Der Ornithologische Beobachter

Band 82 / Heft 4 / Dezember 1985 *Der Ornithologische Beobachter 82: 207–230 (1985)*

Aus der Schweizerischen Vogelwarte Sempach und
dem Zoologischen Museum der Universität Zürich

Radarbeobachtungen über die Richtungen des nächtlichen Vogelzuges am nördlichen Alpenrand[1]

Mathias Baumgartner und Bruno Bruderer

Ringfunde zeigen die räumliche und zeitliche Differenz zwischen zwei Kontrollpunkten für nach Art und oft auch nach Alter und Geschlecht identifizierte Individuen. Durch die geradlinige Verbindung von Beringungs- und Fundort werden Distanz und Richtung zwischen den beiden Kontrollpunkten visualisiert. Diese Gerade muss jedoch nicht dem tatsächlichen Zugweg des Vogels entsprechen (s. Zink 1973). Werden nur Weitstreckenfunde berücksichtigt, ergeben sich aber Hinweise auf die grossräumigen Zugrichtungen. Radarbeobachtungen zeigen im Gegensatz zu Ringfunden die aktuellen Zugrichtungen in einem begrenzten Gebiet, wobei aber Herkunftsort, Ziel und Artzugehörigkeit der beteiligten Vögel in der Regel unbekannt sind. Unterschiede zwischen den aktuell mit Radar beobachteten Richtungsverteilungen und dem aufgrund von Weitstrecken-Ringfunden für ein bestimmtes Gebiet ermittelten Richtungsspektrum könnten Hinweise auf lokale, allenfalls auch wetterbedingte Abweichungen liefern.

Erste Vergleiche zwischen Ringfunden und Radarbeobachtungen im östlichen Teil des Schweizerischen Mittellandes wurden von Bruderer (1978) durchgeführt und zeigten eine deutliche Differenz zwischen den beiden Datensätzen, die auf eine partielle Angleichung der mit Radar beobachteten Richtungen an den Verlauf des Alpenrandes deuteten. Bruderer (1982) integrierte weitere Radardaten, einerseits aus dem westlichen Teil des Mittellandes und anderseits aus München, und kam damit zu weiteren punktuellen Bestätigungen der Idee, dass an den verschiedenen Beobachtungsorten die Hauptmasse des Vogelzuges mehr oder weniger alpenparallel fliegt und deshalb von E nach W in abnehmendem Masse von den nach Ringfunden erwarteten Richtungen abweicht. Um diesen Vergleich zwischen Ringfunden und Radarbeobachtungen im grösseren Rahmen zu ermöglichen und zudem die aktuellen Zugrichtungen möglichst gleichzeitig in verschiedenen Gebieten entlang dem nördlichen Alpenrand zu erfassen, wurden grossräumig koordinierte Beobachtungen mit Überwachungsradaranlagen angestrebt. Leider konnte das angestrebte Ziel der simultanen Beobachtung aus radartechnischen Gründen nicht in allen Teilen erreicht werden.

Mit den erzielten Datensätzen können folgende Teilfragen aus dem von Bruderer & Jenni (1980) formulierten und von Bruderer (1981) für den Radarbereich spezifizierten «Alpenzugprogramm» angegangen werden:

1. Stimmen die an Radarstationen auftretenden «Lokalrichtungen» des Nachtzuges generell mit den aufgrund von Ringfunden zu erwartenden «Fernrichtungen» überein,

[1] Überarbeitete Fassung einer Diplomarbeit des Erstautors unter der Leitung von PD Dr. B.Bruderer und Prof. Dr. V.Ziswiler im Rahmen des Alpenzugprogramms der Schweiz. Vogelwarte. Unterstützt durch den Schweiz. Nationalfonds zur Förderung der wissenschaftlichen Forschung (Projekt Nr.3.161-0.81).

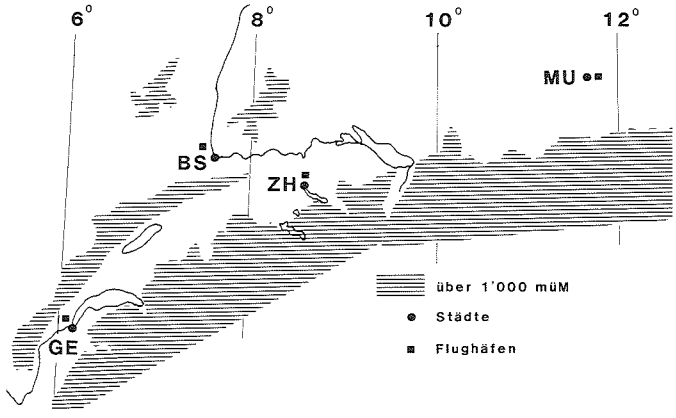


Abb. 1. Standorte der vier verwendeten Überwachungsradar-Anlagen. – *Sites of the four surveillance radars used for this study.*

oder lassen sich Differenzen feststellen und allenfalls aufgrund der Topographie erklären?

2. Bestehen an verschiedenen Beobachtungsorten entlang des Alpenbogens unterschiedliche Richtungspräferenzen, die dem Verlauf des Alpenbogens entsprechen?

3. Ändert sich die Verteilung der Zugrichtungen mit fortschreitender Jahreszeit entsprechend der sich ändernden Zusammensetzung des Zuges aus ausgeprägten und weniger ausgeprägten Zugvögeln?

4. Wie werden die aktuellen Richtungen an verschiedenen Beobachtungsorten von der Wetterlage beeinflusst?

1. Material und Methoden

Seit den bahnbrechenden Überwachungsradar-Studien von Weitnauer (1956) und Sutter (1957a,b) wurden die Radaranlagen wesentlich modernisiert. Leider verschlechterten sich dadurch die Beobachtungsbedingungen für die Radarornithologie, da im Interesse der Flugsicherung verschiedene Einrichtungen zur Unterdrückung von störenden Vogelechos eingebaut wurden. Durch geeignete Einstellung der Geräte können aber immer noch Bedingungen geschaffen werden, die begrenzten ornithologischen Fragestellungen genügen. In der Regel sind solche Einstellungen aber nur nachts möglich, wenn die Radaranlagen wegen des geringen Flugverkehrs von den Flugsicherungsdiensten nicht voll beansprucht werden, und zudem nur dann, wenn von der technischen Seite her Kooperationsbereitschaft und know-how in hohem Masse vorhanden sind. Die früher vorhandene Bildqualität kann allerdings häufig nicht mehr erreicht werden, und Studien über den quantitativen Verlauf des Vogelzuges sind kaum mehr möglich. Die vorliegende Arbeit beschränkt sich deshalb auf die Beurteilung der Richtungen. Dass auch die Beurteilung der Richtungen einiges an Vorsicht und Kenntnissen erfordert, wird im Abschnitt 2.2.1. dargelegt.

1.1. Beobachtungsorte und Registriertechnik

Die Radarbeobachtungen erfolgten an den Überwachungsradaranlagen der Flughäfen München-Riem, Zürich- Kloten, Bâle-Mulhouse und Genève-Cointrin (Abb.1). An allen Stationen wurden Langzeitphotos der Rundsichtdarstellung (PPI = plan position indicator) hergestellt (Abb.2). Auf den Photos werden die sich örtlich verschiebenden Vogelechos als Striche sichtbar (Abb.3). Bei allen vier Anlagen sind die zentralen Bereiche des PPI durch eine distanzabhängige Verstärkungsregulierung (STC = sensitivity time control) derart abgeschwächt, dass Vogelechos weitgehend

Tab. 1. Technische Angaben zur Radar-Registrierung. – *Technical details of the radar recording.*

	München	Zürich	Basel	Genf
Beobachtungs-periode	2. Aug.–23. Okt. 82	3. Aug.–17. Okt. 83	Tag: Herbst 82 Nacht: 22./23. Sept. 83	4. Aug.–18. Okt. 82
Unterbruch der Registrierung	10. Sept.–16. Sept. 82	15. Sept.–21. Sept. 83		12. Sept.–17. Sept. 82
Beobachtungs-zeiten (GMT)	20.00–04.00	20.00–05.00	für Nachtzug 21.00–05.00	21.00–04.00
Aufnahmegeräte	Arriflex Filmkamera mit Einzelbild-schaltung	Robotkamera 75 mm Tele-Xenar 1:3,8	Minolta XG-2 50 mm Rokkor 1:1,7	Robotkamera 75 mm Tele-Xenar 1:3,8
Belichtungszeiten	15 min.	90 s.	40–160 s.	90 s.
Radar-Reichweite	Einstellung 60 nM Reichweite für Vögel ca. 30 nM	20, später 15 nM	7,5 oder 15 nM	20 nM
Anzahl ausgewer-teter Flugwege (N)	10621	17218	Tag: 4043 Nacht: ca. 200	11767

eliminiert werden (s. Abb.3). Ausserdem sind alle Anlagen mit einer Standzeichen-unterdrückung (MTI = moving targets indicator) ausgerüstet, die bewirkt, dass Objekte mit geringer Radialgeschwindigkeit relativ zum Radar stark abgeschwächt werden (vgl. Abb.3a und 3c sowie Kap.1.2.).

Die optimalen Belichtungszeiten und Blendenwerte der Photoapparate sowie die Kontrast- und Helligkeitsstufen der Wiedergabegeräte mussten für Zürich, Basel und Genf empirisch ermittelt werden. Die Aufnahmen erfolgten in Zürich und Genf stündlich mit Hilfe von programmierbaren Schaltuhren (Abb.2 und Tab.1). In München wurde der PPI in 30-Minuten-Inter-

