungen wurde vor und nach dem Tide-Höchststand über ein Jahr mit etwa wöchentlichen Intervallen durchgeführt.

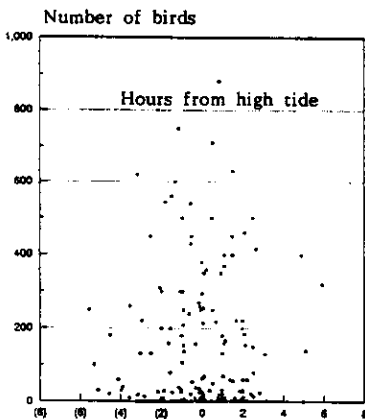
(a) numbers resting
on Warton saltmarsh



(b) numbers feeding
on Warton saltmarsh



(c) numbers resting
on Blackpool grass



(d) numbers feeding
on Blackpool grass

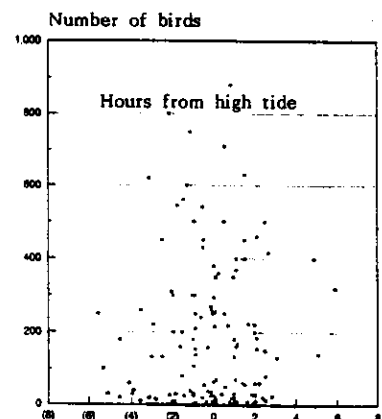
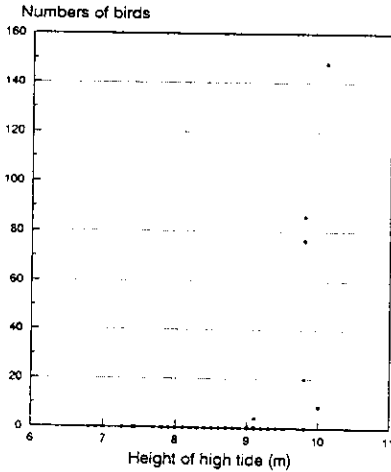


Abb. 4: Punktverteilung von fressenden Lachmöwen (a) und Kiebitzen (b) in der Salzmarsch unter dem westlichen Anflug des Flughafens Warton in Abhängigkeit von der Höhe der Höchst-Tide. Jeder Punkt zeigt die mittlere tägliche Anzahl anwesender Vögel aufgrund täglicher Zählungen. Eine Reihe solcher Zählungen wurde vor und nach dem Tide-Höchststand über ein Jahr mit etwa wöchentlichen Intervallen durchgeführt.

(a) Black-headed gulls



(b) Lapwings

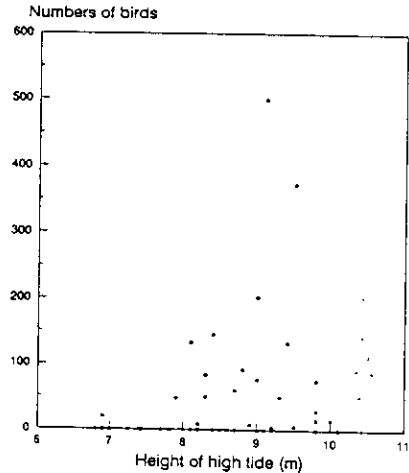
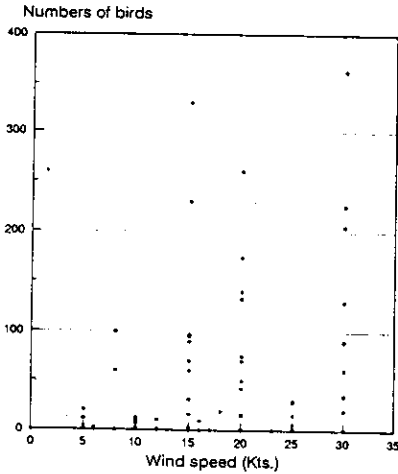


Abb. 5: Punktverteilung der Anzahl fressender (a) und rastender (b) Lachmöwen im Grünland des Flughafens Blackpool in Abhängigkeit von der geschätzten Windgeschwindigkeit. Die Punkte geben die stündlich registrierten Zahlen wieder, die vor und nach dem Tide-Höchststand über ein Jahr mit wöchentlichen Intervallen durchgeführt wurden.

(a) Resting



(b) Feeding

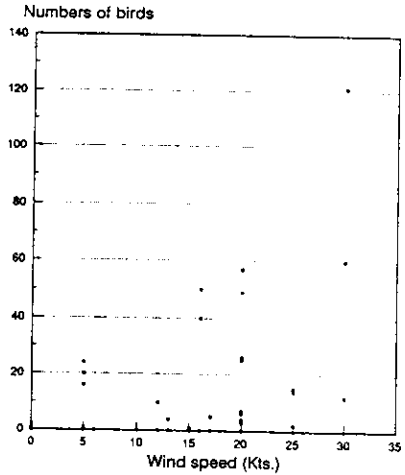


Abb. 6: Die Histogramme zeigen die mittlere Zahl von Kiebitz, Goldregenpfeifer und Star, die in der Salzmarsch unter dem westlichen Anflug des Flughafens Warton registriert wurden, und zwar in Abhängigkeit von der Windrichtung. Diese wird in 8 Sektoren angegeben, und die mittlere Zahl der Vögel beruht auf stündlichen Zählungen, die um die Zeit des Tide-Höchststandes erfolgten, und zwar an einem Tag pro Woche über ein Jahr.

