

Radarbeobachtungen zum Frühjahrszug über Nordwestdeutschland und die südliche Nordsee im April und Mai 1971

Von Jürgen Jellmann¹⁾

1. Einleitung

Die Gelegenheit, an einer militärischen Radaranlage arbeiten zu können, verdanke ich dem großzügigen Entgegenkommen der Deutschen Luftwaffe²⁾ nach freundlicher Vermittlung durch Herrn Dr. F. GOETHE, Direktor des Instituts für Vogelforschung, „Vogelwarte Helgoland“, Wilhelmshaven. Bei den Beobachtungen am Radar konnte ein umfangreiches Datenmaterial in Form von Photogrammen, Höhenmeßwerten und Wetterinformationen gesammelt werden.

Die vorliegende Arbeit beschreibt die wichtigsten Ergebnisse, soweit sie sich unmittelbar aus der Auswertung des über Radar erfaßbaren Zuggeschehens ergeben. Im Sinne einer ersten Information wird der räumliche und zeitliche Ablauf des Hauptteils einer Frühjahrszugperiode dargestellt. Hingegen wird hier auf das Einbeziehen der am Zug beteiligten Vogelarten zunächst verzichtet, da geplant ist, die gewonnenen Radarwerte mit den von der Vogelwarte Helgoland durchgeführten Beringungen und Zugbeobachtungen zu vergleichen.

Das maximal einsehbare Untersuchungsgebiet umfaßt die im E und SE des Ijsselmeeres gelegenen Landesteile Hollands, die Niedersächsische Tiefebene, die Westküste Schleswig-Holsteins und die südliche Nordsee im Bereich der Deutschen Bucht (Abb. 1). In diesem Gebiet wurden bisher keine Radarstudien betrieben. Hingegen liegen zahlreiche Untersuchungen auf Grund von Beringungen und visuellen Beobachtungen vor, so z. B. von DROST & BOCK (1931), GOETHE (1970) und SCHÜZ (1971), die einen Breitfrontzug über die genannten Gegenden erwarten ließen.

Für die Topographie der mit Radar kontrollierten Landesteile besitzen Höhenunterschiede nur geringe Bedeutung, vielmehr bestimmen Marsch, Moor und Geest ihren Charakter. Als weiteres typisches Landschaftselement muß das Wattenmeer vor der niederländischen und deutschen Küste genannt werden, das gewissermaßen einen Übergang zwischen der Nordsee und den landbedeckten Teilen vermittelt. Die sich anschließende nähere Küstenlandschaft wird fast überall von Marschen gebildet, die durch einen hohen Seedeich geschützt werden. Im Bereich der großen Flüsse Elbe, Weser und Ems geht dieses weite und sehr baumarme Flachland in Flußmarschen oder breite Talauen über, die den Höhenbereich von 0—20 m (über NN) nicht überschreiten und zusammen mit ungezählten Mooren verschiedene Geestgebiete abgrenzen. Von letzteren erreichen nur der Hümmling im Emsland und die Wingst im Land Hadeln eine Höhe von etwa 75 m (über NN). Andererseits liegen in den Niederlanden ausgedehnte Depressionen innerhalb der Radarreichweite.

¹⁾ Den anderen Mitgliedern der Arbeitsgruppe „Radarornithologie“ am Institut für Vogelforschung, „Vogelwarte Helgoland“, den Herren Dr. G. VAUK, Dr. D. MORITZ, Th. CLEMENS und P. KÄTSCH danke ich für Hinweise, Diskussionen und Durchsicht des Manuskriptes.

Diese Arbeit wurde gefördert mit Forschungsmitteln des Landes Niedersachsen.

²⁾ Für die Gewährung von Beobachtungsmöglichkeiten an verschiedenen Radargeräten möchte ich an dieser Stelle Herrn General A. COERDT, Kommandeur der 4. Luftwaffendivision, Aurich, herzlich danken. Von allen Angehörigen dieser Einheit wurde ich während meiner Tätigkeit an der Radarstation sehr freundlich aufgenommen und erhielt in unbürokratischer Weise jede gewünschte Unterstützung. Mein besonderer Dank gilt in diesem Zusammenhang Herrn Maj. HESSE und Herrn Olt. OLDENSTEDT, ferner Herrn StFw. MÜHL sowie nicht zuletzt den Experten im Fotolabor der Einheit, den Herren KÖSTER und VENNEGEERDTS.

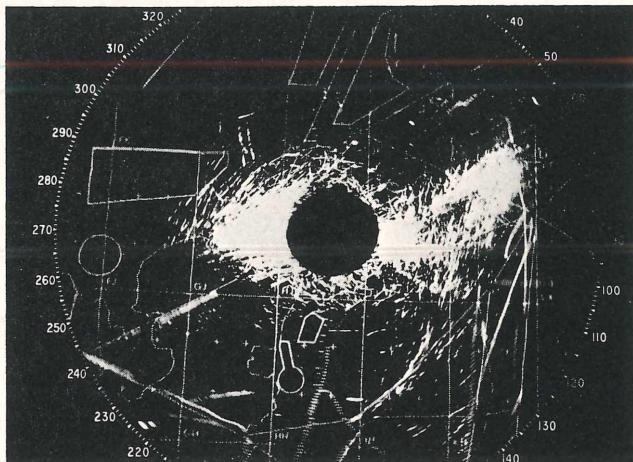


Abb. 1: Zeitaufnahme vom 8. 4. 1971; 19.30—19.48 MEZ Belichtung: 12 min — 3 min Pause — 3 min. Bilddurchmesser: ca: 370 km (200 nm), Zentrum aus fototechnischen Gründen abgedeckt: Das maximal einsehbare Beobachtungsgebiet. (Die eingeblendete Küstenlinie und das Gradnetz erleichtern die Orientierung, besonders mit Hilfe einer Landkarte.) Die Masse eines von Holland kommenden Zugverbandes folgt nach E der Küstenlinie mit der vorgelagerten Inselkette und stößt östlich des abgedunkelten Zentrums (Land Hadeln) auf ein vom Weserbergland ausgehenden Zuggeschehen. Der Zug ist bis weit nach Schleswig-Holstein hinein zu verfolgen.

2. Material und Methode

2.1. Auswahl und Beschreibung des verwendeten Radargerätes

Freundlicherweise wurde mir die Benutzung mehrerer, im Küstenbereich gelegener Radarstationen angeboten. Diese arbeiteten mit unterschiedlichen Wellenlängen und boten mir somit verschiedene Untersuchungsmöglichkeiten. Unter Berücksichtigung der bisher vorliegenden, in der Einleitung erwähnten Ergebnisse und hinsichtlich der radarmässigen Überschaubarkeit des Beobachtungsgebietes entschied ich mich für die zentral gelegene Großraum-Radarstation bei Aurich in Ostfriesland. Durch direkten Vergleich mit dem Flughafenradar von Wittmundhafen erkannte ich zwar das geringere Auflösungsvermögen des mit 23 cm Wellenlänge arbeitenden Großraum-Radars gegenüber dem S-Band-Gerät, konnte jedoch andererseits feststellen, daß die erheblich größere Reichweite des L-Band-Radars für meine Untersuchungen von entscheidendem Vorteil war, zumal auch durch das Gelände ideale Bedingungen gegeben waren, denn es bestanden keine Sichtbehinderungen durch das Bodenprofil.