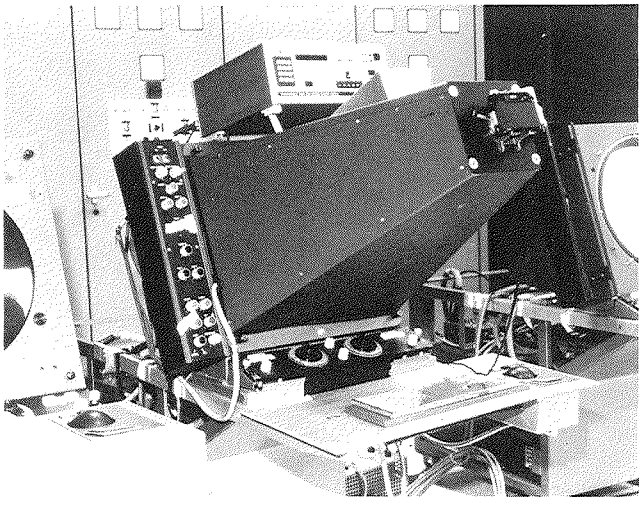
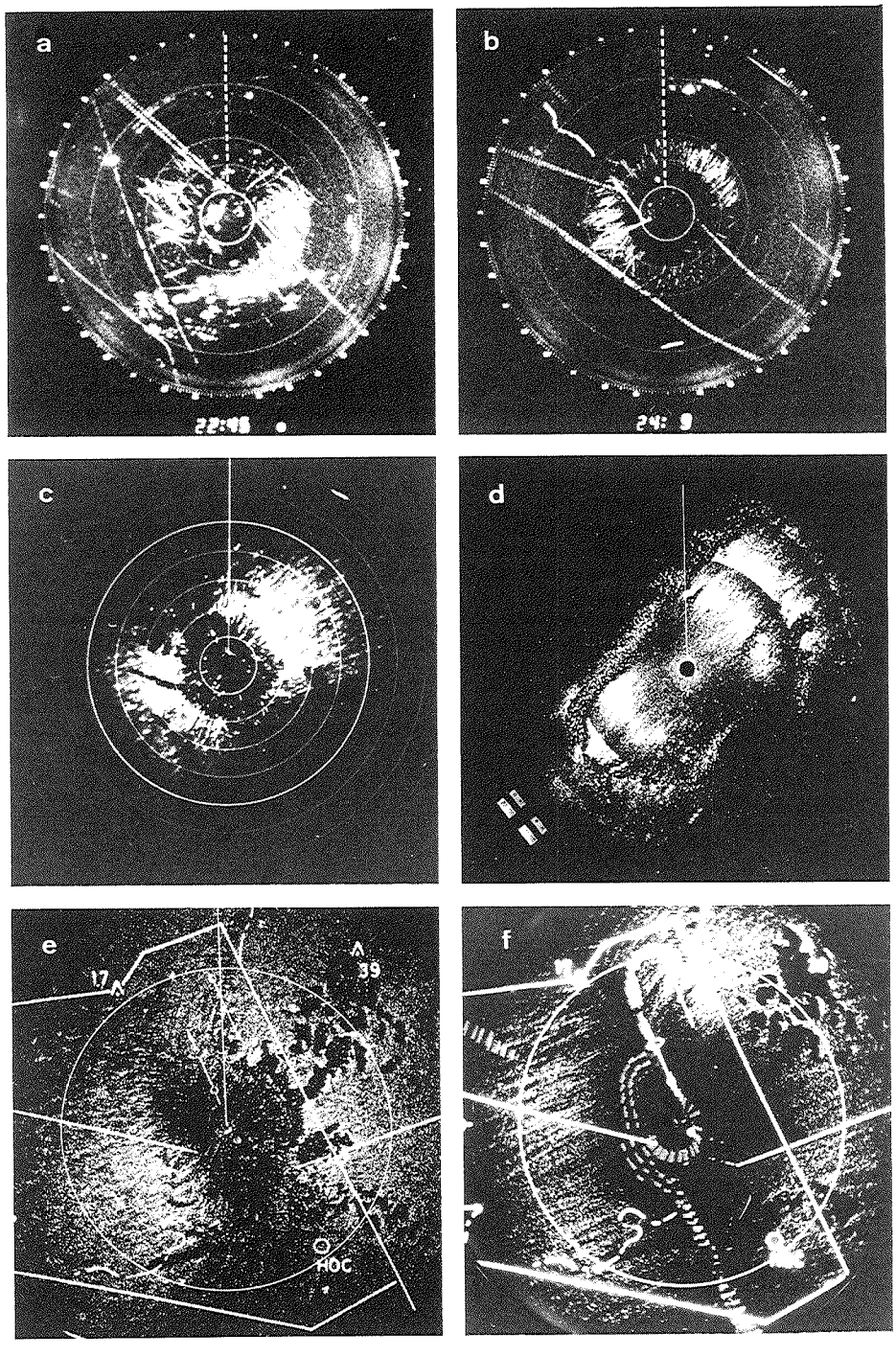


Abb. 2. Registrieranlage in Genf. Die mittlere Konsole mit einer Vorrichtung zur Abschirmung von Streulicht, daran befestigt eine Robot- Kamera, links und rechts davon je ein von uns nicht benützter Bildschirm. Über der Registrierkonsole die Schaltuhr für die automatische Photo-Auslösung. – *Recording equipment at Geneva. Three radar screens within the field of view; the one in the middle is in use and is fitted with a cover against scattered light; at the end of this cover a robot-camera for photographic recording; above the array an electronic timer for the camera.*


a
b
c
d
e
17
39
HOC
f

vallen mittels einer automatisch gesteuerten 16-mm-Filmkamera des Deutschen Ausschusses zur Verhütung von Vogelschlägen im Luftverkehr registriert (Belichtungszeit je 15 Min.). In Basel gelang es nur während einer Nacht, die Radareinstellung zu erreichen, die zur photographischen Registrierung der feinen Nachtzugechos nötig ist. Zahlreiche Magnetband-Aufzeichnungen lieferten aber wertvolle Aufschlüsse über die Richtungstendenzen grosser Tagzugechos, die auch bei ungünstiger Radareinstellung nicht ganz gelöscht werden (Abb.3f und 6).

1.2. Auswertung der Radarphotos

Die Negativbilder wurden auf A4-Format projiziert, die einzelnen Flugwege auf Papier übertragen und deren Richtung auf 1° genau ausgemessen. Bei hohen Zugdichten sind die einzelnen Echos so nahe beieinander, dass insbesondere parallel verlaufende Flugwege nicht mehr getrennt aufgezeichnet werden können. Unter solchen Bedingungen wird die Zahl der Vögel in Hauptzugrichtung unterschätzt, während Flugwege quer zur Hauptzugrichtung besonders stark hervortreten, weil sie im sogenannten MTI-Leersektor liegen, wo die Hauptmasse der Vogelechos infolge geringer Radialgeschwindigkeit unterdrückt wird. Insgesamt ergibt sich eine gegenüber der Realität etwas erhöhte Streuung, aber keine Verfälschung der wesentlichen Richtungen. Für die Beurteilung der Richtungen ist der Modalwert die geeignetste statistische Masszahl. Er wird durch erhöhte Streuung und schiefe Verteilungen nicht beeinflusst. Zudem ist es möglich, mehrere Modi für verschiedene Richtungskomponenten anzugeben. Das hier angewandte Auswerteverfahren lässt am besten die Vielfalt der möglichen Richtungen innerhalb der einzelnen Nächte erkennen. Es berücksichtigt unmittelbar die Zahl der Echos, die eine bestimmte Richtung einhalten und ist am ehesten vergleichbar mit der Registrierung der einzelnen Flugwege am Zielfolgeradar (Bruderer 1971, Bloch et al. 1981).

Abb.3. Langzeitaufnahmen der Plan-Positionsindikatoren von Ueberwachungsradar-Anlagen. Die senkrechten Linien weisen nach N, die Kreise entsprechen Distanzen, die in nautischen Meilen (1 nM = 1,85 km) gemessen werden. Sehr lange Punktreihen sind Echos von Flugzeugen. In den zentralen Bereichen sowie links und rechts des Hauptzugvektors sind die Echos durch STC bzw. MTI abgeschwächt (siehe Text). **(a)** München (Belichtungszeit 15 Min.): SE-Zug um Mitte August 1982. Distanz von Kreis zu Kreis 10 nM, 10- und 50-Meilen-Kreis stärker hervorgehoben. Starke Echos im Süden sind von der Standzeichenunterdrückung (MTI) nicht vollständig gelöschte Echos der ersten Alpenketten. **(b)** München: SW-Zug Ende September 1982. **(c)** Zürich (Belichtungszeit 90 Sek.): SW-Zug am 18.8.83 0200 GMT. Abstand der Distanzringe 2 nM, 10-Meilen-Kreis stärker hervorgehoben. **(d)** Genf (Belichtungszeit 90 Sek.): Kanalisierter SE-Zug am 22.8.82 0200 GMT. 10- und 15-Meilen-Kreis betont durch veränderte Einstellung des MTI, der in grösseren Distanzen langsam bewegte Kleinechos besser hervortreten lässt als im Nahbereich. Punktierte Flächen im NE und SW sind unvollständig gelöschte Bergechos. **(e)** Basel (Belichtungszeit 90 Sek.): Nachtzug 22.9.83 2300 GMT. Distanzkreis 10 nM und Kartenelemente hervorgehoben. **(f)** Basel: Photographie einer Magnetbandregistrierung (Registrierzeit ca. 20 Min.): Tagzug 2.10.82 1100 GMT. – *Long-time exposures of the PPI of surveillance radars. The vertical lines point towards N; the circles correspond to radial distances measured in nautical miles (1 nM = 1,85 km). Very long chains of points are echoes of airplanes. In the central parts of the pictures as well as left and right of the main vector of migration, the echoes are weakened by STC- and MTI-circuits (see Text).* **(a)** *Munich (exposure time 15 min.): SE-migration mid-August 1982. The distance between the range circles is 10 nM, the circles at 10 and 50 nM are accentuated. Strong echoes to the S are the remains of the echoes of the first Alpine ranges not fully suppressed by MTI.* **(b)** *Munich: SW-migration, end of September 1982.* **(c)** *Zurich (exposure time 90 s): SW-migration, 18.8.83, 0200 GMT. The distance between range circles is 2 nM, the 10 nM circle is accentuated.* **(d)** *Geneva (exposure time 90 s): Channelised SE- migration, 22.8.82, 0200 GMT. The cicles at 10 and 15 nM are accentuated by variation of the MTI adjustment leading to a decreased reduction of slowly moving small echoes with increasing range. The dottet areas in the NE and SW of the stream of migrants are mountain echoes not entirely suppressed by MTI.* **(e)** *Basle (exposure time 90 s): Nocturnal migration 22.9.83, 2300 GMT. The range circle at 10 nM and parts of a map are accentuated.* **(f)** *Basle, photograph of video-tape recordings (recording time about 20 min.). Diurnal migration, 2.10.82, 1100 GMT.*

Tab. 2. Ausgewählte Singvogelarten zur Bestimmung von Richtungsspektren aufgrund von Ringfunden in den Gebieten gemäss Abb. 4. Die in Kolonne 3 angegebene Lage der Zugscheide deutet an, ob vorkommende SE-Richtungen für unsere Beobachtungsgebiete relevant sind oder zu weit ostwärts liegen. Die in der vierten Kolonne angegebenen Wegzugzeiten beruhen soweit möglich auf Daten vom Col de Bretolet (Jenni 1984) und der Fangstation Mettnau (Bairlein 1981), ergänzt durch Angaben aus Schifferli et al. (1980). – *Passerine species selected in order to define the directional spectra of ringing recoveries for the areas defined in Fig. 4. The geographic location of migratory divides given in column 3 indicates whether occurring SE-directions are relevant for our observation area or whether they are too far east. The departure times indicated in column 4 are based as far as possible on data from the Col de Bretolet (Jenni 1984) supplemented by data from the ringing station Mettnau (Bairlein 1981), and data derived from Schifferli et al. (1980).*

Art	Zugrichtung	Zugscheide	Wegzugzeiten
Neuntöter *Lanius collurio*	SE	–	Anf. Aug.–Mitte (Ende) Sept.
Sumpfrohrsänger *Acrocephalus palustris*	SE	–	Ende Juli–Ende Aug.
Teichrohrsänger *Acrocephalus scirpaceus*	SW + SE	17–20° E	Anf. Aug.–Mitte Okt.
Gartengrasmücke *Sylvia borin*	SW + SSW (+ SE)	(10–25° E)	Mitte Aug.–Anf. Okt.
Mönchsgrasmücke *Sylvia atricapilla*	SW + SE	10–15° E	Anf. Sept.–Mitte (Ende) Okt.
Klappergrasmücke *Sylvia curruca*	SE	–	Anf. Aug.–Ende Sept.
Zilpzalp *Phylloscopus collybita*	SW + SSE	10–15° E	Mitte Sept.–Ende Okt.
Fitislaubsänger *Phylloscopus trochilus*	SW + SSE	20–25° E	Anf. Aug.–Ende Sept.
Grauschnäpper *Muscicapa striata*	SW + S + SSE	5–25° E	Anf. Aug.–Ende Sept.
Gartenrotschwanz *Phoenicurus phoenicurus*	SW	–	Anf. Aug.–Mitte Okt.
Braunkehlchen *Saxicola rubetra*	SW + SSW	–	Anf. Aug.–Ende Sept.
Pirol *Oriolus oriolus*	SE	–	Mitte Juli–Ende Aug.

