

Vogelzug im Berliner Raum 1978-1981 und 1995-1997, erfaßt mit dem Überwachungsradar des Flughafens Berlin-Tegel

(A study of bird migration across the Berlin area by ASR Berlin-Tegel)

von HANS-JÜRGEN STORK, Berlin *)

Zusammenfassung: Der Vogelzug im Berliner Raum konnte von 1978 bis 1981 und von 1995 bis 1997 mit Hilfe des ASR Berlin-Tegel erfaßt und im Zeitdehner-Film bzw. mit Video-Computer aufgezeichnet und gespeichert werden. Langzeitaufnahmen von 3 - 5 Minuten erlauben zu allen Jahreszeiten eine Einschätzung der Stärke, der Geschwindigkeiten und der Richtungsverteilungen des Vogelzuges in einem Umkreis von 20 Nautischen Meilen, damit erstmalig einen Einblick in das Vogelzuggeschehen im Bereich der mitteleuropäischen Zugscheiden und in einen Ausschnitt des Breitfrontzuges im norddeutschen Tiefland.

Neben dem typischen Frühjahrs- und Herbstzug konnten Zwischenzug in Sommermonaten, Winterfluchten von Rastvögeln, Einflüge und Aufbrüche sowie regionale Flugbewegungen von Wintergästen erfaßt werden. Im Sommer und Herbst sind Vogelzüge überwiegend nach W, SW, S und SO gerichtet, im Frühjahr erfolgt der Heimzug entsprechend nach NW, N, NO und O. Bevorzugte Zugrichtungen wechseln regelmäßig und stehen in Zusammenhang mit wechselnden günstigen Schiebe- und Seitenwinden. Der Nachtzug ist deutlich stärker ausgeprägt als der Tagzug: Schwerpunkte des tageszeitlichen Zuggeschehens liegen jeweils in der ersten Nacht- bzw. Tageshälfte. Eine Zuordnung der erfaßten Radarechos zu ziehenden Vogelarten bzw. -gruppen ist z.T. mit Hilfe der langjährigen feldornithologischen Erhebungen zur Zugphänologie, aus der Zugrichtung und aus der Zuggeschwindigkeit ableitbar. - Für eine zukünftige Radarüberwachung des Vogelzuges in Ostdeutschland bietet sich die Nutzung der neuen Flugsicherungstechnik auf dem Teufelsberg in Berlin an.

Summary: Bird migration in the Berlin area was studied by Airport Surveillance Radar (ASR), stationed at Berlin-Tegel, from 1978 to 1981 and from 1995 to 1997 and recorded by time-exposure photographs, films (exposure time 3-5 minutes) and vi-

deos. PC-recordings allow at any season an assessment of the intensity, the speeds and the direction of bird migration within a range of 20 nautical miles, in such a way for the first time providing an insight into the bird migration in the central European dividing line and from a part of broad front migration over the Northern German Lowlands.

In addition to the typical spring-time and autumnal migration the short-scale summer or the regional flights of wintering birds, were recorded. In summer and autumn, bird migration is directed mainly towards W, SW, S and SE; in spring-time the migration to the breeding grounds correspondingly is towards NW, N, NE and E. Preferred directions of migration change regularly and are apparently tail and cross winds. Nocturnal migration is significant more pronounced than the migration at daylight hours, with the concentration of activities occurring at early night-time, or early day-time, respectively. A relation of the recorded radar echoes to migrating bird species or bird classes can partly be derived from the long-term field - ornithological surveys of migration phenology, from the direction and speed of migration. - For a future radar surveillance of bird migration in eastern Germany the operation of the new Berlin (-Tegel) Air Traffic Control equipment stationed on the (nearby) Teufelsberg is recommended.

1. Einleitung

Der Vogelzug in Ostdeutschland wurde bisher ausschließlich durch Freilandbeobachtung ziehender und rastender Vögel und durch die von den Vogelwarten Hiddensee und Radolfzell koordinierten Beringungsexperimente untersucht. Der Einsatz von Radargeräten für Vogelzugbeobachtungen war durch die politischen Verhältnisse sowohl in Berlin als auch in der ehemaligen DDR kaum möglich. Ab 1978 konnten jedoch erstmals am ASR Berlin-Tegel Vogelzug und regionale Vogelbewegungen erfaßt werden. Durch die zentrale Lage des Radarbeobachtungspunktes in Ostdeutschland und auch im Bereich der mitteleuropäischen Zugscheiden waren damit wichtige Ergänzungen zu den im westlichen Mitteleuropa erreichten Untersuchungsergebnissen (BAUMGARTNER/BRUDERER, 1985; BRUDERER, 1975/1977; CLEMENS, 1978) zu erwarten. Wegen der im Berliner Raum weniger stark wirksamen topographischen Einflüsse auf das Zuggeschehen sollten sich hier gute Einblicke in den freien Breitfrontzug erwarten lassen.

Die von 1978 bis 1981 durchgeführten Untersuchungen verfolgten das Ziel, rund um das Jahr alle im Raum Berlin auftretenden Vogelbewegungen auf Film zu dokumentieren und in kleineren Analyseschritten unter dem Aspekt der Richtungsverteilung, der jeweiligen Zugstärke, der Höhenverteilung, der Beeinflussung durch den Wech-

sel der Witterung (v.a. des Windes, der Wintereinbrüche), der tageszeitlichen Aufbruchsphänomene und der Zugphänologie der Vogelarten zu publizieren. Dies konnte für die Erfassung regionaler Vogelbewegungen v. a. von Berliner Wintergästen auch erreicht werden (STORK, 1986/1989). Die Berichterstattung über die in wenigen Examensarbeiten niedergelegten Radaranalysen des Vogelzuges (FISCHER-NAGEL, 1982; LATZEL, 1990) verzögerte sich und soll mit diesem Aufsatz in einer ersten Übersicht und mit detaillierteren Berichten an den DAVVL (STORK, 1997/1998) eingeleitet werden.

Die von Mitte 1995 bis Mitte 1997 im Auftrag des DAVVL durchgeführte Video-Aufzeichnung mit Computerspeicherung diente der Überprüfung der Einsatzmöglichkeit dieser Technik an dem schon recht betagten ASR Berlin-Tegel und auch der Gewinnung von Vogelzugdaten aus dem Luftraum über Berlin für aktuelle Beurteilungen und für Vergleiche mit den 15 Jahre älteren Erkenntnissen. Sie sollen auch der Vorbereitung regelmäßiger Überwachungen des Vogelzuges in Ostdeutschland mit Radargeräten der deutschen Flugsicherung dienen.

2. Arbeitsmethoden

Möglichkeiten und Grenzen des Einsatzes von ASR für die Vogelzugbeobachtungen sind weitestgehend bekannt (AWGeophys, 1978; BRUDERER, 1997). Daher seien nur kurz die technischen Daten des Berliner Radargeräts vorgestellt:

Typ:	<i>ASR Thomson 701/711 L</i>
Standort:	<i>Berlin-Tegel, nördlicher Rand des Flugfeldes</i>
Antennenhöhe:	<i>64 m über NN, 32 m über Grund</i>
Antennenumdrehung:	<i>9 pro Minute</i>
Wellenlänge:	<i>23 cm</i>
Polarisierung:	<i>meist linear, gelegentlich zirkular</i>
Anstellwinkel der Hauptkeule:	<i>2,5 °</i>
Vertikaler Öffnungswinkel:	<i>80 °</i>
Nebenkeulen:	<i>vorhanden</i>
Impulsfrequenz:	<i>550 HZ</i>
Impulslänge:	<i>1,8 µ s</i>
Impulsenergie:	<i>450 - 500 Watt</i>
Sender 1 und Sender 2:	<i>um 3µ s versetzt und synchronisiert</i>
Erfassungsbereiche:	<i>10 NM bis 120 NM (7,3 bis 146 km)</i> <i>10 o. 20 NM genutzt</i>
Leerbereich theoretisch:	<i>540 m</i>

Sichtgerät (PPI):

*Durchmesser : 30 cm
- mit Kompaßkreuz und Entfernungsringen
(5 NM minimal, mit MTI und elektronischer Unterdrückung der zahlreichen Bodenfestzeichen im Umkreis bis zu 20 NM*

Die Radarschatten der südlichen Höhenzüge des Teltow bzw. der Hochhäuser der Innenstadt bzw. der Stadtrandsiedlungen sind für die Erfassung des Vogelzuges ohne größere Bedeutung. Die Intensität der Echozeichen litt mehr unter der elektronischen Festzeichenunterdrückung und unter der Umschaltung der Polarisierung von linear auf zirkular bei Schlechtwetterlagen.

Die Radarbilder wurden mit einer Filmkamera (BOLEX 16 mm) auf Agfa Gevapan 36 (SW 24 DIN) aufgezeichnet. Eine mechanische Auslösevorrichtung mit Impulsgeber ermöglichte eine Langzeitbelichtung der Einzelbilder von drei oder fünf Minuten in ununterbrochener Reihenfolge. Die Videoaufzeichnung auf PC (1995-97) erfolgte mit Hilfe der vom DAVVL bereitgestellten Ausrüstung und Programme - meist mit Langzeitaufnahmen (fünf Minuten pro Bild) mit Pausen von sieben Minuten.