Über die Eignung des Radargerätes wurden Voruntersuchungen angestellt, da es sich um eine neu entwickelte Anlage handelt, über die in der Literatur noch keine radarornithologischen Angaben vorliegen. Aus Gründen der militärischen Geheimhaltung können wichtige Kenn- und Vergleichsdaten wie Antennendiagramm, Reichweite, Sendeenergie, Impulsdauer, etc. hier leider nicht genannt werden. Der Leser kann aber davon ausgehen, daß, wie bei Long-Range-Radars üblich, die wichtigen Parameter durch laufende technische Überprüfung konstant gehalten werden. Der empfindlichste Bereich für die Ortung von Vogelechos wurde durch Testphotos ermittelt. Er umfaßt — außerhalb der gerätenahen Zone bis ca. 10 nm, in der zu viele Bodenechos liegen — das Gebiet mit einem Radius von 60 nm um die Station. Innerhalb dieses Bezirks kommt es erst in über 40 nm Entfernung zu einer Abnahme der Echodichte, die jedoch wesentlich geringer ist, als es EASTWOOD (1967) für vergleichbare L-Band-Geräte angibt. Erst bei etwa 60 nm macht sich eine deutliche Abnahme der Echodichte, verbunden mit zunehmenden Fluktuationsscheinungen, bemerkbar. Es kann in diesem Zusammenhang nur darauf hingewiesen werden, daß spezielle Antennenanlagen für eine optimale Erfassung im bodennahen Bereich sorgen. Nach Kontrolluntersuchungen mit dem Höhenradar, das im S-Band arbeitet, konnte gefolgt werden, daß die Abnahme der Echodichte mit zunehmender Entfernung von der Station überwiegend durch zu geringe Schwarmgröße und weniger durch Einfluß der Zughöhe verursacht wurde. Außerdem muß hier das Zugverhalten der Vögel berücksichtigt werden, denn dieses recht große Gebiet enthält zahlreiche Rastmöglichkeiten und wird spezifischen Nahrungsansprüchen vieler durchziehender Arten gerecht, so daß keinesfalls von einem generellen Non-Stop-Durchzug ausgegangen werden darf, wie er z.B. in Schweizer Tälern auf relativ kurze Entfernung stattfindet.

Als verhältnismäßig einfach erwies sich das Herausfinden der empfindlichsten Scope-Einstellung. Alle nichtlinearen Verstärkungsschaltungen und sämtliche elektronischen Filtervorrichtungen, darunter das bekannte M.T.I. (moving target indicator), führten in mehr oder weniger starkem Maße zur Reduzierung der Echozahlen und erbrachten somit keine brauchbaren Ergebnisse. Es konnte nur die lineare Verstärkung der von der Antenne aufgefangenen Rückstrahlung benutzt werden. Der verwendete PPI-Scope (plan position indicator) stand im Beobachtungszeitraum ausschließlich dem Verfasser zur Verfügung, was die Einhaltung einer konstanten optimalen Bildqualität erleichterte.

2.2. Arbeitsmethoden

Beobachtungszeiten: Vom 2.4. bis 16.5.1971 wurde täglich von 8.00 bis 24.00 Uhr beobachtet. Ausnahmen: 12. und 13. April. Am 27.4. registrierte ich nur bis 18.00 Uhr, am 28.4. erst ab 18.00 das Zuggeschehen. An wenigen weiteren Tagen fiel das Gerät kurzfristig wegen technischer Arbeiten für insgesamt einige Stunden aus. An Tagen, an denen es im gesamten Beobachtungsgebiet länger als eine Stunde regnete, oder wenn sich Nebel über den Erfassungsbereich hinweg ausgetragen hatte, wurde nur von 10.00 bis 22.00 Uhr beobachtet. Andererseits verfolgte ich den Nachtzug bis max. 4.00 Uhr. Die Wahl dieser Beobachtungszeiten wurde durch den Wunsch bestimmt, sowohl den Tagzug, als auch besonders den Nachtzug unter Berücksichtigung des Schlafbedürfnisses des Untersuchers so weitgehend wie für eine Einzelperson möglich zu registrieren.

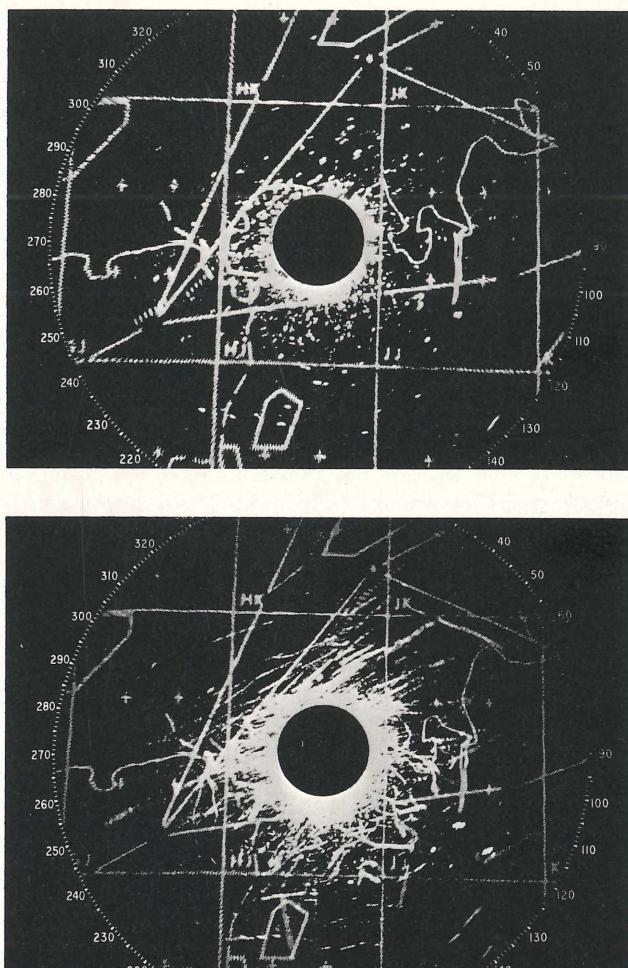


Abb. 2: Intensitätsstufe 2: Schwacher Zug.

Oben: Momentaufnahme; 18. 4. 1971, 17.15 MEZ, Belichtung: 1,5 min; unten: Zeitaufnahme; 18. 4. 1971, 16.55–17.11MEZ, Belichtung: 12 min — 2 min Pause — 2 min.

Erfassung des Zuggeschehens: Zur Dokumentation und zur Auswertung meiner Beobachtungen fertigte ich Photos an, und zwar nach der von SUTTER (1957) ausgearbeiteten Methode, die von mir der erheblich größeren Reichweite des Radars angeglichen wurde. Zunächst machte ich zur Bestimmung der Zugrichtung sog. Zeitaufnahmen mit einer Belichtungszeit von 12 min, schloß dann die Blende für 2 bis 3 min und öffnete anschließend den Kameraverschluß erneut für 1 bis 2 min. Außerdem wurden zur Auszählung von Echos „Momentaufnahmen“ mit einer Belichtungszeit von 1 bis 2 min hergestellt. Diese relativ lange Belichtungszeit erwies sich als erforderlich, da Vogelechos mit zunehmender Entfernung von der Station häufiger fluktuierten und nicht bei jedem Sweepumgang zeichnen. Beide Aufnahmetypen wurden bei Einschaltung des empfindlichsten Bereichs in stündlichem Abstand angefertigt. Zusätzlich machte ich bei starkem Zug Aufnahmen im Bereich bis 100 nm. Nur an wenigen Tagen gestaltete sich das Zuggeschehen so übersichtlich, daß aus wirtschaftlichen Gründen eine Reihe von Photos eingespart und die Zugtätigkeit protokolliert werden konnte.

Bestimmung der Zugdichte: Es war zunächst geplant, die von TEDD & LACK (1958) für ein L-Band-Gerät in SE-England erarbeitete Dichteskala zu übernehmen, da ich das dort benutzte Gerät (Typ „T 80“) aus früherer zweijähriger Praxis gut genug kannte, um eine Vergleichbarkeit mit dem von mir verwendeten Gerät herbeizuführen. Der Plan konnte jedoch nicht realisiert werden, da sich die in SE-England ermittelte stärkste Intensitätsstufe für die Zugverhältnisse in NW-Deutschland als viel zu gering erwies und zu völlig falschen Interpretationen geführt hätte. Offensichtlich wird mein Beobachtungsgebiet in erheblich stärkerem Maße von Vogelscharen überflogen als es in SE-England der Fall ist. Eine