1.3. Ermittlung der Zugrichtungen nach Ringfunden

Der «Atlas der Wiederfunde beringter Vögel» (Zink 1973, 1975, 1981) zeigt für Fernfunde mit Distanzen zwischen Beringungs- und Fundort ab 100 km die geraden Verbindungslinien zwischen den beiden Endpunkten und damit gleichsam die von lokalen Gegebenheiten unbeeinflussten «Fernrichtungen» der Zugvögel. Das aufgrund von Ringfunden zu erwartende Richtungsspektrum wurde für die Räume München, Zürich, Genf und Paris wie folgt bestimmt: Für jeden Raum wurde eine Fläche abgegrenzt, deren N-S-Begrenzung durch 2° auseinander liegende Breitengrade und deren E-W-Begrenzung durch 2° auseinander liegende Längengrade definiert war (Abb. 4). Diese Fläche durchquerende Verbindungslinien zwischen Beringungs- und Fundort wurden für ausgewählte Arten berücksichtigt, wenn der Ringfund vor der auf die Beringung folgenden Brutzeit und südlich des Beringungsortes, aber nördlich der Sahara lag. Unter der Vielfalt nachtaktiver Zugvögel wurde subjektiv eine möglichst repräsentative Auswahl getroffen. Dabei wurden nur kleinere Singvögel berücksichtigt, weil nachtziehende Non-Passeres (z.B. Wat- und Wasservögel) im Binnenland Mitteleuropas nach Bruderer (1971) weniger als 10% des Gesamtzuges ausmachen und grosse Singvogelarten (wie Lerchen, Stare und Drosseln) mehrheitlich spät im Jahr ziehen und damit in unsern Beobachtungsperioden zahlenmässig ebenfalls relativ wenig ins Gewicht fallen. Da die Fundwahrscheinlichkeit in südöstlichen Gebieten geringer ist als im SW, legten wir bei der Aus-

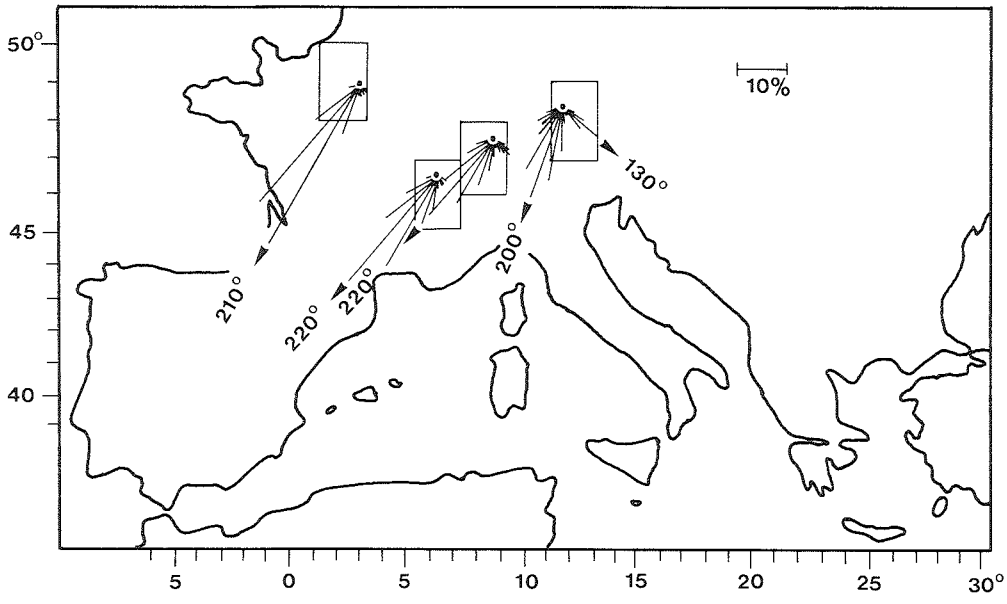


Abb. 4. Zugrichtungen aufgrund von Ringfunden für die gemäss Tab. 2 ausgewählten Arten in den abgegrenzten Rechtecken (2 Breitengrade × 2 Längengrade in Mercator-Projektion). Das Zentrum der Richtungsverteilungen ist jeweils auf den entsprechenden Radar-Beobachtungsort gelegt und damit etwas aus dem Zentrum des berücksichtigten Feldes verschoben. – *Directions of ringing recoveries based on the Atlas of bird migration (Zink 1973, 1975, 1981) for species selected according to table 2, and for areas 2° wide in longitude and latitude (rectangles in the Mercator projection). The centre of the direction distributions is located at the position of the corresponding radar site, and is therefore slightly shifted off the centre of the rectangles.*

wahl der Arten etwas mehr Gewicht auf SE-Zieher (Tab.2).

2. Richtungsverteilungen des Gesamtzuges

2.1. Vergleich der Radar- und Ringfunddaten

In Mitteleuropa lassen Ringfunde vom 2. bis zum 13. Längengrad Ost eine generelle Hauptzugrichtung zwischen SW und SSW erwarten (Abb.4). In diesem Bereich nimmt von West nach Ost der Anteil an SE-Ziehern zu. In den Ringfunden der SW-Zieher deutet sich eine leichte Konvergenz der Richtungen aus dem Raum Paris, Genf und Zürich gegen die zentralen und östlichen Teile der Iberischen Halbinsel an. Im Raum München liegen neben einem relativ grossen Anteil an SE-Ziehern vor allem Richtungsanteile um SSW (200°) vor, die gegen die westliche Hälfte der Poebene weisen. Es ist nun für die verschiedenen Gebiete zu prüfen, ob Radarbeobachtungen ein entsprechendes Bild ergeben.

München (Abb.3a, b und 5a)
Die Verteilung der mit Radar festgestellten Richtungen zeigt in München eine grosse Variabilität von Tag zu Tag. Ein Wechsel der Hauptzugrichtung von SW nach ESE oder WSW innerhalb von 24 Stunden ist keine Seltenheit. Die aus der ganzen Beobachtungsperiode zusammengefassten Richtungsverteilungen (Abb.5a) ergeben eine Hauptzugrichtung mit Modalwert bei 242° neben einer südöstlichen Richtungskomponente mit einem Modus bei 107° und relativ geringen Anteilen an südlichen Richtungen. Radardaten und Ringfunde stimmen in folgenden Punkten überein: (1) Radar-

und Ringfunddaten zeigen eine bimodale Verteilung mit je einer Zugkohorte im SW- und SE-Sektor; (2) die Zugkomponente westlich von S ist in beiden Verteilungen stärker als der Zug östlich von S; (3) in beiden Fällen kommen südliche Richtungen breit gestreut vor.

Folgende Abweichungen sind festzuhalten: (1) Sowohl im SW- Sektor wie auch im SE-Sektor sind die mit Radar beobachteten Richtungen gegenüber den Erwartungswerten im Sinne einer partiellen Angleichung an den Verlauf des Alpenrandes abgedreht. Die Drehung ist im SW-Sektor stärker als im SE-Sektor (über 40° gegenüber 23°); (2) während die Ringfundrichtungen im SE gegen Griechenland und das östliche Mittelmeer und im SW Richtung Oberitalien und westliches Mittelmeer führen, würde ein Beibehalten der Radarrichtungen zumindest im SE in Gebiete führen, die nach bisherigem Stand der Kenntnisse wenig vom Zug mitteleuropäischer Singvögel berührt werden (Donaudelta, Kaukasus); (3) der Anteil an SE- Ziehern ist in den Radardaten deutlich stärker als in den Ringfunddaten.

Weder im Gesamtzug noch in einzelnen Nächten lässt sich ein unmittelbarer Zusammenhang der im Radarbild beobachtbaren Zugrichtungen mit markanten Elementen der Lokaltopographie belegen. Dies kann allerdings darauf beruhen, dass der bodennahe Zug wie auch die Hauptmasse des Kleinvogelzuges im Radarbild nicht in Erscheinung treten und sich die Aussagemöglichkeiten des Münchner Radars auf grössere Echos von Vögeln mit relativ grosser Flughöhe beschränken. Eine solche Selektivität des Radarbildes würde auch die Variabilität der Richtungen von Nacht zu Nacht begünstigen, da Vögel in grosser Höhe stärker zu Mitwindbewegungen neigen (Bruderer 1982, Liechti & Bruderer im Druck). Öfters zeigt sich der bereits von Bruderer (1982) festgestellte Unterschied zwischen der nördlichen und der südlichen Hälfte des Bildschirms: In Abb. 3b sind die Richtungen im NE stärker nach S ausgerichtet als die diejenigen im SW, was auf eine zunehmende Angleichung der Richtungen an den Verlauf des Alpenrandes auf relativ kurze Distanz (innerhalb des Beobachtungsfeldes mit einem Radius von rund 25 km) deuten könnte. Da aber das Radarbild im Südteil durch die Löschung von Echos der nördlichsten Alpenketten gestört ist, muss auf eine detaillierte Bearbeitung dieses an sich interessanten Phänomens verzichtet werden.