Für die Auswertung der Radarfilmbilder wurde ein Einzelbildprojektor eingesetzt und Zugstärke und Richtungsverteilung erfaßt. Bezugsfläche für die Zugdichte-Bestimmung in sechsteiliger Abstufung war eine Fläche von ca. 65 qkm, die jeweils mit Schablone aus dem vogelzugträchtigen Teil des Radarbildes ausgesucht wurde. Aus den pro Stunde ermittelten Zugdichten wurde zur Abschätzung der durchschnittlichen Zugstärke für vier Tagesabschnitte und für acht Kompaßsektoren folgende Skala eingesetzt:

Zugstärke 0:	kein Zug erfaßt
Zugstärke 1:	< 5 Vogeleos
Zugstärke 2:	5 - 10 Vogeleos
Zugstärke 3:	10 - 20 Vogeleos
Zugstärke 4:	20 - 50 Vogeleos
Zugstärke 5:	> 50 Vogeleos.

Der ungleichmäßige Wechsel der Zugstärke innerhalb eines Tagesabschnittes muß diese Abschätzung zwangsläufig vergrößern. Das abzuleitende vorläufige Ergebnis läßt sich jedoch in aussagekräftigen Diagrammen für die Monate IX-1979 bis X-1980 (exemplarisch ausgewählt für III-1980, IV-1980, X-1980 und X-1996) und schließlich auch in aufsummierenden Zusammenfassungen für jeden Monat darstellen. Die Auswertung der gesammelten Radardaten wurde bereits 1980 durch A. FISCHER-NAGEL (1980/81) begonnen.

3. Ergebnisse

Die über zwei Jahre (von September 1978 bis März 1981) durchgeführten Untersuchungen machen deutlich, daß im ostdeutschen Raum in jedem Monat Vogelbewegungen mit Radar erfaßt werden können. Sie lassen sich weitestgehend in die Grundphänomene des Vogelzuges - Frühjahrs- und Herbstzug (meist Breitfront), Frühwegzug/Zwischenzug, Überwinterung im Beobachtungsraum, Nahrungsflüge, Schlafplatzflüge, Winterflucht, Aufbruch von Überwinterungs- oder Rastplätzen - , aber auch in Flugaktivitäten während und nach der Brutzeit einordnen.

Die vorliegende Vogelzug-Analyse befaßt sich mit dem Zeitraum von September 1979 bis Oktober 1980 und wird ergänzt durch stichprobenweise durchgeführte Überprüfungen aus den Video-Aufzeichnungen aus dem Zeitraum Juli 1995 bis Juli 1997. Der für den ostdeutschen Raum typische Herbstzug kann am Monat Oktober 1980 und unter Einbeziehung des Oktober 1996 dargestellt werden. Im November und Dezember lassen sich Winterfluchten nachweisen. Von Oktober bis März treten die regionalen Vogelbewegungen der Überwinterer in den Vordergrund, bevor ab Ende Februar der Aufbruch in die Brutgebiete einsetzt und der Frühjahrszug über den Raum Berlin erfaßt werden kann. Nur der Monat Mai ist fast ohne Zugbewegungen, während im Juni bereits Zwischenzug und ab Juli dann Wegzug in die Winterquartiere auftritt.

Der Jahresüberblick wird in summarischen Zusammenfassungen der Vogelzugescheinungen der einzelnen Monate und ihrer tageszeitlichen Verteilungen vorgestellt. Exemplarisch für den Frühjahrszug, den Zwischenzug im Sommer und den Herbstzug sind detailliertere Analysen der Monate März 1980, Juni 1980 und Oktober 1980 bzw. 1996 zu beschreiben.

Die jahreszeitlich unterschiedlich auftretenden Lücken in der radaromithologischen Datenerfassung müssen jedoch keineswegs auf fehlenden Vogelzug oder fehlende regionale Vogelbewegungen zurückgeführt werden. Grenzen der Beobachtbarkeit mit Radar ergeben sich aus den Echofähigkeiten der Vogelkörper oder ihrer Ansammlungen. Weniger dichter Kleinvogelzug oder einzeln fliegende mittelgroße Vögel sind gleichermaßen nicht darstellbar wie auch Vogelflüge dicht über Grund, im Bereich von Radarschatten oder unter dem Einfluß der Festzeichenunterdrückung. Die Bedeutung der besonderen Lage des Flughafens Berlin-Tegel und seines ASR ist dabei nach der politischen Wende und den damit verbundenen organisatorischen Zuständigkeiten besonders zu bewerten. Kurzfristige technische Ausfälle des Radargerätes oder der Registriereinheit und damit Datenausfall sind zu beachten.

Für die graphische Darstellung der Zugstärken und ihrer tageszeitlichen Verteilung werden die in Abb. 1 dargestellten Symbole verwendet. Die Richtungsverteilung umfaßt jeweils die Zughbewegungen in den 45°-Sektoren um die Haupthimmelsrichtungen N, NW, W, SW, S, SO, O und NO.

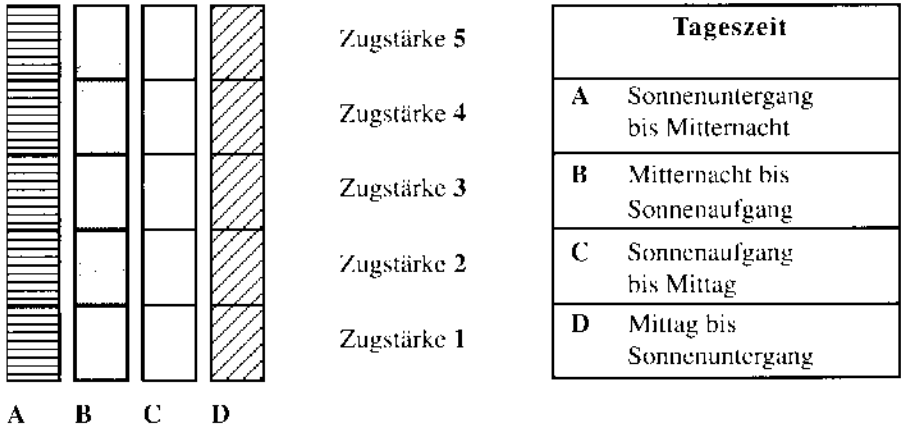


Abb. 1 : Symbole der Zugstärken und Tageszeiträume in den Richtungsverteilungen der ausgewählten Monate

3.1 Frühjahrzug - Heimzug

Der Frühjahrzug spielt sich hauptsächlich in den Monaten März (Abb. 2) und April ab, aber bereits Ende Februar können erste Heimzug-Echos auf dem Radarschirm erscheinen, wie sich auch das Ende des Winters im Freiland mit dem ersten Auftreten von Feldlerchen oder dem ersten Überfliegen von Kranichen ankündigt.

Während im Januar noch Flüge in alle Himmelsrichtungen registriert werden - manchmal noch mit winterfluchtartigen Erscheinungen nach SW - , treten in der Summengraphik vom Februar erste Ost-Tendenzen auf (Abb. 3).

Im März herrscht der Heimzug nach Osten und Nordosten mit hohen Monatssummen vor. Zwischenzeitlich können über viele Tage hinweg auch schwächere Rückflüge in nördliche und nordwestliche Brutgebiete festgestellt werden. Im April verschiebt sich der Schwerpunkt der Zugaktivitäten nach Nordosten. In beiden Zugmonaten ist ein wiederholter Wechsel in den vorherrschenden Zugrichtungen angezeigt, für den sich ein jeweiliger Wechsel der Hauptwindrichtung mitverantwortlich machen läßt. Kleinvogel-Zug ist in einigen Nächten v. a. im Übergang zum Monat Mai festzustellen.