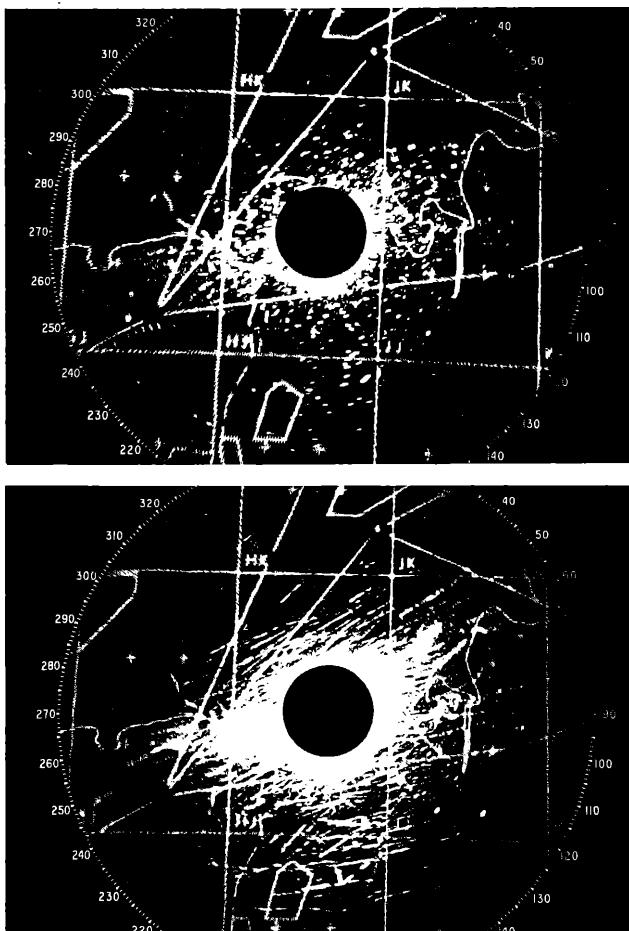


Abb. 3: Intensitätsstufe 3: Mittlerer Zug.

Oben: Momentaufnahme; 18. 4. 1971, 18.21 MEZ, Belichtung: 1,5 min; unten: Zeitaufnahme; 18. 4. 1971; 18.04—18.20 MEZ, Belichtung: 12 min — 2 min Pause — 2 min.

konsequente Weiterentwicklung der genannten Skala scheiterte an einer Besonderheit meines Gerätes, nämlich an der ungewöhnlichen Größe der Echos, was der kundige Betrachter an Hand eines Vergleichs der Abb. 2—4 mit denen in EASTWOOD (1967) sofort feststellen kann. Diese vergrößerte Darstellung der Echos, die aus besonderen, hier nicht zu erörternden Gründen vorgenommen wurde, führte auch zu einer gewissen Standardisierung der Echos; es sei denn, die von der Antenne aufgefangene Rückstrahlung enthielt so wenig Energie, daß die Anlage nicht ansprach. Solche Echos wurden nicht vergrößert auf den Scope projiziert, sondern „normal“ geschrieben. Andererseits kam es in den Fällen, in denen die Flugformation von Zugverbänden ausgedehnter als die azimutale Breite des Radarstrahls war, zur Abbildung besonders breiter, strichförmiger Echos.

Bei starken Zugintensitäten wurden, durch diese besonderen Konstruktionsmerkmale bedingt, neben-einander stehende Echos nicht mehr als getrennte Plips, sondern als ineinanderlaufende und somit flächige Verdichtungen projiziert. Dadurch wurde eine Auszählung von Echos pro cm^2 des Schirmbildes bei starken und sehr starken Zugdichten unmöglich.

Aus gleichen Gründen versagte auch das von SUTTER (1957) entwickelte Verfahren der Auszählung von Echos in exakt definierten, besonders geeigneten Probeflächen. Diese Methode erwies sich darüberhinaus als ungeeignet, da das im Vergleich zu dem Schweizer Areal um den Flughafen Kloten geradezu riesige Beobachtungsgebiet durchaus nicht in gleicher Richtung und auf einer immer wiederkehrenden Route überflogen wurde, so daß mobile Probeflächen hätten eingeführt werden müssen.

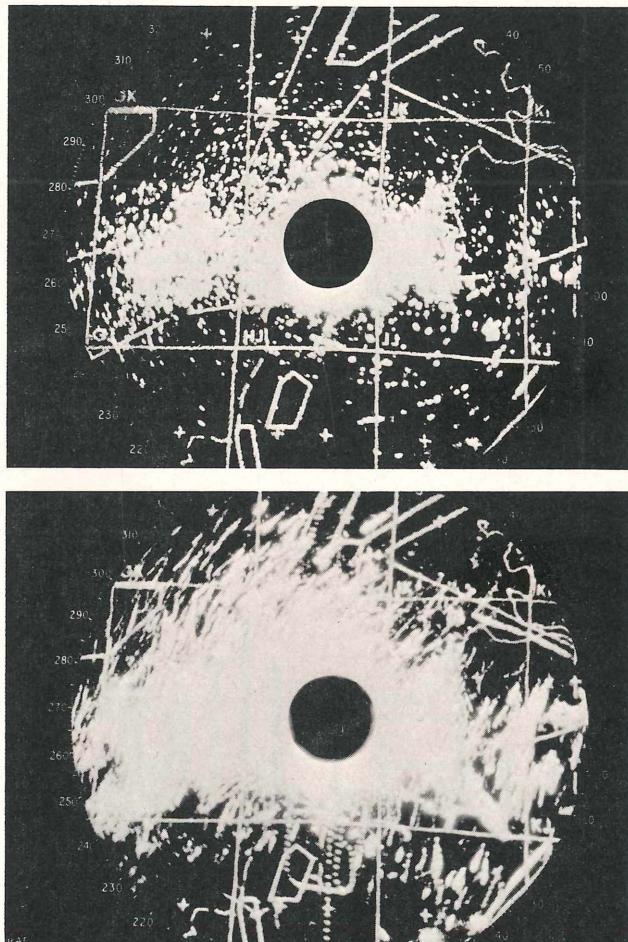


Abb. 4: Intensitätsstufe 6: Sehr starker Zug.

Oben: Momentaufnahme; 5. 5. 1971, 19.40 MEZ, Belichtung: 1 min; unten: Zeitaufnahme; 5. 5. 1971, 19.20—19.35 MEZ, Belichtung: 12 min — 2 min Pause — 1 min.

Folglich ergab sich die Notwendigkeit, eine den Gegebenheiten des modernen Gerätes angepaßte Intensitätsskala zu entwickeln, die ein Auszählen von Echos einer fest definierten Fläche entbehrlich macht und statt dessen auf geschätzten Echodichten beruht. Dabei wurden sowohl die Methode der Bestimmung einer definierten Echodichte in zunehmender Entfernung (TEDD & LACK), als auch das Prinzip der Zunahme von Echos in Probeflächen (SUTTER) gleichermaßen berücksichtigt. Dabei umfaßt hier die Probefläche den gesamten empfindlichsten Bereich des Gerätes. Für die Einordnung von Zugabläufen in die einzelnen Stufen müssen die folgenden Bedingungen erfüllt sein:

„Sehr schwacher“ und „schwacher“ Zug (Abb. 2) werden durch die beiden niedrigsten Stufen 1 und 2 charakterisiert, für die die Echodichte im Bereich bis 40 nm maßgebend ist. Für die Beschreibung von „mittlerem“ (Abb. 3) und „lebhaftem“ Zug dienen die Stufen 3 und 4, bei denen die erforderliche Echodichte im Bereich bis 60 nm liegen muß. Zur Kennzeichnung von „starken“ und „sehr starken“ (Abb. 4) Zugvorgängen werden die beiden folgenden Stufen 5 und 6 herangezogen, bei denen die notwendige Echodichte über den empfindlichsten Bereich von 60 nm hinausgehen muß. Außerdem hat von Stufe zu Stufe eine gleichmäßige Zunahme der Echos in der gesamten Probefläche zu erfolgen. Das Ergebnis dieser Überlegungen ist in den Abb. 2–4 dargestellt. Mit diesen Photos, die im Original das Format 18 x 24 cm besitzen, wurden alle übrigen Aufnahmen verglichen und nach kritischer Kontrolle entsprechend eingestuft.