Zürich (Abb.3c und 5b)
Die mit Radar feststellbaren Richtungsverteilungen weisen im Vergleich zu München eine geringere Variabilität von Tag zu Tag auf. Während beinahe der ganzen Beobachtungsperiode dominierte SW-Zug. Durch einen relativ hohen Anteil an Richtungen um 210° ist die Verteilung linksschief. Von der Hauptzugrichtung (Modus 236°) abweichende Richtungen traten besonders in Nächten mit starken Winden aus Sektor SW auf. Die Bedingungen waren aber nie so extrem, dass SE-Richtungen überwogen, wie etwa in einzelnen Nächten im Jahre 1958 (s. Steidinger 1968). Indizien für den Einfluss der Lokaltopographie auf die Zugwege bei Gegenwind sind bei Bruderer (1982) diskutiert.

Die Ringfunde zeigen für das Gebiet von Zürich im Vergleich zu München eine westlichere Hauptzugrichtung (220°) und geringere Anteile an S- und SE-Ziehern.

Beide Methoden liefern für Zürich übereinstimmend (1) kleine Anteile an S- und SE-Ziehern, (2) eine Hauptzugrichtung im Sektor SW und (3) leicht linksschiefe Häufigkeitsverteilungen des Hauptgipfels. Unterschiedlich sind (1) der gegenüber der erwarteten Hauptzugrichtung von 220° westlicher orientierte Modus der Radardaten (236°) und (2) der gegenüber den Ringfunden geringe Anteil an Richtungen um 190–200°.

Genf (Abb.3d und 5c)
Richtungsunterschiede zwischen den einzelnen Nächten existieren kaum. Selbst bei ungünstigen Zugbedingungen (Gegenwind) blieb der Zug einheitlich gegen SW gerich-

tet: Modus 224°, leichte Asymmetrie gegen links und verschwindend geringe Anteile an S- und SE-Zug. Die Ringfunde zeigen einen Modalwert von 220°, einen relativ grossen Anteil an Richtungen um 210° und nur wenige S- und SE-Zieher.

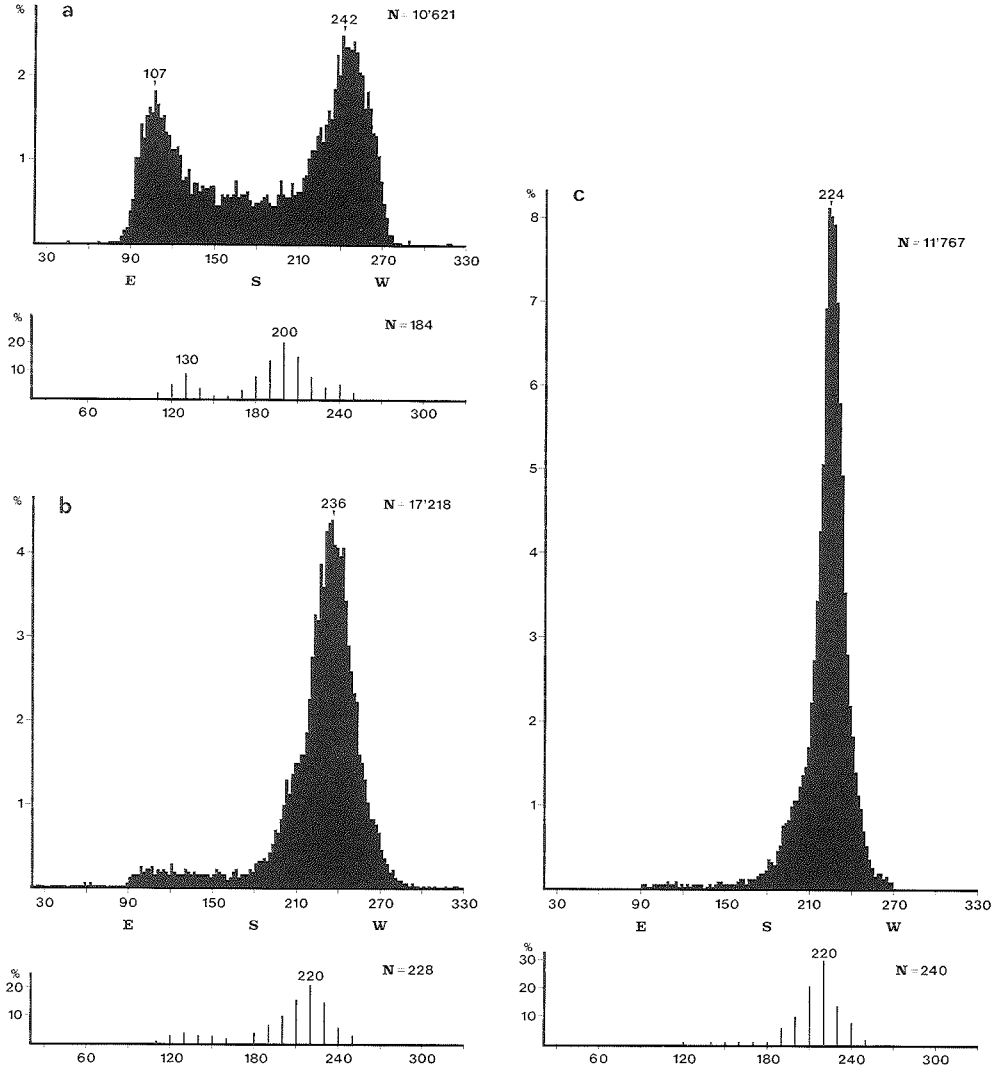


Abb. 5. Prozentuale Richtungsverteilungen des Gesamtzuges. Oben jeweils die mit Radar ermittelten ortstypischen Richtungen des Nachtzuges (Histogramme mit 2° Klassenbreite), darunter die aufgrund von Ringfunden ermittelten «Fernrichtungen» entsprechend Abb. 4 (Stabdiagramme mit 10° Klassenbreite). **(a)** München (Radarbeob. Herbst 1982), **(b)** Zürich (Radarbeob. Herbst 1983), **(c)** Genf (Radarbeob. Herbst 1982). – *Directional distribution of radar and recovery data (in percent) per site. The upper histograms with class intervals of width 2° show the site-specific directions revealed by radar. The bar charts below, with class intervals of width 10°, show the «long-distance directions» derived from ringing recoveries according to Fig. 4.* **(a)** *Munich (radar observations autumn 1982),* **(b)** *Zurich (Radar observations autumn 1983),* **(c)** *Geneva (radar observations autumn 1982).*

Radarbeobachtungen und die auf Ringfunden basierenden Erwartungswerte liefern also übereinstimmend (1) ungefähr gleiche Hauptzugrichtungen, (2) kleine Anteile an Richtungen im SE-Sektor und (3) leicht linksschiefe Häufigkeitsverteilungen. Unterschiede bestehen (1) in den Anteilen an SSW-Ziehern (die Ringfunde lassen mehr Richtungen um 190–200° erwarten) und (2) in der Streuung (Ringfunde lassen keine so grosse Konzentration von Richtungen um 224° erwarten).

Basel (Abb.3e, f und 6)
Leider konnte die Einstellung der Radaranlage im Flughafen Bâle-Mulhouse nur in einer Nacht derart optimiert werden, dass Nachtzugechos in grosser Zahl sichtbar wurden. Es stehen deshalb lediglich Magnetbandaufzeichnungen von gut 4'000 Tagzug-Flugwegen aus dem Herbst 1982 sowie Photomaterial des Nachtzugs vom 22./23. September 1983 zur Verfügung. Deshalb wurde für Basel auch keine gesonderte Ringfundauswertung vorgenommen.

Der Datensatz aus Basel wird hier trotzdem einbezogen, weil die topographischen Verhältnisse im Raum Basel für Untersuchungen der Zugrichtungen besonders interessant sind: Zwischen den relativ niedrigen Gebirgszonen der Vogesen, des Schwarzwaldes und des Jura bieten sich drei markante Talgebiete als Leitlinien an: die südsüdwestlich verlaufende Oberrheinische Tiefebene (ca. 210°), das vom E gegen Basel sich hinziehende Hochrheintal (ca. 260°) und die zwischen Vogesen und Jura liegende Burgundische Pforte (ca. 250°) (s. Abb.1).

Im Radarbild des Tagzuges sind die Zugrichtungen im östlichen Bildteil, also im Bereich der Burgundischen Pforte, gegenüber den Flugwegen in der oberen Bildhälfte (Bereich Oberrheinische Tiefebene) leicht nach W abgedreht. Die wenigen Vogelechos im E lassen ebenfalls keine S-Tendenz entsprechend der oberen Bildhälfte erkennen. Genau wie bei München lässt sich diese Erscheinung nicht quantitativ untersuchen, weil nicht klar ist, wie stark die

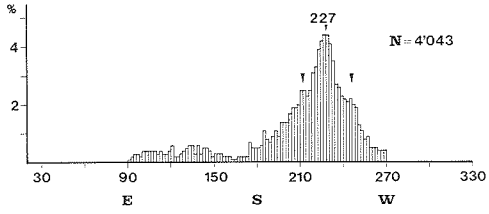


Abb.6. Prozentuale Richtungsverteilung von Tagzugechos am Überwachungsradar in Bâle-Mulhouse (Histogramm mit 2° Klassenbreite, Herbst 1982). – *Frequency distribution of flight directions in diurnal migration at the surveillance radar at Basle-Mulhouse (histogram with class intervals of width 2°, autumn 1982).*

Ausschaltung von Bergechos auch Vogelechos reduziert und damit das Erscheinungsbild des Zuges verfälscht.

In der Nacht vom 22. auf den 23. September 1983 herrschten grossräumig meteorologisch ungestörte Zugbedingungen. Wolkenloser Himmel und geringe Windgeschwindigkeiten erlaubten Zug in grösseren Höhenbereichen, was nur einen geringfügigen Topographieeinfluss erwarten lässt. Die Richtungen der sehr feinen Nachtzugechos sind schwer ausmessbar; die ungefähr 200 vermessenen Echos zeigen eine südwestliche Richtung. Der generelle Eindruck des Bildes entspricht demjenigen des Tagzuges, wonach die Streuung der Richtungen in der NE-Hälfte des Bildes – gemäss den Hauptelementen der Topographie – grösser ist als in der SW- Hälfte (Burgundische Pforte).

Im Tagzug zeigen sich etwas weniger stark, aber analog zu München und wohl begünstigt durch denselben radartechnischen Artefakt, sprunghafte Änderungen der Zugrichtungen von Tag zu Tag. Die Schwankungen der Vorzugsrichtungen bewegen sich zwischen SSW und WSW. Die durchschnittliche Verteilung der Richtungen ergibt ein beinahe symmetrisches Histogramm mit einem Modus bei 227° und zwei «Schultern» bei ungefähr 215° und 245°. Das Radarbild wie auch die beiden Nebengipfel entsprechen der Hypothese, dass zusätzlich zu einer vorherrschenden Grundrichtung – die gemäss Ringfunden et-

wa bei 220° liegen dürfte – topographisch bedingte Nebenrichtungen auftreten.