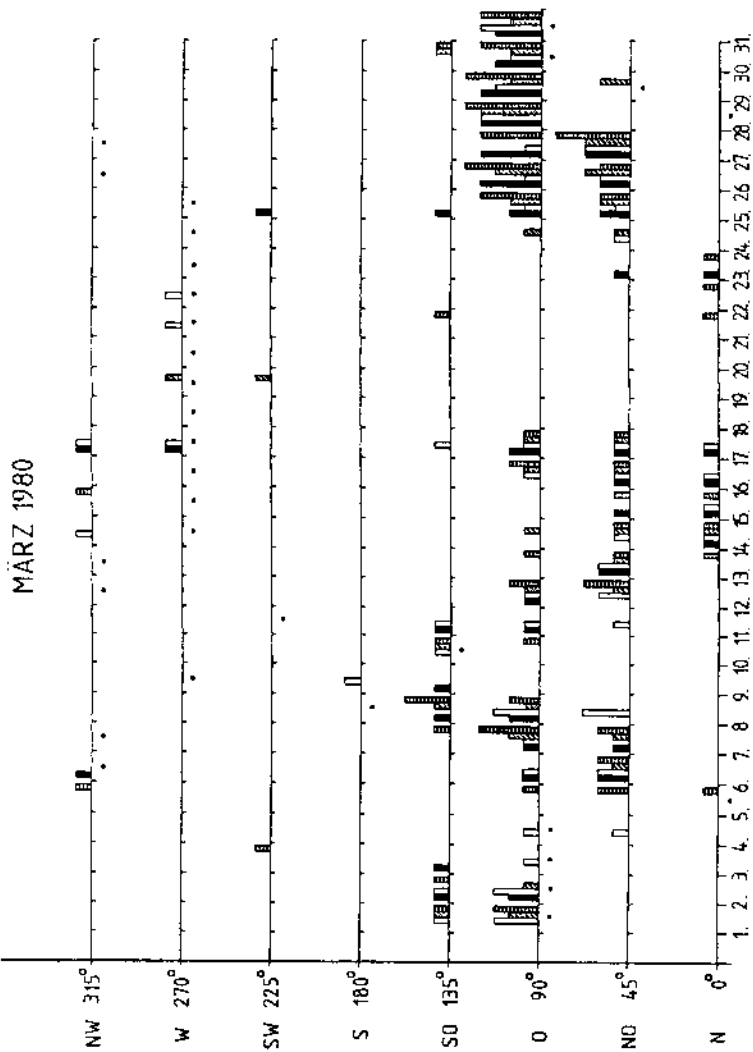


Abb. 2 : Richtungsverteilung und Zugstärke des im März 1980 mit Radar erfaßten Vogelzuges über Berlin - getrennt nach Tageszeiten.

Punkte unter den Richtungslinien geben die Richtung an, in die der Bodenwind wehte.

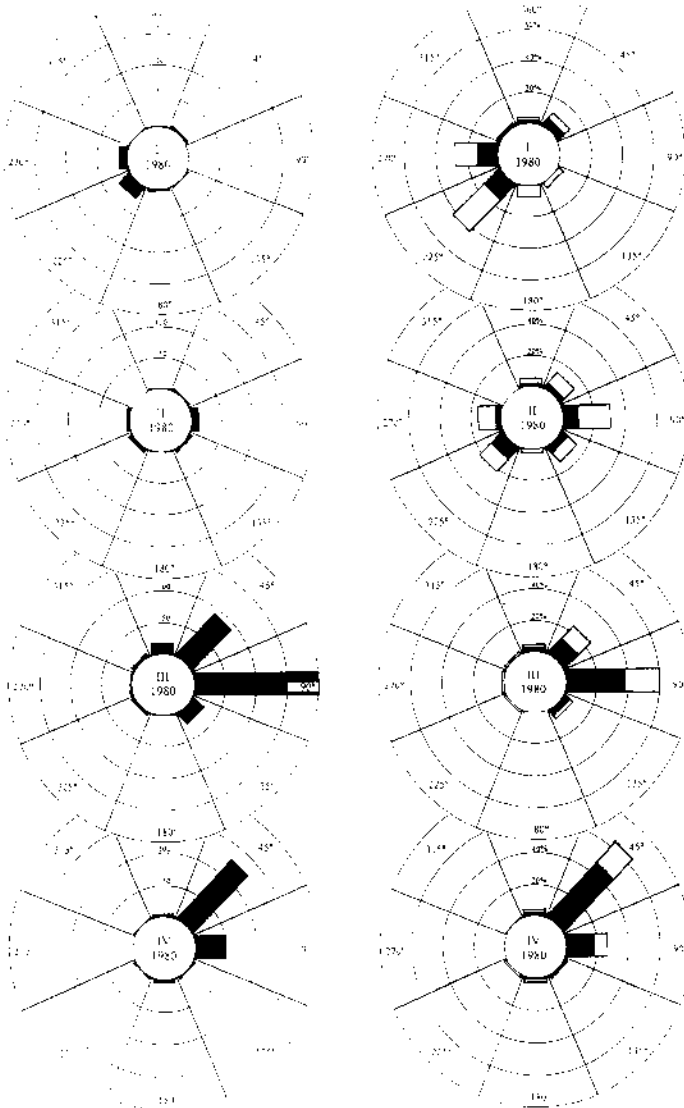


Abb. 3: Linke Seite: Summe der Zugstärken pro Richtungssektor in den Monaten Januar bis April 1980.
 Rechte Seite: Prozentualer Anteil der Zugstärke pro Richtungssektor an der Zugstärkesumme des Monats.
 hell: Tagzug; dunkel: Nachtzug.

Laut Berliner Beobachtungsdatei (1976 - 1989) der Ornithologischen Arbeitsgruppe für Berlin (West) (OAG Berlin, 1992) werden folgende Vogelarten im März über Berlin beim Heimzug beobachtet:

Haubentaucher	O	Ohren-, Heide-, Feldlerche	NO
Kormoran	O	Bach-, Gebirgsstelze	NW
Singschwan	O	Rotkehlchen	NO
Bläß-, Saat-, Graugans	O, NO	Amsel	NO
Schnatter-, Spieß-, Krickente	O	Rotdrossel	NW
Tafel-, Moor-, Reiherente	O	Sing -, Misteldrossel	NO
Berg-, Schellente	O	Saatkrähe, Dohle	O
Gänsesäger	O	Buch-, Bergfink	O
Kranich	NO	Rohrhammer	NO
Kiebitz	O		
Goldregenpfeifer	NO	Mäusebussard	NO
Hohltaube	NO	Rotmilan	NO

3.2 Zwischenzug - Frühwegzug

Eine Reihe von Vogelarten zeigt gleich nach der Brutzeit ein ausgeprägtes Wanderverhalten. Auch Nichtbrüter können daran beteiligt sein. Dieses Phänomen wird als Zwischenzug, Fröhsommer- oder auch Frühwegzug bezeichnet (BERTHOLD, 1990). Hauptgrund für den Zwischenzug dürfte im Aufsuchen günstiger Nahrungsflächen liegen. An Zwischenzielen wird meist auch gemauert.

Die mit Radar erfaßten Flugaktivitäten zeigen diesen Zwischenzug ebenfalls in den Sommermonaten. Allerdings ist davon im Brutmonat Mai noch nichts festzustellen. Eher noch klingt der Heimzug nach NO und N aus. Erst Anfang Juni setzt ein über mehrere Wochen dauernder Zwischenzug nach Westen ein (Abb. 4). Auch im Juli hält dieser Trend an, doch treten jetzt mehr SO-Komponenten auf (Abb. 5). Der Übergang zum Herbstzug erfolgt dann im August. Jetzt sind alle Richtungen zwischen W und SO etwa gleichstark befliegen. Es sind ja auch eine Reihe von Vogelarten bekannt, die wie der Weißstorch bereits Mitte August wegziehen.

Laut Berliner Beobachtungsdatei (1976 - 1989) zeigen folgende Vogelarten bereits Zwischenzug bzw. Frühwegzug im Juni über Berlin:

Graureiher	div.
Knäkente	WSW
Kiebitz	W
Uferschnepfe	W
Rot-, Grünschenkel	SW
Bruch-, Wald-, Dunkler Wasserläufer	SW

Singvögel sind nicht darunter.

JUNI 1980

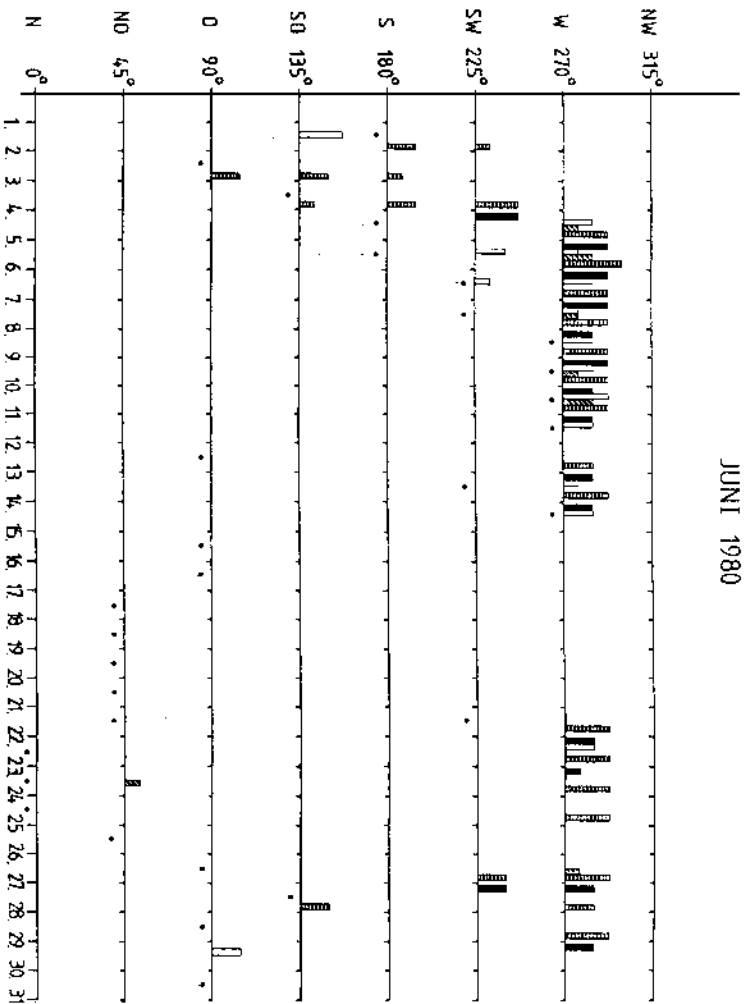


Abb. 4: Richtungsverteilung und Zugstärke des im Juni 1980 mit Radar erfaßten Vogelzuges über Berlin - getrennt nach Tageszeiten.
 Punkte unter den Richtungslinien geben die Richtung an, in die der Bodenwind wehte.