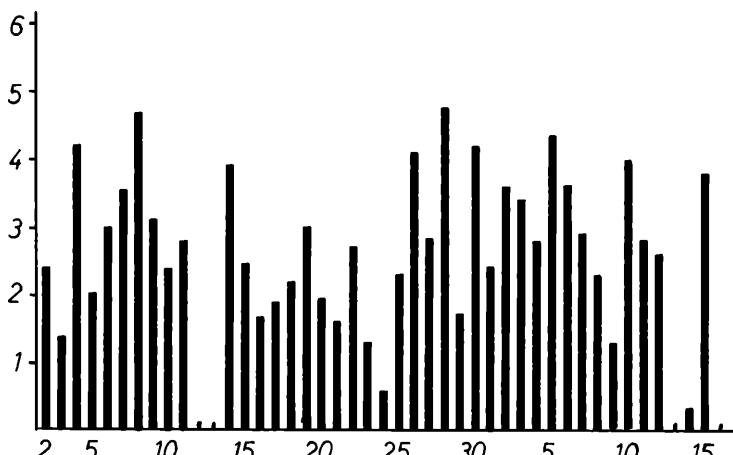
Diese Methode setzt eine sorgfältige photographische Laborarbeit voraus, die durch den günstigen Umstand gewährleistet war, daß Entwicklung und Vergrößerung der Negative im Labor der Luftwaffe von zwei qualifizierten Fachkräften vorgenommen wurden, die nicht nur ihr Handwerk beherrschten, sondern auch am Radargerät ausgebildet waren. Außerdem wurden Wünsche des Verfassers bereitwillig erfüllt, wie etwa den Kontrastreichtum von Bildern mit ausgedehnten weißen Flächen (starker Zug) durch Variation der Belichtungszeiten zu erhöhen.

3. Ergebnisse

3.1. Die Zugintensität

Nach der beschriebenen Methode konnte die Zugintensität für jede Stunde festgelegt werden. Von diesen Werten ausgehend wurden die Ergebnisse in Form der seit SUTTER (1957) üblichen Intensitätskurven dargestellt (Abb. 5). Hierbei wurden Nachtzugaktivitäten für Zeiten nach Mitternacht noch dem laufenden Beobachtungstag zugerechnet.

Außerdem erlaubten die gewonnenen Werte die Berechnung der Intensitäten getrennt für Tag- und Nachtzug. Für den Beginn des Nachtzuges wurde nicht die allgemein übliche Zeit des Sonnenuntergangs (SCHÜZ 1971) angesetzt, sondern der Zeitpunkt 18.00 MEZ, und zwar aus folgenden Gründen: In der Zeit zwischen 17.00 und 18.00 Uhr konnte häufig ein Ansteigen der Echodichte beobachtet werden, hingegen erfolgte an keinem Tag innerhalb dieser Zeitspanne eine Abnahme mit einer anschließenden Steigerung nach Sonnenuntergang. Daher darf angenommen werden, daß im Beobachtungsgebiet viele Vögel gegen 18.00 Uhr mit dem Nachtzug beginnen. Den täglich gefundenen Mittelwerten (Abb. 6) wurden zur Erhöhung der Ausagekraft die jeweiligen Minimal- und Maximalintensitäten hinzugefügt.



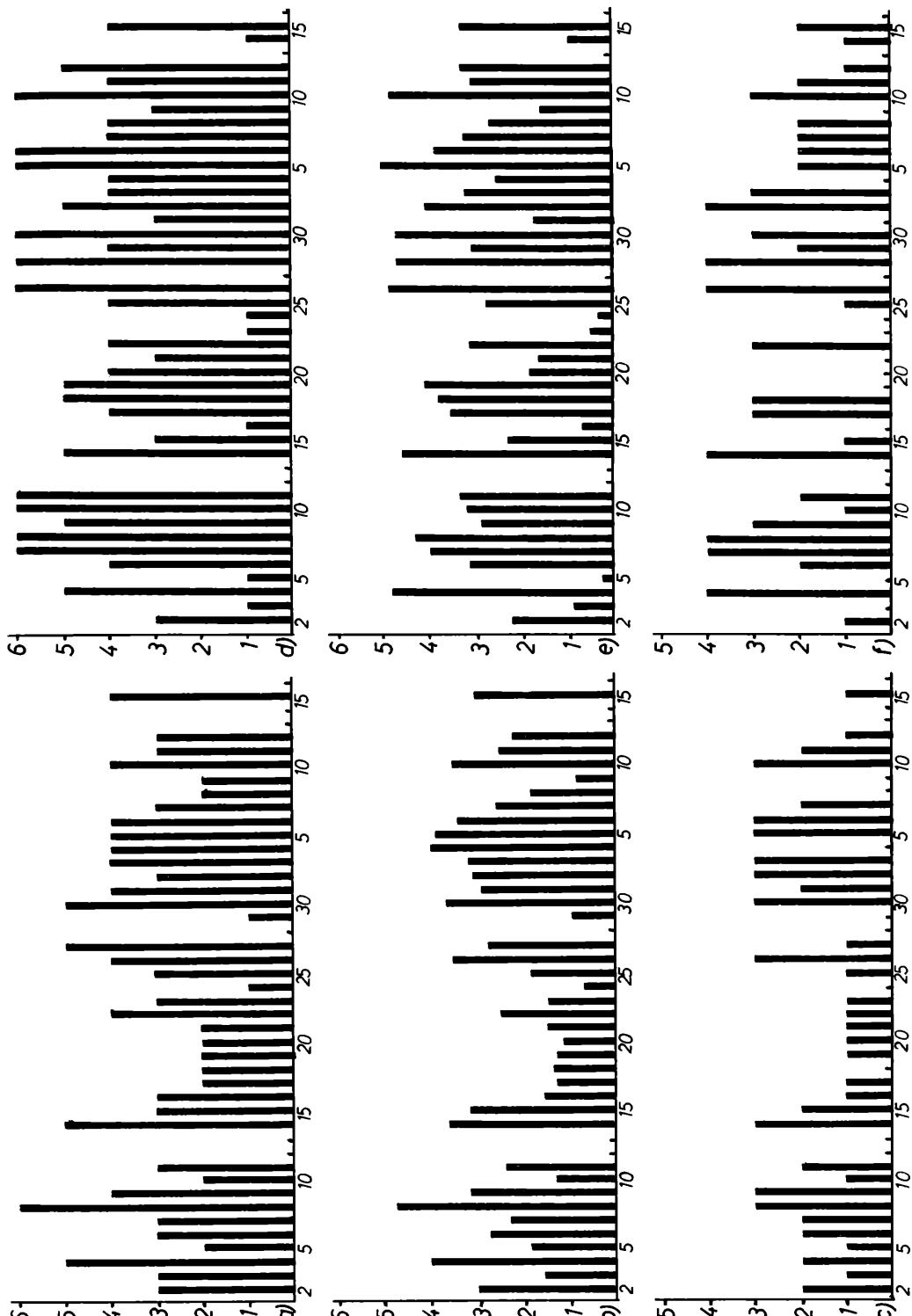


Abb. 6: Intensitäten des Tag- und Nachtzuges.

a) maximale, b) mittlere, c) minimale tägliche Intensität des Tagzuges; d) maximale, e) mittlere, f) minimale tägliche Intensität des Nachtzuges.

Ordinate: Intensitätsstufen; Abszisse: Kalendertage vom 2. 4. bis 16. 5. 1971. Beobachtungszeiten im Text.

Interpretation: Der Verlauf der mittleren Intensität zeigt, daß der erfaßte Teil des Frühjahrszuges im Beobachtungsgebiet in Schüben ablief (Abb. 5), wobei sich der Anstieg zu einem starken Zuggeschehen gewöhnlich ebenso über mehrere Tage hinzog, wie das Abklingen einer größeren, umfassenden Zugbewegung. Das Überwiegen des Nachtzuges geht aus Abb. 6 hervor. Während der Nacht fanden auch mit einer Ausnahme sämtliche sehr starken Zugabläufe statt (Abb. 6a, d). Ferner läßt die Darstellung erkennen, daß der Nachtzug in seiner Frequenz stark variierte (Abb. 6d, f). Er blieb entweder verschwindend gering und ging nicht selten sogar auf „null“ zurück, oder er entwickelte sich zu gewaltigem Ausmaß, wobei die minimale Stärke nicht unter Stufe 4 absank. Der Tagzug dagegen zeigte weniger so deutlich ausgeprägte Extreme (Abb. 6a, c). Wenn auch an den einzelnen Tagen stark unterschiedliche Zugaktivitäten beobachtet wurden, ließen sich doch, insgesamt betrachtet, folgende Phasen unterscheiden:

Der Zeitraum vom 2. bis zum 14. April zeichnete sich durch rege Zugtätigkeit aus, wobei der Nachtzug überwog. Besonders eindrucksvoll ließ sich der stetige Anstieg vom 5. bis 8. April und danach das Auslaufen dieser gewaltigen Zugbewegung bis zum 10. April verfolgen. Dieser 8. April fiel als ungewöhnlich starker Zugtag besonders auf, da sowohl während des Tagzuges (in den Vormittagsstunden) als auch im Verlaufe des Nachtzuges die höchste Intensitätsstufe erreicht wurde (Abb. 6). An drei weiteren Abenden konnte sehr starker Zug beobachtet werden, während andererseits nur an zwei Tagen der Zug durch aufkommende Regenschauer, die von atlantischen Tiefdruckgebieten herangeführt wurden, ins Stocken geriet.