Paris (Abb. 4)
Für den Raum Paris verfügen wir über keine eigenen Radardaten. Die einzigen Hinweise auf Radarbeobachtungen (Laty 1972) deuten aber auf eine recht genaue Übereinstimmung von Ringfund- und Radarrichtungen.

2.2. Diskussion

Die vorliegenden Daten sollen zeigen, ob die an Radarstationen feststellbaren «Lokalrichtungen» mit den aufgrund von Ringfunden ermittelten «Fernrichtungen» übereinstimmen. Es geht nun darum, zu beurteilen, wie zuverlässig und aussagekräftig die mit den beiden Methoden erreichbaren Ergebnisse sind und welche Differenzen allenfalls durch Verzerrungen in den verschiedenen Datensätzen verursacht sein könnten.

2.2.1. Beurteilung der Radardaten

Vergleiche der Echodichten zwischen verschiedenen Radaranlagen dürfen nicht als unterschiedliche Zugdichten interpretiert werden, sondern deuten in erster Linie auf Unterschiede in der Qualität oder Einstellung der Radargeräte. Zeitliche Schwankungen der Echodichten auf demselben Radargerät können Ausdruck unterschiedlicher Zugdichten sein, sind aber oft durch variierende Zughöhe beeinflusst. Unterschiedliche Echodichten in verschiedenen Bereichen des Radarbildes können durch STC- oder MTI-Vorrichtungen verursacht sein oder auf verminderte Sichtbarkeit von Vogelechos über gelöschten Standzeichen (z.B. Echos von Bergen) zurückgehen.

Zugrichtungen werden weniger durch Artefakte beeinflusst als Echodichten. Sie stehen deshalb hier als einzige Zielgrösse zur Diskussion. Immerhin ist zu beachten, dass ein von Radaranlage zu Radaranlage wechselnder Anteil von bodennahen oder sehr hohen Flugwegen im Datenmaterial unterrepräsentiert ist und dass MTI-Vorrichtungen nicht nur tangential fliegende Objekte abschwächen, sondern auch über Berggebieten einen «sauberen Radarschirm» vortäuschen, obwohl Vogelechos vorhanden wären. Die Eliminierung bestimmter Echokategorien (z.B. kleine oder langsame Objekte) kann das Richtungsspektrum nachhaltig beeinflussen. Auch unter der Annahme, dass die radartechnischen Verzerrungen vernachlässigbar seien, können verschiedene Auswerteverfahren zu voneinander abweichenden Resultaten führen. Ein Vergleich der hier vorgelegten Daten mit früheren Auswertungen von Filmmaterial aus München soll diese Auswerteproblematik aufzeigen:

Becker et al. (1983) berücksichtigten nach Auskunft von J.Hild (briefl.) pro Nacht je nach Verfügbarkeit bis zu zwölf mindestens eine Stunde auseinander liegende Photos. Die Gewichtung einer Nacht wird demnach allenfalls durch die Zahl der verfügbaren Photos beeinflusst, während die Schwankungen der Zugintensität von Nacht zu Nacht nicht berücksichtigt sind. Pro Photo wurde nur eine dominierende Richtung bestimmt. Da SE-Richtungen nur relativ selten als einzige oder dominierende Richtung, häufig aber als sekundäre oder tertiäre Richtungen neben SW- und S-Zug vorkommen fehlen sie in den Diagrammen von Becker et al. (l.c.) beinahe vollständig. Ein Vergleich mit unsern Daten ist nicht möglich, ebensowenig mit den Angaben von Bruderer (1982), der mit der Herbstzugperiode 1979 einen Teil desselben Materials auswertete, das auch Becker et al. verwendeten.

Bruderer (1982) vereinfachte die Auswertung, indem er nicht die Richtungen einzelner Echos bestimmte, sondern die Vielfalt der pro Nacht auftretenden Richtungen dadurch berücksichtigte, dass er für jede Nacht drei deutlich hervortretende Richtungen ermittelte, diese entsprechend ihrer relativen Bedeutung mit einem Faktor 1, 2 oder 3 gewichtete und mit einer der Zugdichte in der betreffenden Nacht entsprechenden Signatur in das Richtungsdia-

gramm eintrug. Durch die Gewichtung von Richtungskomponenten erster bis dritter Priorität an Stelle der Summierung der Richtungen von Einzelechos wird die Streuung überbewertet, wenn Massenzug in eine Richtung begleitet ist von andern Richtungsanteilen, die deutlich schwächer sind als es die Prioritätsfaktoren zum Ausdruck bringen. Unter Berücksichtigung dieser methodischen Differenz und einer allenfalls dadurch erhöhten Streuung zeigt die Darstellung von Bruderer (1982) im Bereich des SW- und SE-Zuges eine recht gute Übereinstimmung mit den hier vorgelegten Daten. Der grössere Anteil an Südziehern in Bruderers Daten ist zu diskutieren (s. unten).

München

Unsere Ergebnisse bestätigen die von Bruderer (1982) ermittelten starken Zugkomponenten im Bereich 240–250°, während die Richtungsanteile um 230° und 220° in unsern Daten deutlich schwächer sind. Der SE-Zug ist in unsern wie auch in Bruderers Daten nahezu gleich stark wie der SW-Zug, wobei in Bruderers Diagramm auch im SE eine breitere Richtungsstreuung auftritt (100–130° gegenüber 100–115° in den hier vorgelegten Daten). Die Differenzen dürften auf die beschriebenen Unterschiede in der Auswertemethodik zurückgehen; die hier charakterisierte geringere Richtungsstreuung ist gemäss Abschnitt 1.2. immer noch etwas zu gross, kommt aber der Realität sicher näher. Die starke Betonung südlicher Richtungsanteile (vor allem 170–180°) bei Bruderer (1982) kann nicht auf Differenzen in der Auswertemethode zurückgeführt werden, da Becker et al. (1983), die nur eine Hauptzugrichtung pro Photo berücksichtigten, den S-Zug (170–200°) als Hauptelement des Nachtzuges im Raum Oberbayern auswiesen. Angesichts der extremen Variabilität der Richtungen von Tag zu Tag halten wir es für möglich, dass unter bestimmten Wetterverhältnissen viele Vögel versuchen, direkt südwärts zu fliegen und damit den ihrer «Fernrichtung» am nächsten liegenden, kürzesten Weg durch die Alpen wählen, der zudem durch mehrere Richtung Brenner-Pass verlaufende Täler begünstigt wird. Eine Identifizierung der entsprechenden Wetterlagen war nicht möglich, da die Datierung des Filmmaterials nicht synchron war mit auf den Filmen eindeutig erkennbaren Wetterabläufen. Im Vergleich zu den Radaranlagen in Zürich und Genf zeigt die Münchner Anlage extrem reduzierte Echozahlen (bei viel längeren Belichtungszeiten). Es scheint, dass in München nur relativ grosse, rasche Ziele erfasst werden; eine Beschränkung auf relativ hohe Ziele scheint möglich. Die Ergebnisse aus München wären deshalb insofern zu relativieren, als die Aussage stark durch Limikolen- und Drosselzug in eher grossen Flughöhen geprägt sein könnte. Damit würde sowohl der zeitweise starke Südzug wie auch die extreme Variabilität von Nacht zu Nacht besser erklärbar, da Bloch et al. (1981) für Wat- und Wasservögel über den Alpen eine verstärkte Windabhängigkeit der Zugrichtungen nachwiesen, und Rüsch & Bruderer (1981) wie auch Liechti & Bruderer (im Druck) verstärkte windbedingte S- bzw. SE- Tendenz hoch fliegender Vögel am Alpenrand aufzeigten.

Richtungsunterschiede zwischen Vögeln in der Nord- und Südhälfte des Radarschirms in München stützen die Vermutung, dass sich die Richtungen bei der Annäherung an die Alpen verändern. Die Beobachtungen in München genügen für einen Beweis dieser Erscheinung allerdings nicht. Beobachtungen mit Zielfolgeradar am Alpenrand haben aber die notwendigen Belege geliefert, und haben gezeigt, dass im Anflugbereich zu einem Hindernis in zunehmendem Masse Anpassungen der Flugrichtungen erfolgen und dass manche Individuen den Entscheid zur Überquerung oder Umfliegung einer Bergkette erst im unmittelbaren Kontakt mit dem Hindernis fällen (Liechti & Bruderer im Druck und Schmid Mskr.).

Zürich

Steidinger (1968) bestimmte am alten Cos-

sor-Überwachungsradar in Zürich-Kloten bei ungestörten Wetterlagen eine mittlere Richtung des Nachtzuges von 243°. Bruderer (1975, 1978, 1981) ermittelte mit Zielfolgeradar in verschiedenen Gebieten um Zürich unter Einschluss aller Wetterlagen Hauptzugrichtungen von 240–250° und eine leichte Asymmetrie der Verteilungen gegen S. Die Hauptzugrichtung dominierte in allen Höhenbereichen und bei klarem Himmel auch unter allen Windverhältnissen; bei bedecktem Himmel waren stärkere Richtungsabweichungen im Sinne des vorherrschenden Windes zu verzeichnen (Bruderer 1978).

In den vorliegenden Daten zeigt der Gesamtzug in Zürich eine im Vergleich zu den obigen Daten leicht gegen S abweichende Modalrichtung (236°). Gemäss Kap.3 wird diese südlichere Richtung geprägt durch ein starkes Übergewicht an Augustdaten mit einem Modus von 232°, während der Modus im Spätherbst bei 244° liegt. Dieser ist praktisch identisch mit den von Steidinger im Oktober und von Bruderer im Oktober und in der zweiten Septemberhälfte ermittelten Hauptrichtungen.

Obwohl die heute zur Verfügung stehende Radaranlage in Kloten nicht mehr so prägnante Vogelzugbilder liefert wie die alte Cossor-Anlage (vgl. etwa Abbildungen bei Sutter 1957b und bei Steidinger 1968), stimmen die Ergebnisse sowohl mit den alten Überwachungsradar-Daten wie auch mit den Beobachtungen am Zielfolgeradar überein und können deshalb als zuverlässig betrachtet werden.

Genf

Der Modalwert ist gegenüber den weiter östlich gelegenen Beobachtungsorten gegen S abgedreht. Dies bestätigt die von Bruderer (1981) postulierte und für den Raum Payerne belegte, stärker werdende S-Tendenz des Zuges im westlichen Teil des Schweizerischen Mittellandes. Die ausserordentlich gute Qualität des Radarbildes in Genf, das abgestuft nach Distanz Vogelechos in drei verschiedenen Höhenbereichen hervortreten lässt, unterstreicht die Zuverlässigkeit der zwischen Jura und Alpen ermittelten Richtungstendenzen. Zu beachten ist, dass über die Richtungen ausserhalb der Bergketten nur beschränkte Aussagen (nur über sehr hoch fliegende Vögel) möglich sind. Würden jedoch Vögel in grösserer Zahl von NE her über die Ketten des Hochjura einfliegen, müssten sie im Bereich zwischen Alpen und Jura in den MTI-Leersektoren sehr auffallend zur Darstellung kommen. Die Wahrscheinlichkeit, dass ein nennenswerter Anteil an SSW- oder S-Ziehern übersehen wird, ist gering. Zumindest in diesem weit westlich gelegenen Bereich mit SSW-licher Ausrichtung der Juraketten scheint die Überquerung der Ketten selten.