3.3 Herbstzug

Der Vogelzug im Herbst ist als Wegzug in die Winterquartiere in sehr starkem Maße von der abnehmenden Tageslänge und den sich deutlich verschlechternden Witterungsbedingungen in den Brutgebieten bestimmt. Entsprechend beeindruckend ist das Zuggeschehen in seinem Ablauf und in seiner Stärke. Letztere wird gegenüber dem Frühjahrszug auch noch durch die nach der Brutzeit erhöhten Populationsstärken gestützt. Die Registrierung des Herbstzuges auf dem Radarschirm ist auf dieser Basis geeignet, ein umfangreiches Datenmaterial zu sammeln, wie die in Abb. 6 und Abb. 7 bereitgestellten Übersichten der Monate Oktober 1980 und Oktober 1996 vermitteln.

Die aufsummierende Zusammenfassung der Zugstärken pro Monat und Richtung sowie ihre prozentuale Verteilung (Abb. 8, 9) geben einen guten Eindruck, wie der Vogelzug im Berliner Raum - stellvertretend für die Verhältnisse im ostdeutschen Tiefland - durch die Zugscheiden bestimmt wird. Die Aufteilung in den Wegzug in südliche bzw. südöstliche Richtung und in den Wegzug nach Südwest, West und sogar nach Nordwest wird aus den im Abstand von 16 Jahren gewonnenen Radardaten gleichermaßen offensichtlich.

Die im Oktober auftretende Verteilung des Vogelzuges ist von September bis Dezember in den Grundzügen mit vorherrschendem SW-Zug gleichartig (Abb. 10). Dies gilt auch für das durchgängige Phänomen der fast rhythmisch erscheinenden Wechsel der bevorzugten Zugrichtungen bzw. des wechselnden Abrufens der Vögel aus den nördlich, nordöstlich oder östlich liegenden Brutgebieten (Abb. 11).

Stärkerer Kleinvogelzug und der Zug größerer Vögel lassen sich - in alle Zugrichtungen gleichermaßen verteilt - mit Radar gut erfassen und darstellen. Dies entspricht auch den aus Beringungsexperimenten und Feldbeobachtungen abzuleitenden Erkenntnissen über die Richtungsverteilung im Bereich der Zugscheiden.

Das Vogelzugsgeschehen im August leitet bereits in den eigentlichen Herbstvogelzug über, wie auch andererseits die im Dezember registrierten Winterfluchten (nicht abgebildet) den ausklingenden Herbstzug kennzeichnen.

Feldornithologische Beobachtungen im Oktober - gleichzeitig mit der Radarerfassung durchgeführt - könnten gute Vergleichsmöglichkeiten bieten. Die Zuordnung der Zugvogelarten zu aktuellen oder den auf Film oder Video festgehaltenen Vogelchos von Radarschirmen stößt aber auf erhebliche Schwierigkeiten. Nur gelegentlich wird es möglich sein, die Beobachtung des Überfluges einer Gänse- oder Kranichformation mit einem bestimmten Echosignal auf Radarschirm oder -film zu ver-

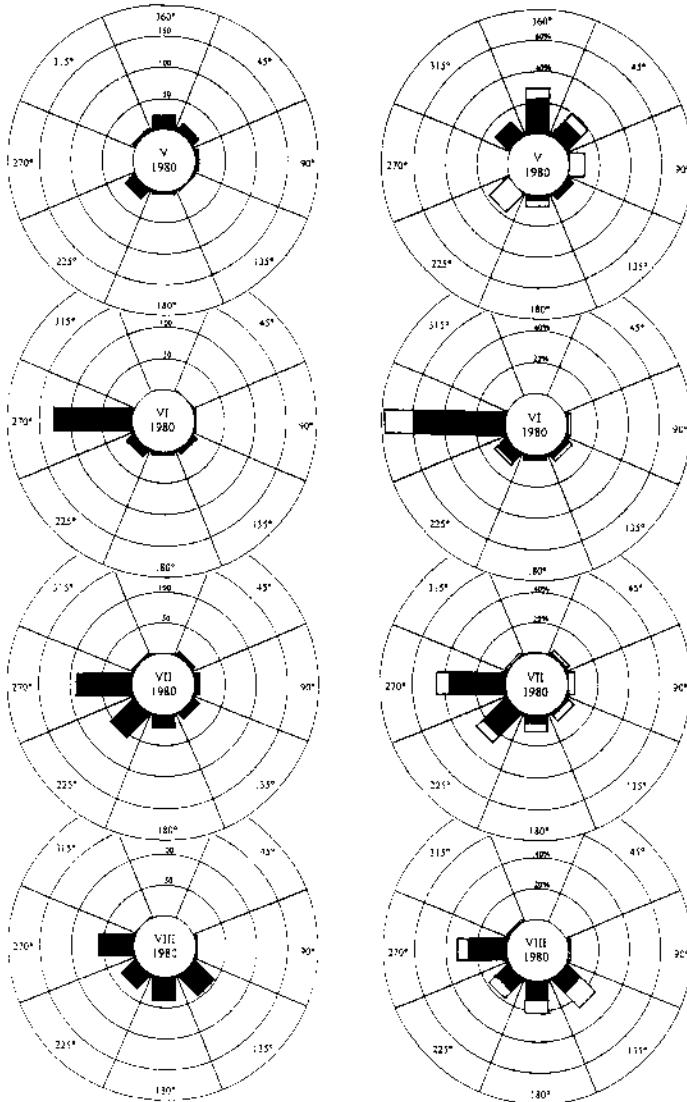


Abb. 5: Linke Seite: Summe der Zugstärken pro Richtungssektor in den Monaten Mai bis August 1980.
 Rechte Seite: Prozentualer Anteil der Zugstärke pro Richtungssektor an der Zugstärkesumme des Monats.
 hell: Tagzug, dunkel: Nachtzug.

binden. Dazu sind exakte Orts-, Richtungs- und Zeitangaben notwendig. Auch im Zusammenhang mit dieser Untersuchung ist ein solcher Versuch unternommen worden (FISCHER-NAGEL, 1980; LAFZEL, 1990), soll aber separat dargestellt werden.

Phänologische Daten von Zugvögeln - gewonnen durch jahrelange systematisch erfaßte und aufgearbeitete Protokolle eröffnen aber auch ohne große Details wichtige Hinweise auf das in bestimmten Jahreszeiten und Vogelzugphasen über einem bestimmten Ort (hier: am Radarstandort Berlin) auftauchende Artenspektrum. Dazu steht in Berlin das umfangreiche Datenmaterial der *Ornithologischen Arbeitsgruppe Berlin (West) - heute: Berliner Ornithologische Arbeitsgemeinschaft (BOA)* zur Verfügung (OAG Berlin, 1992).

Aus dieser Berliner Vogelzug-Datei sind folgende Zugvögel als den Monat Oktober charakterisierende Arten und wohl auch im Oktober auf dem Radarschirm erscheinende Echolieferanten zu nennen:

Kormoran	W	T	Wiesenpieper	SW	T
Singschwan	W	T	Gebirgsstelze	SO	TN
Graugans	W	T	Bachstelze	SO	TN
Saatgans	W	T(N) zahlr.	Heckenbraunelle	SW	T(N)
Blaßgans	W	T(N)	Rotkehlchen	SW	N
Krickente	SW	N(T)	Hausrotschwanz	SO	N
Schnatterente	W	T(N)	Amsel	SW	N
Tafelente	W	NT	Singdrossel	SO	N
Moorente	W	NT	Misteldrossel	SW	T
Reihente	SW	TN	Rotdrossel	SW	N(T)
Bergente	W	N	Tannenmeise	SW	T
Rotmilan	SW	T	Blaumeise	SW	T
Kranich	SW	TN	Kohlmeise	SW	T
Sandregenpfeifer	SW	N	Saatkrähe	W	T zahlr.
Alpenstrandläufer	SW	N	Buchfink	SW	T zahlr.
Ringeltaube	SW	T(N)	zahlr. Bergfink	SW	T zahlr.
Buntspecht	SW	T	Kernbeißer	SW	T
Heidelerche	SW	TN	Bluthänfling	SW	T
Feldlerche	SW	TN zahlr.	Stieglitz	SW	T

T Tagzieher

N Nachtzieher

Die Berücksichtigung dieser Liste ermöglicht hypothetische Annäherungen an radarornithologische Daten. Unter Hinzuziehung weiterer Parameter des Zugverhal-