Innerhalb der Periode vom 15. bis 25. April ging die Zugtätigkeit, besonders am Tage, in auffälliger Weise zurück. Es entwickelte sich kein sehr starker Zug, hingegen kam das Zuggeschehen an acht dieser elf Tage zumeist durch einsetzenden Regen und Wind vorübergehend zum Stillstand. Das deutliche Nachlassen der Intensität in diesem Zugabschnitt kann aber wohl nicht allein auf widrige meteorologische Einflüsse zurückgeführt werden, denn nach der Passage von Regenfronten konnte, im Gegensatz zur ersten Aprilhälfte bei gleichen Wetterverhältnissen, nur ein zögerndes Wiedereinsetzen des Zuggeschehens registriert werden, was möglicherweise auf eine geringere Zahl von sich im Gebiet aufhaltenden Zugvögeln hindeutet.

In der Zeitspanne vom 26. April bis 7. Mai registrierte ich das stärkste Zuggeschehen, das durch ein deutliches Überwiegen des Nachtzuges gekennzeichnet war. Auch der Zug am Tage erreichte in dieser Phase seine stärkste Intensität, zeichnete sich jedoch — im Gegensatz zum Nachtzug mit fünf sehr starken Zugabenden — durch seinen vergleichsweise kontinuierlichen Ablauf aus, denn die Minimalaktivitäten lagen häufig bei Stufe 3 und die Maxima gingen nicht über Stufe 4 hinaus (Abb. 6). Ferner ist bemerkenswert, daß am 26. 4. und während 48 Stunden, am 2. und 3. Mai, jedenfalls innerhalb der Beobachtungszeiten, die minimale Frequenz nicht unter Stufe 3 absank.

Nach dem Auslaufen dieser großen Zugbewegung stellte ich in der Zeit vom 8. bis 16. Mai noch zwei kleinere „Wellen“ fest, die offenbar Nachzügler anzeigen. Nach dem ersten Schub vom 10. bis 12. Mai wurde nur noch — nach geringer Zugtätigkeit am 14. — am 15. Mai ein bemerkenswerter Zugtag registriert. Am 16. Mai konnte ich keine Vogelechos auf dem Scope entdecken.

3.2. Mittlerer tageszeitlicher Intensitätsverlauf

Der tageszeitliche Verlauf der Zugaktivität liefert einen weiteren Beitrag zur Untersuchung des Zugablaufs. Natürlich boten die aufeinanderfolgenden Tage von Stunde zu Stunde sehr unterschiedliche Bilder der Zugtätigkeit, doch ergab der Durchschnitt sämtlicher Beobachtungstage (Abb. 7) in der Intensität zwischen 14.00 und 16.00 Uhr ein deutliches Minimum. Der Anstieg setzt bereits deutlich vor dem oft als Bezugspunkt gewählten Sonnenuntergang ein, denn bereits gegen 18.00 Uhr wurde die vormittägliche Stärke wieder erreicht. Von 19.00 bis 22.00 Uhr zeichnete sich das Maximum im mittleren täglichen Zuggeschehen ab. Danach ging die Intensität im Laufe der Nacht wieder langsam zurück, wobei die Werte nach Mitternacht nicht durch regelmäßige Beobachtungen abgesichert sind (unterbrochene Säulen in Abb. 7). Auffallend ist ferner, daß das Zuggeschehen zu keiner Tageszeit im Mittel unter Stufe 2 absank.

3.3. Zugrichtungen

Die Ermittlung der eingehaltenen Zugrichtungen wurde an Hand der Zeitaufnahmen vorgenommen, durch die mitphotographierte Gradeinteilung (Abb. 2—4) konnten sehr genaue Richtungsbestimmungen vorgenommen werden. Die eingeblendete Küstenlinie sowie geogra-

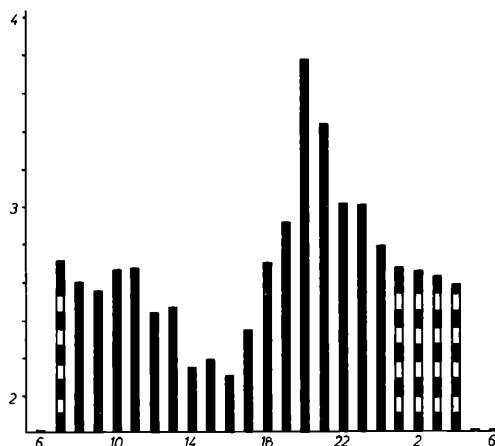


Abb. 7: Mittlerer tageszeitlicher Intensitätsverlauf. Unterbrochene Säulen: Werte nicht durch regelmäßige Beobachtungen abgesichert; vgl. hierzu Text. Ordinate: Intensität; Abszisse: Tageszeit in MEZ.

phische Längen- und Breitengrade erleichterten die räumliche Zuordnung und das Transponieren der Radarbilder auf eine Landkarte. Einzelne Zugwege konnte ich am besten bei geringer bis mittlerer Zugtätigkeit verfolgen. Bei Steigerung der Zugaktivität verwischten sich die Grenzen der einzelnen Zugstrecken aber in zunehmendem Maße, so daß Verbindungen und Übergänge zustande kamen, die sich bei sehr starken Zugfrequenzen als eine über das gesamte Beobachtungsgebiet hinwegführende Breitfront darstellten.

Im Tagesverlauf konnten keine signifikanten Änderungen der eingehaltenen Zugwinkel (gleiche Mittelwerte für Tag- und Nachtzug) festgestellt werden, so daß auf eine getrennte Auswertung des Tag- und Nachtzuges verzichtet wurde. Allerdings muß hierzu einschränkend bemerkt werden, daß das recht häufige Auftreten von starken Zugvorgängen, das sich zudem auf die Abendstunden, also auf die Phase des Nachtzugbeginns konzentrierte (vgl. Abschn. 3.1. und Abb. 6 + 7), ein quantifizierendes Bestimmen der Zugwinkel verhinderte. Denn in solchen Fällen wiesen die zur Richtungsbestimmung angefertigten Zeitaufnahmen ausgedehnte weiße Flächen auf (z.B. Abb. 4), bei denen nur an den Rändern Zugwinkel ausgemessen werden konnten.

3.3.1. Der West-Ost-Zug

Dieser Zug, der gewöhnlich am Spätnachmittag einsetzte und häufig als starker Nachtzug in Erscheinung trat, bestimmte in der ersten Aprilhälfte das Bild wesentlich mit und klang dann bis Ende des Monats aus. Die Hauptmasse der Vögel folgte auf ihrem Flug nach Osten der Küstenlandschaft mit der vorgelagerten Kette der West- und Ostfriesischen Inseln. Ebenfalls in breiter Front überflogen wurden die holländischen Nordprovinzen, Ostfriesland sowie der Jadebusen, die Wesermündung und Butjadingen. Die über diesen Gebieten eingehaltenen Zugwinkel lagen zwischen 70° und 95° mit einer ganz starken Konzentration auf den Bereich von 80° bis 85° (Abb. 8).

Auffallend gestaltete sich der Einflug in den Unterelberaum insofern, als eine Wendung nach Südosten, also dem Stromtal der Elbe folgend, zu beobachten war. In Höhe Cuxhavens konnte eine charakteristische Änderung der bisher innegehaltenen Zugwinkel auf Werte um 110° festgestellt werden, und zwar nicht durch abrupten Kurswechsel sondern, indem die Flugbahnen leichte Bögen beschrieben, die sich dem Lauf der Elbe anpaßten. An einigen Tagen erfolgte dagegen eine Auffächerung der Richtungen im Unterelberaum, als Vögel die Elbe überquerten und nach Schleswig-Holstein hineinflogen unter Einhaltung von Zugwinkeln zwischen 60° und 70° .