Basel und Paris

Die Aussagemöglichkeiten sind aufgrund des verfügbaren Materials in beiden Fällen äusserst beschränkt und durch keine andern Daten zu erhärten. Aus Feldbeobachtungen geht hervor, dass tagsüber wandernde Kleinvögel in vergleichbarer Zahl den Baselbieter Tafeljura und die Freiberge überfliegen, während Saatkrähen und Ringeltauben in den Freibergen eher nördlich vorbeiziehend gesehen wurden (Sutter 1945, 1948). In diesen stärker E-W ausgerichteten Teilen des Jura ist im Gegensatz zu Genf mit grossen Zuganteilen zu rechnen, die die Gebirgszüge überqueren. Abgelenkte Zuganteile könnten auf spezielle Arten zurückgehen, die ähnlich wie Ringeltauben und Saatkrähen den Zug über flacheren Geländeteilen bevorzugen.

Anteile des SW- und SE-Zuges

Die Radardaten dürften im Falle von Zürich und Genf ein realistisches Bild über die Anteile von SW- und SE-Zug liefern. Im Falle von München scheint eine Überbewertung der SE-Kohorte aufgrund einer gewissen Selektivität für grössere Flughöhen und grosse bzw. rasche Ziele wahrscheinlich. Trotz der vermuteten Überbewertung des SE-Zuges in München darf die relative Zunahme des SE-Zuges von W nach E als Realität betrachtet werden. Das

quantitative Ausmass dieser Zunahme wäre aber nur mit vergleichbaren Radaranlagen bestimmbar.

2.2.2. Beurteilung der Ringfunddaten

Wie Perdeck (1977) zeigte, sind Ringfunddaten stets durch unterschiedliche Fundwahrscheinlichkeiten in verschiedenen Gebieten verzerrt. Es ist deshalb zu klären, ob Ringfunde die «Fernrichtung» für den Vergleich mit «Radar-Lokalrichtungen» mit genügender Genauigkeit charakterisieren.

Anteile des SW- und SE-Zuges
Aus Ringfunden lässt sich der Anteil des SW-Zuges und des SE-Zuges für ein bestimmtes Gebiet nicht bestimmen, da die Fundwahrscheinlichkeit im SE geringer ist als im SW. Die vorgenommene, subjektive Auswahl der Arten versuchte die unterschiedliche Fundwahrscheinlichkeit auszugleichen, erlaubt aber keinesfalls einen quantitativen Vergleich der beiden Hauptkohorten des Zuges. Wesentlich, und durch Radar wie auch durch Ringfunde bestätigt, ist die relative Zunahme des SE-Zuges von W nach E. Für die bearbeiteten Arten dürften die Ringfunde die relative Zunahme des SE-Anteils von W nach E besser wiedergeben als die Radardaten (da gemäss Abschnitt 2.2.1. die verschiedenen Radargeräte keine direkt vergleichbaren Daten liefern): Wenn man den SE-Anteil der Ringfunde in München gleich 100% setzt, so ergibt sich im Vergleich zu diesem Wert für Zürich eine Reduktion des SE-Zuganteils um 40%, für Genf und Paris eine Reduktion um 85%.

Richtungen in der SW- bzw. SE-Kohorte
Das Ausmass der Verfälschung der Richtungen durch unterschiedliche Fundwahrscheinlichkeit ist nicht definierbar. Es muss angenommen werden, dass in den Gebieten, aus denen Vögel in nennenswerter Zahl Richtung Oberitalien und Südwestfrankreich fliegen (d.h. beim hier bearbeiteten Material in München), südliche Richtungen überproportional vertreten sind. Bei den Richtungsdiagrammen für Zürich und Genf könnten allenfalls südliche Richtungen infolge der geringen Fundwahrscheinlichkeit im Mittelmeer unterrepräsentiert sein, bei Paris könnte der Golf von Biscaya die Fundrate westlich des ermittelten Hauptvektors von 210° reduzieren. Die Konvergenz der Ringfundrichtungen in SW-Europa könnte deshalb ein Artefakt sein. Die Radardaten aus Paris sowie aus Genf und Zürich stützen jedoch die Annahme, dass die Konvergenz der Ringfunde dem tatsächlichen Zugverhalten entspricht.

Da Zink (1973, 1975 und 1981) sehr häufige Arten wie etwa das relativ spät und kurze Strecken ziehende Rotkehlchen sowie den früh ziehenden und auf der Iberischen Halbinsel rastenden Trauerschnäpper nicht bearbeitete, könnten in unserer Ringfundauswahl westliche Richtungen unterrepräsentiert sein. Um das Ausmass dieses Fehlers abzuschätzen, kontrollierten wir die schweizerischen Ringfunde der beiden Arten im Hinblick auf ihre Ziel- und Herkunftsrichtungen. Berechnugen von L.Jenni ergaben dazu folgende Werte: Die Herkunftsrichtungen der Rotkehlchen *Erithacus rubecula* streuen sehr breit um einen Mittelwert von 221°, die mittlere Zielrichtung beträgt ungefähr 210°. Beim Trauerschnäpper *Ficedula hypoleuca* liegen die mittleren Zielrichtungen zu den Rastgebieten für schweizerische Vögel bei 223°, für Durchzügler bei 237°; die Herkunftsrichtung von 215° ist weniger aussagekräftig, da Vögel aus Schweden und Finnland infolge der dort üblichen intensiven Nestlingsberingung übervertreten sind. Aus diesen Daten ergibt sich, dass das von uns als repräsentativ betrachtete Richtungsspektrum der SW-Kohorte durch den Einbezug des Rotkehlchens zumindest in der Schweiz kaum verändert würde. Die Durchzügler des Trauerschnäppers könnten das Richtungsspektrum in der ersten Hälfte unserer Beobachtungsperiode im Sinne einer Verminderung des Unterschiedes zu den Radarrichtungen beeinflussen. Da aber die Unterschiede zwischen Radar- und Ringfundrichtungen in der zweiten Hälfte der

Beobachtungsperiode (Zeit des Rotkehlchenzuges) eindeutig bestehen und der Trauerschnäpper unter den nachtziehenden Singvögeln als Extremfall westlicher Zugrichtungen zu betrachten ist, nehmen wir an, dass die hier als Vergleichsbasis verwendeten Richtungsspektren höchstens in der ersten Hälfte der Zugperiode und nur wenig verzerrt sind.

Die aus den Ringfunden resultierende Richtung des SE-Zuges (um 130°) weist auf den Ostrand des Mittelmeeres und entspricht damit dem, was man aufgrund allgemeiner Kenntnisse erwarten würde. Da in Italien eher eine überdurchschnittliche Fundrate zu erwarten ist, dürfte das Fehlen von Richtungen zwischen S und SSE der Realität entsprechen.

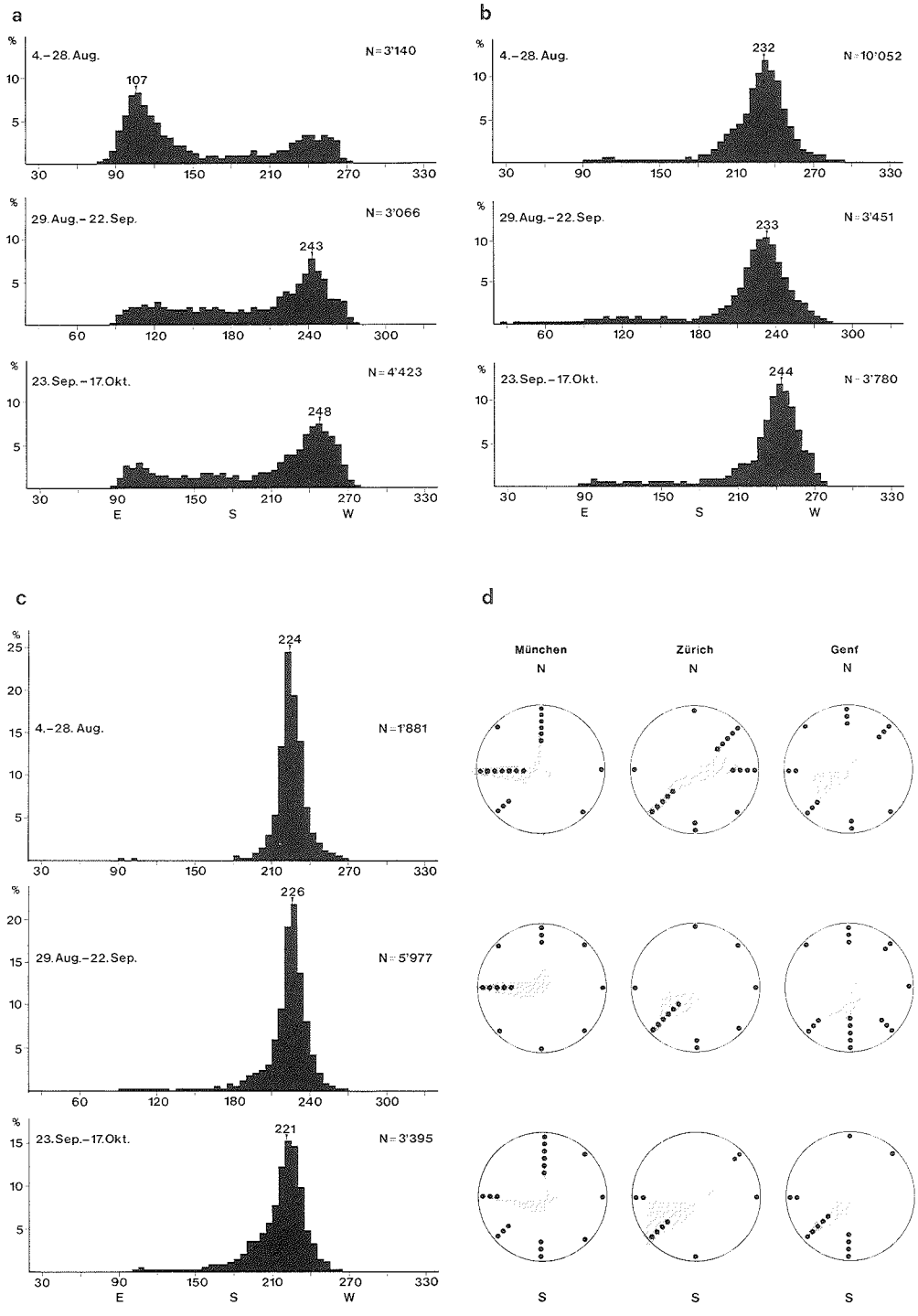
3. Jahreszeitliche Veränderung der Zugrichtungen

Ausgeprägte Zugvögel ziehen früh im Herbst weg und legen grosse Zugstrecken zurück (Langstreckenzieher, Transsaharazieher; s. etwa Dorka 1966, Jenni 1984). Ringfunde (Zink 1973, 1975, 1981) deuten an, dass vor allem nordische Langstreckenzieher stärker südlich orientiert sind als Kurzstreckenzieher und deshalb eher zur Überquerung der Hinderniskette Alpen–Mittelmeer–Sahara neigen dürften. Jenni (in Vorb.) stützt diese Vermutung, indem er zeigt, dass in den Alpen gefundene Vögel derselben Art in der Regel aus weiter nördlich liegenden Gebieten stammen als im Schweizerischen Mittelland gefundene Individuen. Möglich wäre auch, dass die Rastgebiete nordischer Langstreckenzieher in Frankreich und Spanien z.T. weiter östlich liegen als die Winterquartiere der Kurzstreckenzieher. Aufgrund dieser Hinweise wird postuliert, dass die Verteilung der Zugrichtungen mit fortschreitender Jahreszeit eine Abnahme der eher südlich orientierten Langstreckenzieher zu Gunsten der eher westlich ausgerichteten Kurzstreckenzieher zeigen sollte.