OKTOBER 1980

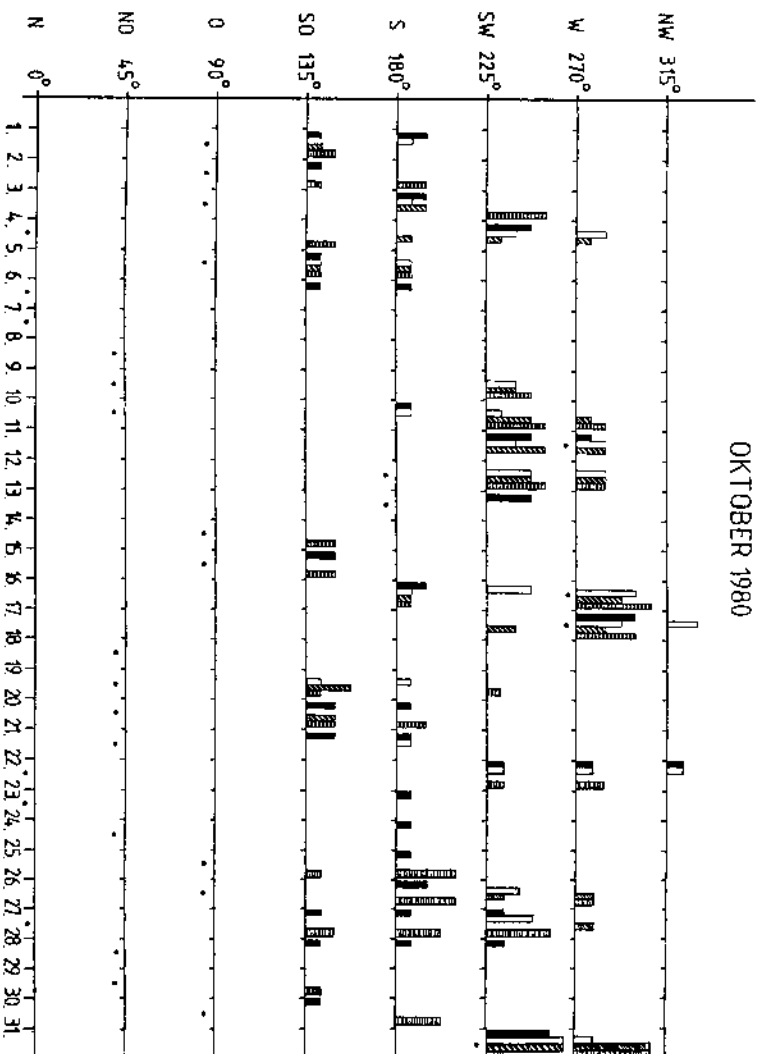


Abb. 6: Richtungverteilung und Zugstärke des im Oktober 1980 mit Radar und Zeiraffer-Filmtechnik erfaßten Vogelzuges über Berlin - getrennt nach Tageszeiten.
 Punkte unter den Richtungshinien geben die Richtung an, in die der Wind wehte

tens (Zugphänologie, Tagesrhythmik, Zugrichtung, Fluggeschwindigkeit) sollten weitere Differenzierungen zulässig sein.

Vogelarten wie Gänse und Kraniche haben v. a. im Herbst große Rastphasen im Berliner Umland und sind entsprechend wochenlang bei Hin- und Rückflügen zu erfassen. Überwinterer nehmen in ihrer Zahl im Laufe des Spätherbstes deutlich zu, verlassen aber das Stadtgebiet zeitlich ähnlich abgestuft.

3.4 Über die Verteilung von Tag- und Nachtzug

Die prozentualen Anteile des Tag- und Nachtzuges bzw. des Zuges in den vier Tagesabschnitten sind in Abb. 12 graphisch dargestellt. Während der eigentlichen Zugzeiten (III, IV; VIII, IX, X, XI) überwiegt der Nachtzug in starkem Maße. Der Zug in der ersten Nachthälfte ist in der Regel doppelt so stark wie der in der zweiten Nachthälfte. Meist setzt der Nachtzug unmittelbar nach Sonnenuntergang bzw. mit der Bürgerlichen Dämmerung ein und erreicht in den ersten zwei Stunden seine größte Intensität. Bis Mitternacht flaut dann die Zugstärke häufig vollständig ab. Dieser Ablauf spricht dafür, daß der Tagesrastraum der Nachtzieher im Nahbereich Berlins, sprich im Umkreis von 50 bis 100 km zu suchen ist. Wenn der Zug in einigen Fällen in der zweiten Nachthälfte stark bleibt oder sich wieder verstärkt, so kann auch mit dem Überflug von weiter entfernt aufgebrochenen Vogelgruppen gerechnet werden. Auch in solchen Fällen erstirbt der Zug gegen den Zeitpunkt der morgendlichen Dämmerung bzw. des Sonnenaufganges.

Die Tagzieher erscheinen im Berliner Raum häufig auch streng an die geophysikalischen Zeitgeber gebunden. Ihr meist starkes Auftreten gleich nach der Bürgerlichen Dämmerung spricht ebenfalls für ihre Übernachtungsräume nahe bei Berlin. Ihre Zugintensität kann auch nachmittags anhalten bzw. wieder ansteigen. Die Beendigung des Tagzuges ist an die abendliche Dämmerung gebunden.

Das Verhältnis von Tag- und Nachtziehern in den verschiedenen Zugrichtungen weist auffällige Unterschiede auf (BAUMGARTNER/BRUDERER, 1985; BEZZEL, 1985; BRUDERER, 1977). Der Anteil der im Sommer und Herbst nach Westen und Südwesten orientierten Tagzieher ist in fast allen Monaten relativ hoch. Nur im August treten tagsüber nach SO fliegende Zugvögel so häufig auf wie die Nachtzieher. Im Frühjahr sind die aus W und SW zurückkehrenden Tagzieher deutlich häufiger zu registrieren als solche aus SO und S. Die in den Wintermonaten (XII bis II) über Berlin fliegenden tagaktiven Vögel sind weit häufiger als die nachtaktiven vertreten. Tagzieher können also in bestimmten, noch besser zu differenzierenden Zugphasen durchaus überwiegen.

Oktober 1996

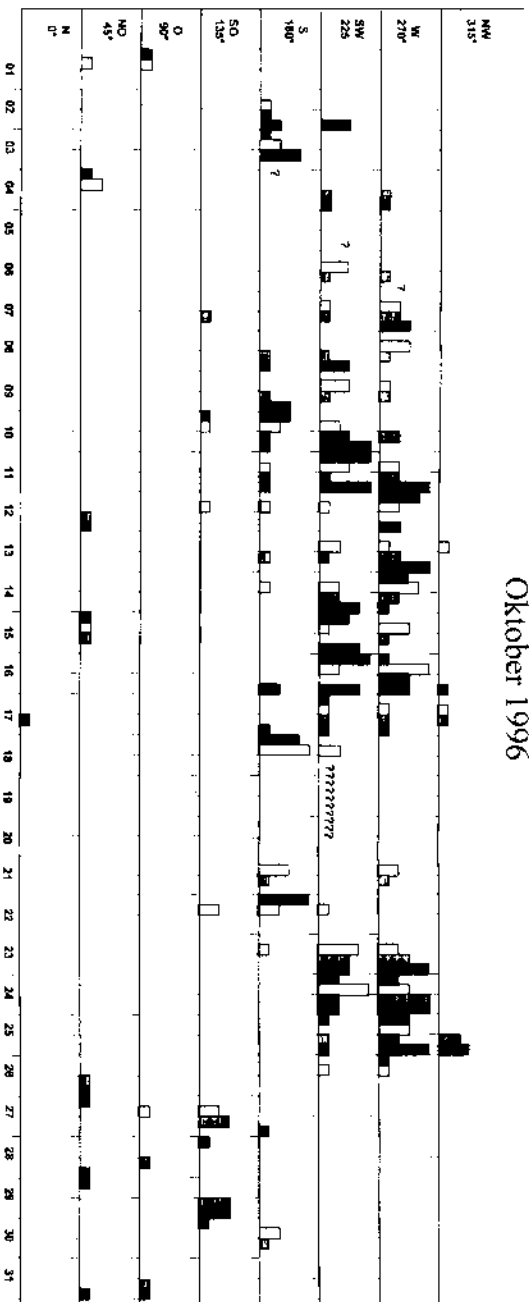


Abb. 7: Richtungverteilung und Zugstärke des im Oktober 1996 mit Radar und Video-PC-Technik erfassten Vogelzuges über Berlin - getrennt nach Tageszeiten. ??? = Datenlücken (keine Beobachtung wegen Geräteausfall)

Eine detaillierte Analyse der Zugabläufe im Jahresgang müßte auch die Differenzierung nach den Tageszeiten der verschiedenen Echotypen enthalten. Auch ihr tageszeitliches Erscheinen in Beziehung zum Sonnenaufgang (SA) oder zum Sonnenuntergang (SU) bzw. zur jeweiligen Bürgerlichen Dämmerung dürfte manchen Aufschluß über Herkunftsort am jeweiligen Tag geben. In Verbindung mit arteigenen circadianen und circannualen Verhaltensmustern und mit genaueren zugphänologischen Erhebungen aus dem Freiland sollte eine determinierende Annäherung an die jeweils vom Radar erfaßten Arten denkbar sein..