Bei starkem Zug beobachtete ich ebenfalls Zuflüge aus den Poldern im SE des IJssel-Sees, die von dort durch das Emsland auf breiter Front nach Niedersachsen hineingezogen und

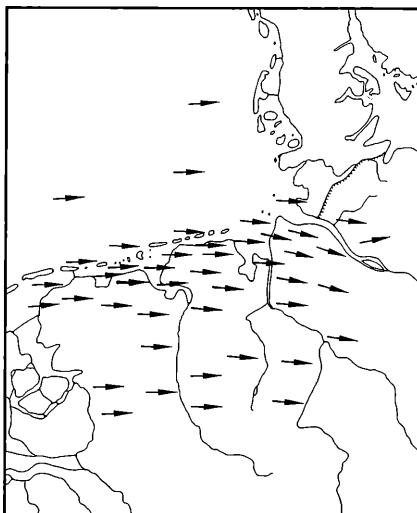


Abb. 8: Der Zug von Westen nach Osten^{*)}). Der vorwiegend nachts ablaufende W-E-Zug erreichte seine höchste Intensität in der ersten Aprilhälfte und klang dann aus. Die Vögel zogen den Flug über das Festland vor und folgten dabei häufig der Küstenlandschaft.

gelegentlich bis in die Lüneburger Heide verfolgt werden konnten (Abb. 8). Diese Strecken wurden geradlinig überflogen, wobei die Zugwinkel zwischen 85° und 95° lagen.

Auffallend an dieser Zugbewegung war der fast ausschließliche Verlauf über Land mit einem charakteristischen Stau im Küstenraum. Zwar flogen bei starkem Zug im Bereich der Inseln zahlreiche Schwärme in NE-Richtung auf See hinaus, schwenkten jedoch nach kurzer Zeit wieder nach E ein. Gegen die offene See hin nahm die Zahl der nach E ziehenden Echos schnell ab, so daß z.B. in Höhe Helgolands nur noch vereinzelt E-Zieher ausgemacht wurden.

Außerdem konnte ein besonderes Zugverhalten beobachtet werden, denn es ließen sich zumeist keine Echos von Holland bis in den Niederelberraum direkt verfolgen. Vielmehr tauchten an zahlreichen Orten im Durchzugsgebiet gleichzeitig neue Echos auf, während andere verschwanden. Dadurch entstand der Eindruck, daß die Verteilung der gesamten, im Gebiet rastenden Populationen sich etwa 100 bis 200 km weiter nach E verlagert hätte. Die Scharen, die an der Unterelbe aus der Radarsichtweite gerieten, wurden durch Zuflug aus den Niederlanden ersetzt.

3.3.2. Der Zug über die Nordsee in Nordostrichtung

Als Bewegung mit der größten Intensität muß der Zug in NE-Richtung genannt werden. Da die so gerichtete Wanderung für diejenigen Zugvögel, die die westlichen Landschaften des Beobachtungsgebietes berühren, eine Überquerung der Nordsee im Bereich der Deutschen Bucht bedeutet, habe ich bei der Auswertung diesen über See führenden Teil von der Wanderung über Land getrennt dargestellt, obwohl stets in Erinnerung bleiben muß, daß es sich um Teile einer einzigen Breitfront handelt.

Hinsichtlich der gewählten Zugrichtungen gestaltete sich die Überquerung der Nordsee sehr uneinheitlich. Die Zugwinkel erstreckten sich von 20° bis 55° . Dabei hielten die wenigsten Echos einen einigermaßen konstanten Kurs. In den meisten Fällen hingegen stellte sich die Wanderung nicht als gerade Linie dar, sondern es wurden große Umwege in Form von Bögen und Schlangenlinien geflogen. Außerdem wechselte die Bevorzugung einzelner Zugwinkelbereiche nicht nur von Tag zu Tag, sondern auch im Tagesverlauf. Dabei waren Änderungen so unregelmäßig, daß sie sich einer mathematischen Erfassung entzogen. Auch auf die Windrichtung erfolgte eine unterschiedliche Reaktion. Insbesondere konnten bei nordöstlichen Winden

^{*)} Die Zeichnung wurde nach Photoserien gefertigt. Die Pfeile weisen in die Zugrichtung und kennzeichnen die am häufigsten überflogenen Gebiete.

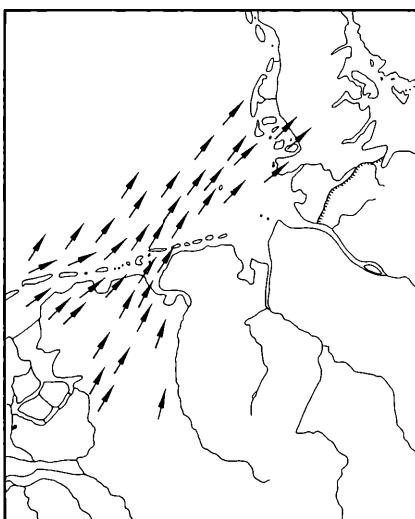


Abb. 9: Der Zug nach Nordosten über die südliche Nordsee^{*)}). Der westliche Teil des im gesamten Beobachtungszeitraum vorherrschenden Breitfrontzuges nach NE führte in einer von Emsmündungsgebiet ausgehenden Verdichtung zahlreiche Vogelscharen über Helgoland.

Echos erkannt werden, die in den Wind hineindrehten, also offensichtlich Gegenwind suchten, während gleichzeitig andere Echos ihren Kurs in NNE-Richtungen bis 20° änderten, was wohl als Verdriftung gedeutet werden kann. Der Übergang vom Festland zur Nordsee war bei vielen Echos mit einem schnellen Wechsel der Flugrichtung über dem unmittelbaren Küstenstreifen verbunden, so daß die Flugwegspuren einen Knick aufwiesen. Dabei betrug die Änderung bis zu 30° und erfolgte mit gleicher Häufigkeit nach links und rechts.

Die Abb. 9 gibt die am regelmäßigsten aufgetretenen Verhältnisse wieder. Eine darüber hinausgehende statistische Behandlung der Zugwinkel erscheint nicht angebracht, da man das stark wechselnde Artenspektrum mit berücksichtigen muß.

Die Vögel, die ihren Weg über die Nordsee nahmen, tauchten an Tagen mit mittlerer Intensität über den nordholländischen Provinzen Groningen, Friesland und Drente auf dem Radarschirm auf und setzten bevorzugt im Bereich der Emsmündung zum Flug über die Deutsche Bucht an (Abb. 9). Sie überquerten die Inselkette meist zwischen Schiermonnikoog und Juist und nahmen dann unter Ausführung eines leichten Bogens nach E Kurs auf Helgoland. Von dort wurden sowohl die Halbinsel Eiderstedt als auch die Nordfriesischen Inseln angesteuert.

Bei Steigerung der Intensität erfaßte ich auch über den Poldern im SE des IJsselmeeres zahlreiche Echos mit NE-Richtung, die ebenfalls im Bereich des Emsmündungsgebietes zum Flug über die Nordsee starteten. Bei zunehmender Frequenz begannen einzelne Verbände schon über der Insel Terschelling den Küstensaum zu verlassen, was an sehr starken Zugtagen zu einem Breitfrontzug über die gesamte, radarmäßig einsehbare Nordsee führte.

3.3.3. Der Breitfrontzug nach Nordosten über Land

Der vorstehend beschriebene Zug über die Nordsee findet im E seine Fortsetzung in dem über Land verlaufenden Teil des allgemein vorherrschenden NE-Zuges. Trennungsgebiet zwischen beiden Teilbewegungen ist Ostfriesland insofern, als dort nur einzelne der von SW her anliegenden Schwärme Anschluß an die über dem Emsmündungsgebiet zum Flug über die Nordsee startenden Zugverbände suchen. Von Juist und Norderney, seltener noch von Baltrum aus fliegen sie in fast nördlicher Richtung auf See hinaus. Durch die auf diese Weise entstehende Verdichtung des Zuges entlang der ostfriesischen Küste blieb die Helgoländer

^{*)} Vgl. Fußnote zu Abb. 8.