Ausserdem stellt sich die Frage, inwiefern solche jahreszeitlichen Verschiebungen die Gesamtverteilung gemäss Kap.2 beeinflussen. Um solche Veränderungen quantitativ zu beurteilen, wurden drei Zeitabschnitte gebildet, die je fünf aufeinanderfolgende Pentaden enthalten: (1) Pentaden 44–48, 4.–28.8., (2) Pentaden 49–53, 29.8.–22.9., (3) Pentaden 54–58, 23.9.–17.10. (Numerierung der Pentaden nach Berthold 1973). Die für jeden Zeitabschnitt ermittelten prozentualen Richtungsverteilungen sind in den Abb.7a–c für die Beobachtungsorte München, Zürich und Genf dargestellt. Da Zugrichtungen stark durch Winde beeinflusst sein können, ist in Abb.7d in geraffter Form eine Information über die Windverhältnisse auf einer für den Vogelzug relevanten Höhe zusammengefasst. Abb.7d zeigt mit den gerasterten Windpolygonen (für die drei Stationen und die drei Perioden) die Summe der Windvektoren auf ca. 1000 m ü.B. um Mitternacht (in allen Nächten, in denen Zugrichtungen ausgemessen werden konnten). Die Punkte zeigen die Verteilung der Windrichtungen (ohne Berücksichtigung der Windgeschwindigkeit). Die Daten dazu wurden dem täglichen Wetterbericht des Deutschen Wetterdienstes entnommen, und zwar den Radiosondagen von München (für München) und Payerne (für Genf und Zürich).

3.1. Radardaten

München (Abb.7a)
Im ersten Zeitabschnitt überwogen ESE-Zieher. In den folgenden zwei Perioden dominierte WSW-Zug neben einem doch recht starken Anteil an S- und SE-Ziehern. Der WSW-Gipfel verschob sich im Laufe der Saison leicht Richtung W, und Richtungen rechts des Gipfels erhielten mehr Gewicht. Diese Fakten entsprechen der oben formulierten Hypothese. Betrachtet man jedoch zusätzlich die Winddaten, so zeigt sich, dass in der ersten Periode die den SE-Zug begünstigenden West- und Nordwinde dominierten, und dass in der letzten Periode südliche und südwestliche Winde eine Verschiebung des Hauptpeaks gegen W


a
4.–28. Aug.
N=3'140
107
29. Aug.–22. Sep.
N=3'066
243
23. Sep.–17. Okt.
N=4'423
248
b
4.–28. Aug.
N=10'052
232
29. Aug.–22. Sep.
N=3'451
233
23. Sep.–17. Okt.
N=3'780
244
c
4.–28. Aug.
N=1'881
224
29. Aug.–22. Sep.
N=5'977
226
23. Sep.–17. Okt.
N=3'395
221
E
S
W
d
München
Zürich
Genf
N
S

und Nordwinde ein erneutes Ansteigen des SE-Anteils begünstigten.

Zürich (Abb.7b)
Bemerkenswert ist die leichte Drehung der Modalrichtung gegen W (von 232° nach 244°) analog zu München. Zudem ist die Verteilung zu Beginn der Zugzeit stärker linksschief. Auch hier stützen die Beobachtungen die Hypothese. Im dritten Zeitabschnitt ergibt sich eine Richtung von 244°, die gut mit den aus vergleichbaren Perioden stammenden Daten von Steidinger (1968) und Bruderer (1975, 1978, 1981) übereinstimmt. Nach Steidinger (1972) beeinflussen seitliche Rückenwinde die Zugrichtungen nur wenig. Aufgrund der Windverhältnisse ist deshalb kein wesentlicher Unterschied zwischen den beiden ersten Perioden zu erwarten. Auch in der dritten Periode ist die vorhandene Drehung der Zugrichtungen auf W nicht mit veränderten Windbedingungen zu erklären. Im Falle von Zürich sprechen deshalb die Daten für die Hypothese.

Genf (Abb.7c)
Die Verteilungen sind in allen drei Zeitabschnitten ähnlich; der Modalwert bleibt annähernd konstant; im Gegensatz zu den andern beiden Beobachtungsorten nimmt der Anteil an SSW- Ziehern im Verlauf der Saison geringfügig zu. Ein Windeinfluss ist nicht feststellbar.

3.2. Diskussion

Die Verschiebung des Modus der SW-Kohorte gegen W entspricht bei Zürich und München der postulierten Zunahme von westlicher ausgerichteten Kurzstreckenziehern gegenüber eher südsüdwestlich orientierten Langstreckenziehern. Im Falle von München ist aber nicht auszuschliessen, dass die saisonalen Richtungsänderungen durch Änderungen der Windverhältnisse induziert wurden. Im Falle von Zürich ist ein solcher Windeinfluss weniger wahrscheinlich. Immerhin ist zu beachten, dass die letzte Periode in Zürich relativ wenige Nächte umfasst; ausserdem sind die den Wetterberichten entnommenen Winddaten nicht sehr zuverlässig, weil auf der Höhe von 1000 m ü.B. oft Windscherungen vorkommen und bei Fehlen der Messung bei 1000 m auf die Messung bei 500 m (notfalls 1500 m) zurückgegriffen werden musste. Beobachtungen mit Zielfolgeradar (Bruderer unpubl.) zeigen keine entsprechende Verschiebung des Modus, sondern nur eine leichte Abnahme des Anteils an SSW-Ziehern mit fortschreitendem Herbst. Die Hypothese kann nach bisherigem Stand des Wissens noch nicht eindeutig bestätigt werden, obwohl die Daten aus Zürich dafür sprechen.

Die Bedeutung der hier festgestellten jahreszeitlichen Verschiebung von Richtungsanteilen und Modus liegt vor allem darin, dass die Differenz zwischen der hier ermittelten Gesamtzugrichtung in Zürich und entsprechenden Messungen von Steidinger (l.c.) und Bruderer (l.c.) zumindest teilweise mit dem zahlenmässigen Überwiegen von relativ stark südwärts ausgerichteten Augustbeobachtungen im vorliegenden Material erklärt werden kann. Für Genf ist bedeutungsvoll, dass im Verlauf der Saison keine wesentlichen Richtungsänderungen festzustellen sind.

Abb. 7. Jahreszeitliche Änderungen der Richtungsverteilungen für je drei Perioden (Klassenbreite 5°). Die Windpolygone in **(d)** fassen für dieselben Perioden die Windvektoren (Richtung und Stärke des Windes) auf ca. 1000 m ü.B. zusammen; die Zahl der Punkte pro Richtung entspricht der Anzahl Nächte mit dieser Windrichtung. **(a)** München (1982), **(b)** Zürich (1983), **(c)** Genf (1982). – *Seasonal changes in the distribution of direction for three periods of five pentades (class intervals 5°). The wind polygones in Fig. 7d summarise the mid-night wind vectors (direction and speed of wind) at about 1000 m AGL for the same periods; the number of points per direction corresponds to the number of nights with that wind direction.* **(a)** *Munich (1982),* **(b)** *Zurich (1983),* **(c)** *Geneva (1982).*