3.5 Technisch-methodische Ergebnisse

Die Lage des Flughafens Berlin-Tegel in der Senke des Berliner Urstromtales ähnelt durch die großstädtische Einrahmung einer langgestreckten Schale mit niedrigem Rand, der sich auch aus dem südlichen Talrand und aus der z. T. hohen Bebauung v. a. in den östlichen, südlichen und westlichen Stadtteilen ergibt. Die Höhe der Radarantenne reicht gerade bis zur Oberkante dieser Schale. Bei der vorgegebenen Impulsenergie des ASR ist die radarornithologische Reichweite auf ca. 20NM beschränkt, die dann auch nur in den flacheren nördlichen Bereichen Berlins richtig ausgenutzt werden kann.

Aus dieser Lage ergeben sich für die Radarerfassung von Vögeln Probleme durch das Auftreten von Radarschatten und massiven Festzeichen der Hochbauten der Großstadt und auch durch die Ränder der höher liegenden Grundmoränen-Platten. Die elektronische Unterdrückung der großflächigen Festzeichen sorgt dafür, daß bei schwächerem Vogelzug einzelne Echolinien nicht erkannt werden. Solche Bereiche fallen bei starkem Zug als dunkle Teilflächen im Vogetecho-Feld auf (Abb. 10). Im Herbst und Frühjahr durchziehende Regengebiete und auch dichter Vogelzug stören mit der Entwicklung großflächiger Echofelder das Erkennen und Kontrollieren von Flugzeugchos auf dem Radarschirm.

Der seit der politischen Wende stark vermehrte Flugverkehr aller drei Berliner Flughäfen sorgt in Kombination mit Hubschrauberverkehr und Ballonfahrten bei den notwendigen Langzeitaufnahmen (fünf Minuten) der ornithologischen Radarerfassung für langgezogene Echoketten. Deren Nebeneinander und Überkreuzen im kleinen Erfassungsbereich mit Radius 20NM bedeckt große Bildteile, und das Entdecken von Vogetechos wird erheblich erschwert.

Technische Probleme am überalterten ASR, instabile Funktionsbereiche und betriebsbedingte Umschaltungen, sorgten im jüngsten Untersuchungszeitraum von 1995 bis 1997 häufig für Bildausfälle, Verschlechterung der Bildqualität und wirkten auch zurück auf die einwandfreie Funktion des PCs. Programmstörungen und

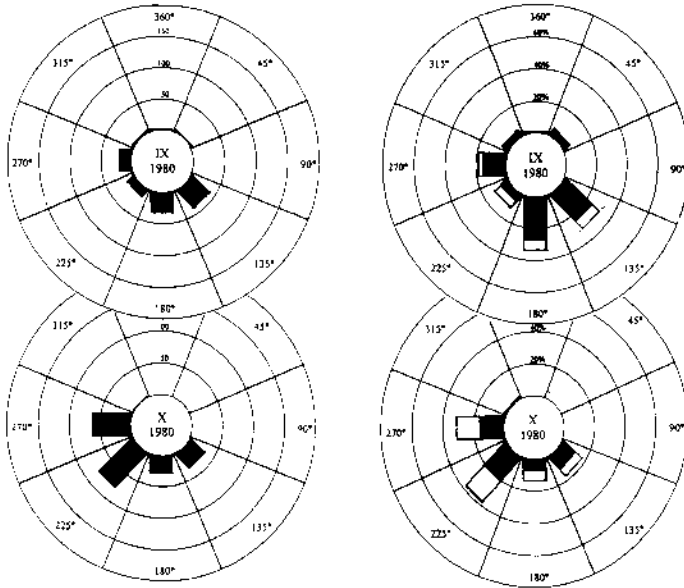


Abb. 8: Linke Seite: Summe der Zugstärken in den Monaten September und Oktober 1980 pro Richtungssektor
 Rechte Seite: Prozentualer Anteil der Zugstärke pro Richtungssektor an der Zugstärke-Summe des Monats
 hell: Tagzug, dunkel: Nachtzug

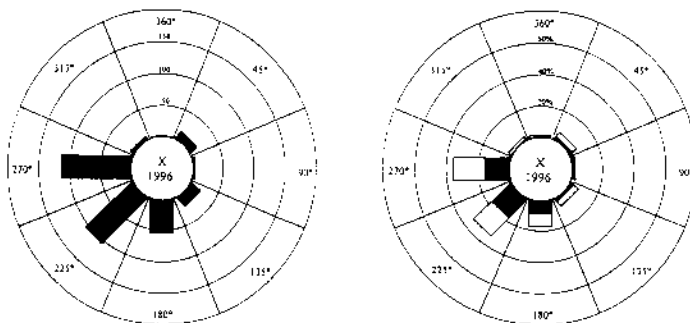


Abb. 9: Linke Seite: Summe der Zugstärken im Oktober 1996 pro Richtungssektor
 Rechte Seite: Prozentualer Anteil der Zugstärke pro Richtungssektor an der Zugstärke-Summe des Monats
 hell: Tagzug; dunkel: Nachtzug

Stops bei der Aufzeichnung führten ebenfalls zu Datenverlusten und zu lückenhaften Erfassungen der Zugperioden und der tageszeitlichen Zugabläufe.

Die Führung der an- und abfliegenden Flugzeuge durch großflächige Störechfelder hindurch macht Umschaltungen der Polarisation vom Tower aus notwendig. Auch diese Eingriffe führen zu Verlusten an Vogelzuginformation und zu Schwierigkeiten bei der Einschätzung der Vogelzug-Parameter.

Auswerteprobleme ergeben sich aus der andersartigen Speichertechnik der Langzeitvideos als digitalisierte Bilder anstatt in Form von Filmbildern. Während die Zeitrasterfilmtechnik im Untersuchungszeitraum 1978 bis 1981 lückenlose Bildfolgen bereitstellte, konnte von 1995 bis 1997 nur mit sechs Bildern pro Stunde gearbeitet werden, da die hohe digitale Informationsfülle Speicherprobleme beim PC ergab. Dieser Umstand sorgte dafür, daß einzelne Vogeleos in der Regel nur einmal im Erfassungsbereich registriert wurden, sonst aber in der Festzeichenunterdrückung oder/und in der Fülle von Flugzeugechos untergingen. Auch die im Filmbild auftretenden schweifartigen Marken am Vogeleosignal sind im Videobild nicht mehr für die eindeutige Festlegung der Flugrichtung verfügbar.

4. Diskussion

Die dokumentierte Richtungsverteilung des Vogelzuges über Berlin zeigt in hervorragender Weise auf, wie die Lage Berlins nördlich der Mittelgebirge und im Bereich der mitteleuropäischen Zugscheiden den Vogelzug über ein ganzes Jahr hinweg mit einem ASR darstellbar macht. Die quantitative Abschätzung der Zugstärken ermöglicht zudem, das Ausmaß des Vogelzuggeschehens über dem norddeutschen Binnenland zu kennzeichnen.

Im Gegensatz zu den v. a. am nördlichen Alpenrand mit Radar durchgeführten Untersuchungen (BAUMGARTNER/BRUDERER, 1985; BRUDERER, 1996/1997; BRUDERER et al., 1989/1994; LIECHTI et al., 1986/1996; STORK et al., 1976)) sind topographische Einflüsse auf die Richtungsverteilung des Vogelzuges ohne große Bedeutung. Bei den v. a. im Frühjahr bereits ermittelten Zughöhen über Berlin (FISCHER-NAGEL, 1982) von 1000 bis 2000 Metern kann dies im norddeutschen Tiefland auch nicht erwartet werden. Die in München mit einem ASR festgestellte S- und SO-Komponenten im Herbstzug, die weiter westlich in Zürich, Basel und Genf nicht nachgewiesen wurden, treten in Berlin regelmäßig in Erscheinung. Die Ausrichtung auf die östliche Zugroute über den Balkan, die Türkei und das östliche Mittelmeer ist stark ausgeprägt, wenn auch der Vogelzug über die Westroute überwiegt. Herbstzug und Früh-



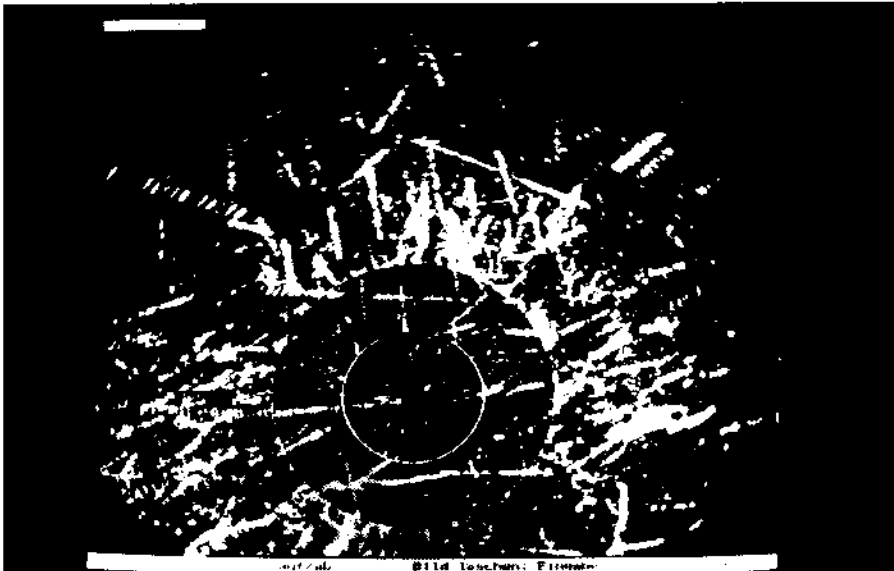
Abb. 10: Der nächtliche Kleinvogelzug nach SW dauert am 11. 10. 1996 auch um 01.02 Uhr noch in voller Stärke (5) an. Starke Festzeichenunterdrückung bis 10 NM. Zu beachten ist die Auslöschung von Vogelechos im Bereich stark unterdrückter Festechos (Hochhaussiedlungen). Monitor-Bild; Aufnahmedauer: 5 Minuten

jahrszug dokumentieren spiegelbildlich diese klare Aufteilung der Vogelgruppen entsprechend den mitteleuropäischen Zugscheiden.