Bucht ohne starken Vogelzug. Die Masse der küstennah ziehenden Vögel drehte erst im Gebiet der Jade und Wesermündung nach NE ab und steuerte die schleswig-holsteinische Westküste an.

Die Vögel flogen hauptsächlich von SW her in das Beobachtungsgebiet ein, und zwar bevorzugt vom Niederrhein her, von wo aus der Zug in breiter Front nach NE durch Niedersachsen verlief. Weniger Echos kamen im S in meine Radar-Reichweite. Sie wandten sich von den Ausläufern des Teutoburger Waldes der Unterweser zu, deren Lauf sie meist folgten. Von dort zogen sie weiter in die südwestlichen Landesteile Schleswig-Holsteins. Bei stärkerer Zugintensität ließ sich besonders deutlich ein vermehrter Einfluß vom Weserbergland her feststellen, und zwar, indem zahlreiche Schwärme dem Weserverlauf folgten und sich dann dem Unterelbauraum zuwandten (Abb. 10).

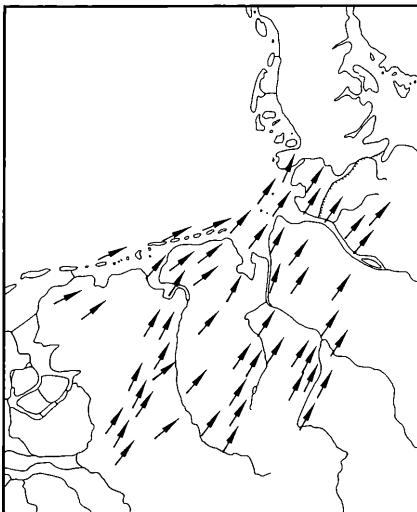


Abb. 10: Der über das Festland führende Breitfrontzug nach Nordosten*). Der über Land verlaufende Teil, der sich durch seine Gleichförmigkeit in der Intensität auszeichnete, führte mehr Vögel durch das Beobachtungsgebiet als der in Abb. 9 dargestellte Teil des vorherrschenden Breitfrontzuges nach NE.

Dieser Teil des Zuggeschehens zeichnete sich durch die größte Gleichförmigkeit aus. Die Abgrenzung mehrerer Zugperioden auf Grund unterschiedlicher Intensität lässt sich bei diesem Zugteil am wenigsten verdeutlichen. Das röhrt wohl daher, daß sich ungünstige meteorologische Einflüsse wie z. B. Wind über der Nordsee und im Küstenbereich stärker auswirken als im Binnenland. Insgesamt gesehen war der Anteil der über Land ziehenden Vögel größer als der den „Seeweg“ bevorzugenden Schwärme.

Die eingehaltenen Zugrichtungen entsprachen in der Bandbreite der gemessenen Zugwinkel dem über die Nordsee führenden Teil dieser Breitfront. Doch wurden die verschiedenen Richtungen hier über längere Strecken beibehalten. Dafür ist wohl die hier mögliche Orientierung nach Landmarken verantwortlich.

3.3.4. Der Bandzug³⁾ nach Norden

Eine weitere Abweichung von der allgemein verbreiteten NE-Zugrichtung betrifft einen Zug nach Norden mit einer bisher nicht beschriebenen Zugform, die zwar das räumliche Erscheinungsbild eines Schmalfrontzuges zeigt, von diesem jedoch streng zu unterscheiden ist,

*) Vgl. Fußnote zu Abb. 8.

³⁾ Die Benennung dieser Zugform erfolgt auf Vorschlag von Herrn Prof. Dr. E. SCHÜZ, Ludwigsburg (briefl.), dem ich für seine wertvollen Hinweise zu diesem Problem herzlich danke.

schon deshalb, weil sie nicht durch eine einzelne Art verursacht wird (Abb. 11). Die Vögel zogen, von S kommend, durch Ostholland auf einer engen Schneise direkt nach N und starteten ohne Richtungsänderung zu einem Flug über die Nordsee. Von diesem Kurs ließen sich die Vögel nicht abbringen, indem sie sich etwa anders gerichteten Zugbewegungen anschlossen. So konnte ich über NE-Holland beobachten, daß sich die Echos regelrecht kreuzten, ohne daß die „Nordzieher“ sich der durchweg mächtigeren NE-Bewegung annäherten. Auch spielte die Emsmündung als bevorzugtes Abflugsgebiet für den Zug über die Nordsee keine Rolle.

Der Einflug erfolgte hauptsächlich aus der niederrheinischen Tiefebene. Außerdem tauchten bei Zunahme der Intensität zusätzlich Echos von der Porta westfalica ausgehend auf, die einen zweiten Zugstrom bildeten, indem sie dem Weserverlauf folgten und dann entlang der schleswig-holsteinischen Westküste nach N zogen. Dagegen beobachtete ich im Verlauf der Ems keine nach N gerichteten Echos.

Die Zugwinkel schwankten auf beiden Zugstrecken durchweg zwischen 356° und 7° . Nur gelegentlich auftretende Abweichungen streuten beim westlichen Zugstrom bis 12° nach rechts und beim östlichen Zugweg bis 350° , also nach links.

Dieser Bandzug zeigte eine auffallende Konzentration im letzten Teil des Untersuchungszeitraumes. Die Echos erschienen in geringer Zahl erstmals am 21. April im Verlaufe des Nachtzuges. Sie waren auch an den beiden folgenden Tagen zu erkennen. Danach beobachtete ich diese „Bandzug-Echos“ erst wieder ab 2. Mai, nun aber in wesentlich größerer Dichte. Anschließend tauchten die Echos an der Hälfte aller Beobachtungstage auf. Die stärkste Intensität wurde am 10. und 11. Mai erreicht.

Die über der Nordsee eingehaltene Richtung würde die Vögel zur Südspitze Norwegens führen. Auf das westskandinavische Zielgebiet deutet auch die Tatsache hin, daß die Überquerung der Nordsee als ökologische Barriere (BERTHOLD 1971) vorwiegend im Verlaufe des Nachtzuges erfolgte.

Zur Entstehung der beiden Zugströme kann, solange keine weiteren Untersuchungen vorliegen, wohl angenommen werden, daß die Vögel beim Zug über die Deutschen Mittelgebirge den Flußläufen von Rhein und Weser folgen. Nach Erreichen der Norddeutschen Tiefebene wird die bisherige Richtung ohne zwingende Bindung an Landschaftselemente so streng beibehalten, daß ein Übergang zur Breitfront nicht sichtbar wird.

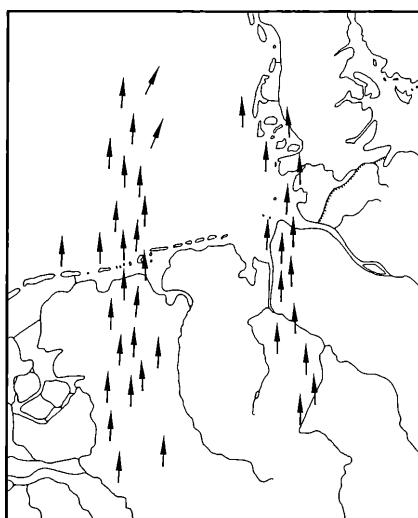


Abb. 11: Der Bandzug nach Norden*). Der erst in der dritten Aprildekade einsetzende und bis zum Ende der Beobachtungszeit andauernde, auf zwei schmalen Schneisen direkt nach N gerichtete Zug lief überwiegend nachts ab.

*) Vgl. Fußnote zu Abb. 8.