Nach W und gar nach NW orientierter Vogelzug im Sommer ist auf die Zielgebiete an der Küste gerichtet und findet sein Gegenstück in der ersten Märzhälfte, wenn überwiegend Rückflüge nach O und sogar nach SO festzustellen sind.

Frühjahrszug (Heimzug), Sommerzug (Zwischenzug / Frühwegzug) und Herbstzug (Wegzug) lassen sich gut gegeneinander abgrenzen. Dabei erweist sich die monatliche Einteilung als zu schematisch, um eine physiologischere Binnengliederung in Zugphasen je nach Zugrichtung vorzunehmen, wie sie für die rein wissenschaftliche Vogelzugforschung angebracht wäre. Für Gesichtspunkte der Flugsicherheit mag die vorliegende Einteilung aber ausreichen.

Winterfluchten und plötzliches Aufbrechen von Zugvögeln aus dem mitteleuropäischen Winterquartier zeigen sich sehr deutlich verbunden mit Wetterumschwüngen.



**Abb. 11: Sich kreuzender Herbstzug nach SSO und nach SW am Vormittag des 23. 10. 1996 um 10.36 Uhr. Entfernungsmarken: 5 NM; Monitor-Bild; Aufnahmedauer: 5 Minuten.
Ornithologen beobachteten in diesen Tagen häufig den Zug von Kranichen nach SW**

Sie sind markante Hinweise auf den Zusammenhang zwischen dem Vogelzuggeschehen und den Witterungsabläufen. Allein die Zuordnung von Bodenwindrichtungen zu den täglichen Richtungsverteilungen des Vogelzuges läßt die Bedeutung von Schiebewind für die Abrufung, den Verlauf und für mögliche Verdriftungen des Vogelzuges in bestimmte Richtungen erahnen. Hier sind jedoch noch weitere Analysen unter Einbeziehung von zusätzlichen Wetterparametern (v. a. von Höhenwind-Daten) notwendig.

Große Bedeutung hat dazu auch die tagesrhythmische Aufteilung des Vogelzuggeschehens. Da das Hauptgeschehen des Tagzuges meist eine halbe Stunde vor Sonnenaufgang, des Nachtzuges meist eine halbe Stunde nach Sonnenuntergang und dann auch zu beiden Tageszeiten mit besonderer Heftigkeit einsetzt, kann für den Tages-Flugverkehr vom Flughafen Berlin-Tegel und den 24-Stunden-Flugbetrieb von Berlin-Schönefeld mancher Sicherheitshinweis gegeben werden. Hier sind aber noch weitere Analysen zur täglichen Zugstärkeentwicklung notwendig.

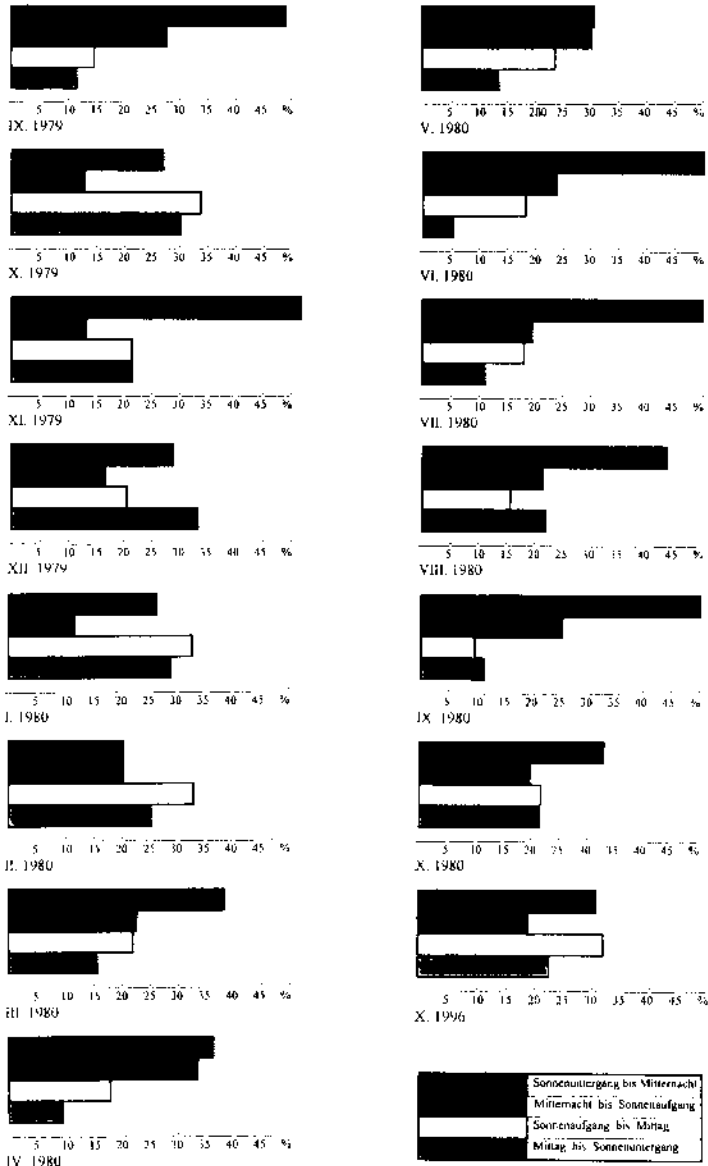


Abb. 12: Prozentuale Verteilung des mit Radar erfaßten Vogelzuges über Berlin - nach Tageszeiten (1. und 2. Nachthälfte, Vormittag, Nachmittag) von September 1979 bis Oktober 1980 und im Oktober 1996

Zur Diskussion über die Zuordnung von feldornithologischen Beobachtungen zu Radardaten sind in diesem Bericht nur Denkmateriale bereitetgestellt, die mithelfen sollen, wenigstens für bestimmte Zeiträume engere Zusammenhänge herzustellen. Unter Einbeziehung weiterer Daten zum tages- und jahresrhythmischen Zugverhalten einzelner Arten oder Artengruppen, zu bekannten Zugwegen und -richtungen, zu Winterquartieren und Brutgebieten lassen sich sicher noch genauere Zuordnungen vornehmen. Genauer geführte Protokolle von Freilandbeobachtungen, die auch Aussagen über Flughöhen, Flug- und Abflugrichtungen mit exakten Zeitangaben kombinieren, werden von besonderem Wert sein.

Die technischen Voraussetzungen für radarornithologische Untersuchungen im Berliner Raum sind durch den Standort des ASR Berlin-Tegel und durch für die Flugsicherung notwendige Ausgleichsmaßnahmen z. Z. zwar eingeschränkt, können aber durchaus bei intaktem Gerät genauere Vogelzug-Daten zusammentragen lassen. Deutlich verbessern dürfte sich die Situation, wenn das auf dem Teufelsberg (120 m NN) im Grunewald über allen Erhebungen der Stadt errichtete Radarsystem der DFS in Betrieb genommen und ein Videoausgang mit Rohdaten für die Vogelzugbeobachtung zur Verfügung gestellt wird. Ob sich dann allerdings die für die Flugsicherung im Bereich der Berliner Flughäfen bedeutsamen, in geringen Flughöhen ablaufenden regionalen Vogelbewegungen (STORK, 1986/1989; STORK/JÄNICKE, 1977) noch erfassen lassen, bleibt abzuwarten.

5. Literatur

ALERSTAM, T. und C.-A. BAUER (1973): A radar study of the spring migration of the Crane (*Grus grus*) over the southern Baltic Area. *Vogelwarte* 27: 1-16.

AMT FÜR WEHRGEOGRAPHIE (1978): Möglichkeiten der Vogelzugbeobachtung mit ASR- und Wetterradargeräten. Studie Nr. 78109. Traben-Trarbach.

BAUMGARTNER, M. und B. BRUDERER (1985): Radarbeobachtungen über die Richtung des nächtlichen Vogelzuges am nördlichen Alpenrand. *Orn. Beob.* 82: 207-230.

BERTHOLD, P. (1990): *Vogelzug*. Wiss. Buchgesellschaft Darmstadt.

BEZZEL, E. (1985): *Kompendium der Vögel Mitteleuropas. Nonpasseriformes - Nichtsingvögel*. Aula, Wiesbaden.

BEZZEL, E. (1993): Kompendium der Vögel Mitteleuropas. Passeriformes -Singvögel. Aula, Wiesbaden.

BRUDERER, B. (1975): Zeitliche und räumliche Unterschiede in der Richtung und Richtungsstreuung des Vogelzuges im Schweizerischen Mittelland. Orn. Beob. 72: 169 - 179.

BRUDERER, B. (1977): Beitrag der Radarornithologie zu Fragen der Orientierung, der Zugphysiologie und der Umweltabhängigkeit des Vogelzuges. Die Vogelwarte 29: 83-91.

BRUDERER, B. (1977): Radarbeobachtung über den Frühlingszug im schweizerischen Mittelland. Orn. Beob. 68: 89-160.

BRUDERER, B. (1981): Stand und Ziele der Radarvogelzugforschung in der Schweiz. Rev. Suisse Zool. 88: 255-264.

BRUDERER, B. (1996): Vogelzugforschung im Bereich der Alpen. Orn. Beob. 93: 119-130.

BRUDERER, B. (1997): The study of bird migration by radar. Part 1: The technical basis. Naturwissenschaften 84: 1 - 8. Part 2: Major achievements. Naturwissenschaften 84: 45 -54.

BRUDERER, B. (1997): Migratory directions of birds under the influence of wind and topographie. RIN 97 - Orientation and Navigation - Birds, Humans and Other Animals. The 1997 Spring Conference of the Royal Institute of Navigation. Oxford 21-23 April 1997.

BRUDERER, B. & F. LIECHTI (1994): Quantification of bird migration - different means compared. Bird Strike Committee Europe (BSCE) 22/WP 33: 243-254.

BRUDERER, B., F. LIECHTI u. DOROTHEE ERICH (1989): Radarbeobachtungen über den herbstlichen Vogelzug in Süddeutschland. Vogel und Luftverkehr Band 9, H. 2: 174-194.

CLEMENS, Th. (1978a). Vergleichende Untersuchung des Nachtvogelzuges auf Helgoland im März 1976 und 1977 nach Radar- und Feldbeobachtung. Diplomarbeit Univ. Oldenburg.

CLEMENS, Th. (1978b): Der Verlauf eines Nacht- und der Beginn eines Tagzuges

auf Helgoland nach Radar-, optischer und akustischer Beobachtung. Anz.orn. Ges. Bayern 17: 267-279.

EASTWOOD, E. (1967): Radarornithologie. Methuen, London.

FISCHER-NAGEL, A. (1980): Radar- und Sichtbeobachtungen eines Kranichzuges über Berlin-Buckow. Orn. Ber. Berlin (West) 5: 209-212.

FISCHER-NAGEL, A. (1981a): Radarornithologie in Berlin. Berl. Nat.sch.bl. 25: 688-692.

FISCHER-NAGEL, A. (1981b): Abschlußbericht des Projektes „Radarerfassung und Analyse der Wetterabhängigkeit des Vogelzuges über Berlin - als Beitrag zur Verbesserung der Flugsicherheit im Berlin-Verkehr. (Kurzfassung). Berlin dienliche Forschung FU Berlin.

FISCHER-NAGEL, H. (1982): Untersuchung zur Höhenverteilung des nächtlichen Vogelzuges im Frühjahr über Berlin. Diplomarbeit FU Berlin.

HUMMEL, D. (1984): Das Auftreten von Wildgänsen in der BR Deutschland vom 1. 9. 1979 bis 31. 8. 1980. Ber. Dtsch. Sekt. Int. Rat. Vogelschutz 23: 91-120.

HUMMEL, D. (1985): Das Auftreten von Wildgänsen in der BR Deutschland vom 1. 9. 1980 bis 31. 8. 1981. Ber. Dtsch. Sekt. Int. Rat. Vogelschutz 24: 121-144.

JELLMANN, J.(1979): Einführung in die Radarornithologie. Abh. a.d. Gebiet Vogelkunde 6: 249-261.

JELLMANN, J. und G. VAUK (1978): Untersuchungen über den Verlauf des Frühjahrzuges über der Deutschen Bucht nach Radarstudien und Fang-und Beobachtungsergebnissen auf Helgoland. J. Orn. 119: 265-286.

LATZEL, M. (1990): Ein Vergleich des radarornithologisch erfaßbaren Vogelzuges mit vorliegenden Feldbeobachtungen und der Zugphänologie im Berliner Raum. St.ex.arbeit Uni Hamburg.

LIECHTI, F. & B. BRUDERER (1986): Einfluß der lokalen Topographie auf nächtlich ziehende Vögel nach Radarstudien am Alpenrand. Orn. Beob. 83: 35-66.

LIECHTI, F., D. PETER, R. LARDELLI & B. BRUDERER (1996a): Die Alpen, ein Hindernis im nächtlichen Breitfrontzug - eine großräumige Übersicht nach Beobachtungen. J. Orn. 137: 227 - 356.

LIECHTI, F., D. PETER, R. LARDELLI & B. BRUDERER (1996b): Herbstlicher Vogelzug im Alpenraum nach Mondbeobachtungen. Topographie und Wind beeinflussen den Zugverlauf. Orn. Beob. 93: 131-152.

LINDNER, G. (1982): Erfassung der regionalen Vogelbewegungen mit einem Flughafenüberwachungsradar am Beispiel der in Berlin überwinternden Krähen. St.ex.arbeit FU Berlin.

OAG Berlin (West) - Hrsg. (1978): Die Vögel in Berlin (West) - Eine Übersicht. Orn. Ber. f. Berlin (West) Bd. 3, Sonderheft.

OAG Berlin (West)- Hrsg. (1992): Die Vögel in Berlin (West) - Eine Übersicht. Ergänzungsbericht 1976 - 1989. Orn. Ber. f. Berlin (West) Bd. 15 Sonderheft.

RUTSCHKE, E. Hrsg. (1983): Die Vogelwelt Brandenburgs. Fischer, Jena.

STEIDINGER, P. (1968): Radarbeobachtung über die Richtung und deren Streuung beim nächtlichen Vogelzug im schweizerischen Mittelland. Orn. Beob. 65: 197-226.

STORK, H.-J., B. JÄNICKE u. U. WENDENBURG (1976): Schlafplatzflüge überwinternder Krähen und Kollisionsgefahren mit Flugzeugen im Bereich des Flughafens Berlin-Tegel. Orn. Ber. f. Berlin (West) 1: 295-316.

STORK, H.-J. und B. JÄNICKE (1977): Radarbeobachtungen der Schlafplatzflüge in Berlin überwinternder Krähen. Orn. Ber. f. Berlin (West) 2: 151-174.

STORK, H.-J. (1986): Radarbeobachtungen regionaler Vogelbewegungen im Luftraum über Berlin. - Eine Untersuchung zur Verbesserung der Flugsicherheit im Berlin-Verkehr. Gutachten im Auftrag des Senators für Verkehr und Betriebe, Berlin.

STORK, H.-J. (1989): Radarbeobachtungen regionaler Vogelbewegungen - erläutert am Beispiel der in Berlin überwinternden Krähen und Dohlen. Vogel und Luftverkehr 9: 195-219.

STORK, H.-J. (1997): Vogelzug im Berliner Raum - 1978-1981. DAVVL-Studie, Berlin.

STORK, H.-J. (1998): Zur Überwachung des Vogelzuges und regionaler Vogelbewegungen im Berliner Raum - mit Hilfe von Videoaufzeichnung und Computerspeicherung am ASR des Flughafens Berlin-Tegel. 7/1995 bis 7/1997. DAVVL-Studie, Berlin.

WILLIAMS T.C. u. J.M. WILLIAMS (1990): The orientation of transoceanic migrants in E. GWINNER (Hrsg.): Bird migration: the Physiology and Ecophysiology. Berlin - Heidelberg - New York.

ZINK, G. (1973 - 1985): Der Zug europäischer Singvögel. Atlas der Wiederfunde beringter Vögel. 1. - 4. Lieferung. Vogelzug-Verlag, Möggingen.

ZINK, G. & F. BAIERLEIN (1995): Der Zug europäischer Singvögel. Ein Atlas der Wiederfunde beringter Vögel. 5. Lieferung. Aula, Wiesbaden.

Anschrift des Verfassers:

Dr. Hans-Jürgen Stork
Lotosweg 58
D - 13467 Berlin

*) mit Unterstützung des Deutschen Ausschusses zur Verhütung von Vogelschlägen im Luftverkehr e.V. DAVVL, Traben-Trarbach, der Berliner Flughafengesellschaft BFG, der Deutschen Flugsicherung (DFS), der ehemaligen französischen Flughafenkommandantur, des Senators für Verkehr und Betriebe von Berlin, des Instituts für Zoologie und des Meteorologischen Instituts der Freien Universität Berlin.