3.4. Beobachtungen zum Zug zwischen England und Skandinavien

Im NW des Erfassungsbereiches entdeckte ich über der offenen Nordsee Echos von Vögeln, die wahrscheinlich in England gestartet waren, denn die innerhalb meiner Radar-Reichweite eingehaltene Richtung ließ keine andere Deutung zu. Außerdem ergeben sich gute Übereinstimmungen mit den mehrjährigen Radaruntersuchungen des Zuges über SE-England (LACK 1959, 1960, 1963; LACK & EASTWOOD 1962; EASTWOOD 1967; TEDD & LACK 1958). So tauchten die Echos in den allermeisten Fällen in den Vormittagsstunden auf, was bedeutet, daß die Vögel die südostenglische Küste zur Zeit des Maximums der dort für den Frühjahrszug gefundenen Intensitätskurve, also etwa zwischen 20.00 und 22.00 Uhr verlassen haben. Unter Berücksichtigung der von TEDD & LACK (1958) als bevorzugte Geschwindigkeiten ermittelten Werte zwischen 20—29 Knoten ist die in der Nacht zurückgelegte Strecke als normal zu bezeichnen. Der Zug verläuft von SE-England ausgehend als Breitfrontzug über die Nordsee. Natürlich konnte ich nur die am weitesten südlich fliegenden Verbände registrieren (Abb. 12).

Die meisten der georteten Echos verließen vor Erreichen des Festlandes meinen Erfassungsbereich wieder, der eingehaltenen Flugrichtung zufolge steuerten sie auf die jütlandische Küste zu. Einen geringeren Teil der Echos konnte ich weiter südlich verfolgen, bis die Nordfriesischen Inseln erreicht oder gelegentlich über Helgoland die Halbinsel Eiderstedt angeflogen wurde. Die Echos tauchten nur dann auf, wenn im Beobachtungsgebiet eine starke Zugperiode zu verzeichnen war, wie in der Zeit vom 3. bis 10. April und vom 26. 4. bis 3. 5. 1971.

Eine Abgrenzung gegen den weiter oben beschriebenen W-E-Zug ist gegeben durch die unterschiedlichen Zugrichtungen, die verschiedene Tagesperiodik beider Bewegungen und durch räumliche Isolierung, da der W-E-Zug fast ausschließlich über Land und die vorgelagerten Inseln verlief, jedoch zur offenen See hin sehr schnell abnahm.



Abb. 12: Beobachtungen zum Zug zwischen England und Skandinavien^{*)}). Der südlichste Teil des von SE-England ausgehenden Breitfrontzuges nach Skandinavien konnte im NW des Beobachtungsgebietes registriert werden. Die überwiegend in den Vormittagsstunden auftauchenden Echos ließen sich nur während der starken Zugperioden in der ersten Aprilhälfte und gegen Ende April/Anfang Mai verfolgen.

4. Zusammenfassung

An einem 23-cm-Radargerät in Ostfriesland wurde in der Zeit vom 2. 4. bis 15. 5. 1971 der Hauptteil des Frühjahrszuges über NW-Deutschland und die südliche Nordsee (Abb. 1) untersucht. Im Laufe des Beobachtungszeitraumes variierte die Zugintensität, die aus gerätebedingten Gründen nach einer neuen Skala (Abb. 2—4) ermittelt wurde, in der Weise, daß drei Phasen unterschieden werden konnten.

^{*)} Vgl. Fußnote zu Abb. 8.

Zunächst herrschte während der ersten Aprilhälfte starker Zug, anschließend ging die Zugaktivität in auffälliger Weise zurück, bis dann Ende April das stärkste Zuggeschehen einsetzte und bis Anfang Mai andauerte (Abb. 5). In allen Perioden überwog der Nachtzug in mehr oder weniger starkem Maße (Abb. 6), nicht zuletzt deshalb, weil die sehr starken Zugbewegungen fast ausnahmslos nachts abließen.

Die Untersuchung des mittleren tageszeitlichen Intensitätsverlaufes ergab ein tägliches Zugmaximum für die Stunden von 19.00 bis 22.00 Uhr, während zwischen 14.00 und 16.00 Uhr im Durchschnitt die geringste Zugaktivität registriert wurde (Abb. 7).

Im Beobachtungsgebiet herrschte ein Breitfrontzug nach NE vor (Abb. 9, 10), der in seinem über die Nordsee führenden Teil eine vom Emsmündungsgebiet ausgehende Verdichtung aufwies. Außerdem ließ sich in der ersten Aprilhälfte ein lebhafter W-E-Zug beobachten, der nachts dominierte und sich vorwiegend im Küstenbereich konzentrierte (Abb. 8). In der zweiten Hälfte des Beobachtungszeitraumes setzte Bandzug als eine auf zwei schmalen Fronten verlaufende, direkt nach N gerichtete Wanderbewegung ein (Abb. 11). Schließlich konnte im NW des Erfassungsbereichs über der offenen Nordsee ein Teil des Zuges zwischen England und Skandinavien registriert werden (Abb. 12).

5. Summary

Spring migration over NW-Germany and the southern North Sea during April and May 1971, studied by radar.

From April 2nd to May 16th, 1971 the main part of the spring migration over NW-Germany and the southern North Sea was observed by means of a 23 cm-radar equipment in East-Frisia (fig. 1). During the period of observation the intensity of migration, found out with the help of a new density scale (fig. 2—4) according to the type of radar, varied in such a manner that three phases could be distinguished.

At first there was a heavy migration during the first part of April, then the activity of migratory birds noticeably decreased until, late in April the heaviest migration began. This lasted to the first days of May (fig. 5). During all phases night migration dominated more or less, not least because of the fact that the heaviest activities took place almost without exception at night (fig. 6).

The hourly recording of migration in the daytime demonstrated an average migration maximum during the hours from 7 to 10 o'clock p. m., whereas between 2 and 4 o'clock p. m. the weakest activities were registered (fig. 7).

In the area of observation a NE directed migration on broad front dominated (fig. 9, 10) that showed a significant concentration over the North Sea part starting from the region of the Ems estuary. Besides that a distinct W to E migration that dominated at night and was concentrated mainly in the coastal area could be made out during the first part of April (fig. 8). In the second part of observation „Bandzug“ began as a migration movement that was directed straight north, taking on the form of two narrower flyways (fig. 11). Finally in the NW part of the observation area over the open North Sea a part of the migration between England and Scandinavia could be recorded (fig. 12).

6. Literatur

- Berthold, P. (1971): Physiologie des Vogelzugs; in: E. Schüz: Grundriß der Vogelzugskunde, 2. Aufl. Paul Parey, Berlin u. Hamburg, S. 257—298. • Drost, R., & E. Bock (1931): Über den Vogelzug im Nordseegebiet nach den Ergebnissen des Internationalen Beobachternetzes im Herbst 1930. I. Mitteilung: Vogelzug 2: 13—19. • Dies. (1931): Über den Vogelzug im Nordseegebiet nach den Ergebnissen des Internationalen Beobachternetzes im Herbst 1930. II. Mitteilung: Der Vogelzug 2: 71—85. • Eastwood, E. (1967): Radar Ornithology. Methuen & Co. Ltd., London. • Goethe, F. (1970): Märzaspekt des Vogellebens in der südlichen Nordsee. Ber. Dt. Wiss. Komm. Meeresforsch. 21: 430—443. • Lack, D. (1959): Migration across the North Sea studied by radar. Part I. Survey through the year. Ibis 101: 209—234. • Ders. (1960): Migration across the North Sea studied by radar. Part II. The spring departure. Ibis 102: 26—57. • Ders. (1963): Migration across the southern North Sea studied by radar. Part V. Movements in August, winter and spring, and Conclusion. Ibis 105: 461—492. • Lack, D., & E. Eastwood (1962): Radar films of migration over eastern England. Brit. Birds 55: 388—414. • Schüz, E. (1971): Grundriß der Vogelzugskunde. 2. Aufl. Paul Parey, Berlin und Hamburg. • Sutter, E. (1957): Radar als Hilfsmittel der Vogelzugsforschung. Orn. Beob. 54: 70—96. • Tedd, J. G., & D. Lack (1958): The detection of bird migration by high power radar. Proc. Roy. Soc. B. 149: 503—510.

Anschrift des Verfassers: J. Jellmann, Otterhaken 5, D—2102 Hamburg 93.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Vogelwarte - Zeitschrift für Vogelkunde](#)

Jahr/Year: 1977

Band/Volume: [29_1977](#)

Autor(en)/Author(s): Jellmann Jürgen

Artikel/Article: [Radarbeobachtungen zum Frühjahrszug über Nordwestdeutschland und die südliche Nordsee im April und Mai 1971](#)
[135-149](#)