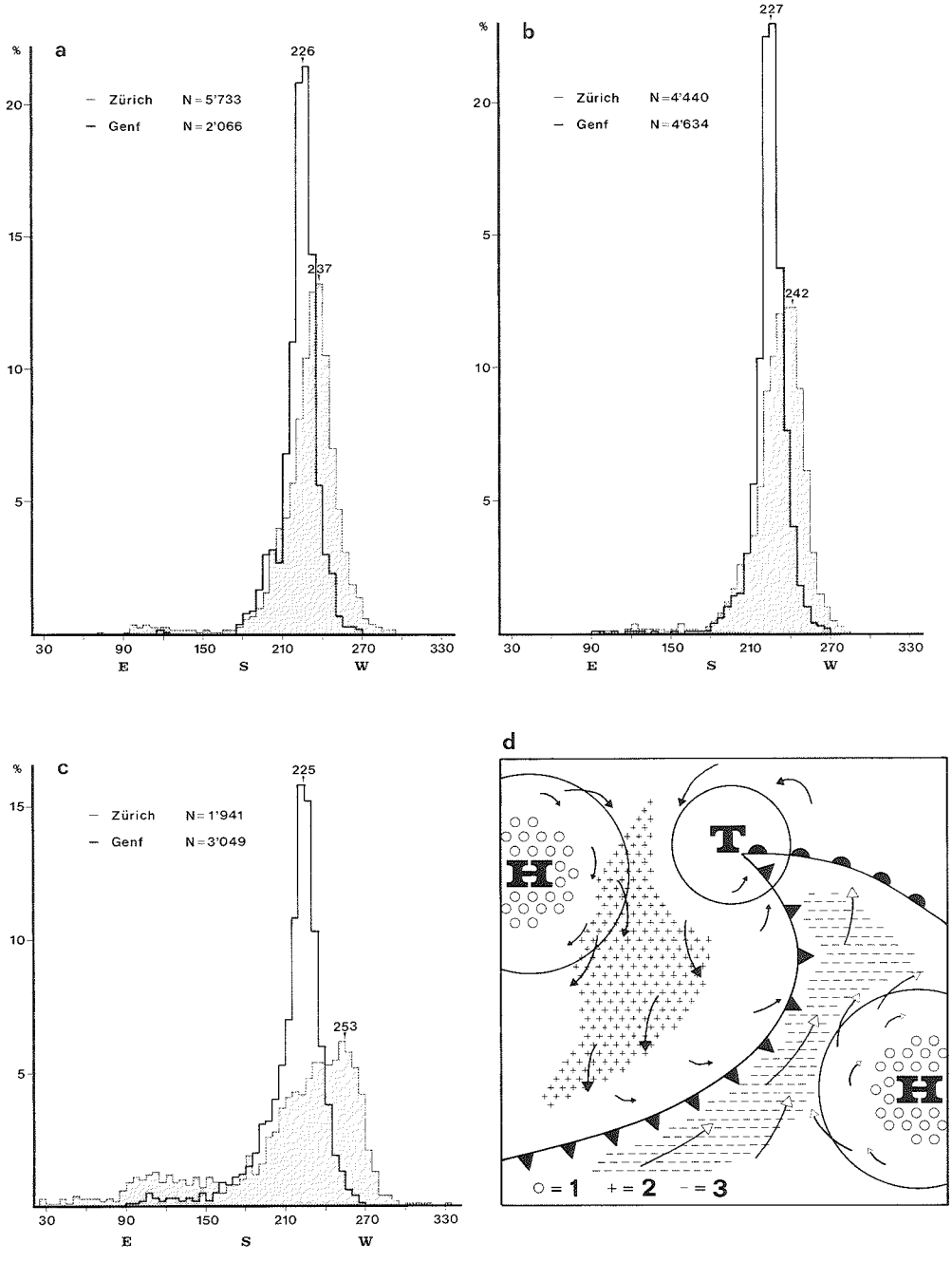


Abb. 8. Prozentuale Richtungsverteilung in Zürich (punktiert) und Genf (weiss) bei verschiedenen Wetterlagen. **(a)** Neutrale Wetterlagen, **(b)** günstige Wetterlagen mit Rückenwind, **(c)** ungünstige Wettersituationen mit Gegenwind, **(d)** schematische Wetterkarte. Die eingezeichneten Symbole bezeichen Gebiete, in denen für den Vogelzug unterschiedliche und eindeutig definierbare Zugbedingungen herrschten: 1 =

4. Zugrichtungen bei verschiedenen Wetterlagen

Aufgrund von früheren Untersuchungen im Schweizerischen Mittelland (Sutter 1957a, b und 1961, Steidinger 1968 und 1972, Bruderer 1971) ist anzunehmen, dass sich Hauptzugrichtung und Richtungsverteilung im Zusammenhang mit veränderten Wetter-, insbesondere Windverhältnissen ändern. Anhand des genau datierten Materials aus Zürich und Genf soll hier geprüft werden, ob sich entsprechende Einflüsse am vorliegenden Zürcher-Material bestätigen lassen, und ob die Veränderungen in Genf allenfalls durch die richtende Wirkung der nahen Gebirgszüge reduziert sind.

Zur Untersuchung des Wettereinflusses auf die Zugrichtungen wurden aufgrund eigener Erfahrungen und in Anlehnung an Richardson (1978) drei Wettersituationen definiert, die für Vögel «neutrale», «günstige» bzw. «ungünstige» Zugbedingungen darstellen sollen (s. Abb.8d): (1) In zentralen Bereichen von Hochdruckgebieten herrschen meist schwache Winde und somit für Vögel relativ ungestörte bzw. neutrale Bedingungen. (2) Kalte nordöstliche Winde nach dem Abziehen einer Kaltfront und auf der Ostseite eines Hochs werden als günstige Wetterlagen betrachtet. (3) Auf der Westseite einer Antizyklone und im Warmsektor einer Zyklone sind die Bedingungen für den Herbstzug aufgrund der vorwiegend südwestlichen Winde eher ungünstig.

Für die Auswertung wurden nur diejenigen Nächte einbezogen, die eindeutig einer der drei Wetterklassen zugeordnet werden konnten. Zusätzliche Bedingung war, dass Bodenwind und Bewölkungsverhältnisse generell mit der Wetterklassierung übereinstimmten. Grundlage der Wetterklassierung bildeten die täglichen Wetterberichte der Schweizerischen Meteorologischen Anstalt Zürich.

4.1. Radardaten

Zürich (Abb.8, punktiert)
Die Richtungsverteilungen zeigen zwischen neutralen und günstigen Zugbedingungen keine wesentlichen Unterschiede. Bei ungünstigen Zugbedingungen (Gegenwind) verlagert sich die Modalrichtung nach W (253°), daneben zeigt sich ein erhöhter Anteil an S- und SE-Ziehern; insgesamt streuen die Richtungen wesentlich stärker als in den beiden andern Situationen.

Genf (Abb.8, weiss)
Die Richtungsverteilungen sind für alle drei Zugbedingungen ähnlich; die Modalwerte bleiben praktisch konstant, die Streuung ist aufgrund einer leichten Zunahme der S-Zieher bei ungünstigen Zugbedingungen nur geringfügig erhöht.

4.2. Diskussion

Der Einfluss verschiedener Wetterfaktoren, insbesondere des Windes auf die Zugrichtungen nächtlich ziehender Vögel wurde im Schweizerischen Mittelland schon mehrfach untersucht (Sutter 1957a, b und 1961, Steidinger 1968 und 1972, Bruderer 1971 und 1975, Rüsch & Bruderer 1981). Aus den bisherigen Studien geht hervor, dass Gegenwind aufgrund rein vektorieller Zusammenhänge die Streuung der Zugrichtungen im Vergleich zu Rückenwinden erhöht. Durch Winde, die der Hauptzugrich-

neutral, 2 = günstig, 3 = ungünstig. Übergangsgebiete sind offen gelassen. Die Richtung der Pfeile deutet die vorherrschende Windrichtung an, die Grösse der Pfeile die Windstärke; dunkle Pfeilspitzen markieren Kaltluft, helle Pfeilspitzen Warmluft. – *Frequency distribution of migratory directions under different weather conditions (histogram of Zurich shaded).* **(a)** *neutral weather conditions,* **(b)** *favourable conditions with following winds,* **(c)** *unfavourable conditions with opposed winds,* **(d)** *schematic weather map. The areas characterized by different symbols indicate parts of the weather systems with different and clearly defined conditions for migration: 1 = neutral, 2 = favourable, 3 = unfavourable. Transitional zones are left in white. The arrows indicate the prevailing wind directions, their size the wind force; dark arrows indicate cold air, light arrows warm air.*

tung entgegen wirken, werden sekundäre Zugrichtungen (z.B. SE-Zug) relativ oder absolut begünstigt. Winde aus Richtungen rechts des Hauptzugvektors (im Herbst aus Richtung W bis NNE, im Frühling aus E bis SSW) beeinflussen das Richtungsspektrum stärker als Winde von links des Hauptzugvektors. Die Hauptzugrichtung und die Verteilung der Richtungen werden durch seitliche Rückenwinde weniger verändert als durch seitliche Gegenwinde.

Die in der vorliegenden Arbeit einer einfachen synoptischen Beurteilung unterzogenen Daten bestätigen für Zürich die obigen Feststellungen. Die Daten von Genf widersprechen jedoch allem bisher Bekannten: Während das weitgehende Fehlen von S- und SE-Ziehern, abgesehen von der kanalisierenden Wirkung der Gebirgszüge, auch aufgrund der zahlenmässigen Abnahme von SE-Ziehern im westlichen Mitteleuropa erklärt werden kann, lässt sich die extreme Konstanz des Modus in Genf in allen Wettersituationen eigentlich nur mit der leitenden Wirkung der Gebirgszüge plausibel begründen.

5. Folgerungen und Schlussdiskussion

5.1. Richtungspektren nach Radar- und Ringfunddaten

Die erste zu prüfende Hypothese war gemäss S. 207, ob die ausserhalb des Bereichs der Alpen (Raum Paris) bestehende Kongruenz zwischen Radar- und Ringfundrichtungen in Alpennähe abgelöst würde durch eine aufgrund der Topographie erklärbare Differenz. Ein zweite, eng damit verknüpfte Hypothese postulierte örtlich verschiedene Richtungspräferenzen, die dem Verlauf des Alpenrandes entsprechen.

Die erste Hypothese wird durch die vorliegenden Daten klar bestätigt, indem die Richtungen der SW-Kohorte eine von Genf über Zürich bis München zunehmende Abweichung der «Lokalrichtungen» von den «Fernrichtungen» zeigen (s. Abb.9). Entsprechend der Richtung des Alpenrandes drehen die am Radar beobachtbaren Richtungen von W nach E im Uhrzeigersinn. Ältere Daten aus dem Raum Zürich und Payerne ordnen sich zwanglos in diese Reihe ein. Ein vergleichbarer Unterschied zwischen Radar- und Ringfundrichtungen zeigt sich in München auch für die SE-Kohorte.

Die zweite Hypothese, die eine Angleichung der Richtungen an den Verlauf des Alpenrandes postulierte, kann nur teilweise bestätigt werden, da der Betrag der Drehung bei den Zugrichtungen geringer ist als beim Alpenrand. Zudem nimmt die Streuung der Zugrichtungen von W nach E zu. Die Zunahme der Streuung, wie auch die unvollständige Angleichung an den Verlauf des Alpenrandes, kann auf drei, wahrscheinlich gemeinsam wirkende Ursachen zurückgehen: (1) Da kaum zu erwarten ist, dass sich alle Arten und Individuen gleich verhalten, ist ein intermediäres Ergebnis plausibel. Es wird bestätigt durch detaillierte Untersuchungen von Flugwegen am Alpenrand (Liechti & Bruderer im Druck und Schmid Mskr.). (2) Die Divergenz der Zugwege von eher SSW-lich ausgerichteten Langstreckenziehern und eher westlich orientierten Kurzstreckenziehern scheint von W nach E zuzunehmen. (3) Je stärker die durch ein Hindernis bedingte Kursänderung, desto stärker wird die Tendenz zu dessen Überquerung.

Zusätzlich zur Beantwortung der einleitend gestellten Fragen sind folgende Resultate hervorzuheben:

Ringfunde und Radarbeobachtungen bestätigen die Zunahme des SE-Zieher-Anteils von W nach E.

Die Angleichung der SW-Kohorte an den Alpenrand ist ausgeprägter als bei der SE-Kohorte. Dies würde der bekannten Tatsache entsprechen, dass sich Vögel umso stärker an Leitlinien anlehnen, je weniger diese von ihren «Fernrichtungen» abweichen (s. etwa Schüz 1971).

Beide Methoden deuten auf eine leichte Konvergenz der Zugrichtungen aus Mittel- und Westeuropa gegen die Südspitze der Iberischen Halbinsel. Die Konvergenz der Ringfundrichtungen ist deshalb nicht als durch die angrenzenden Meere verursach-

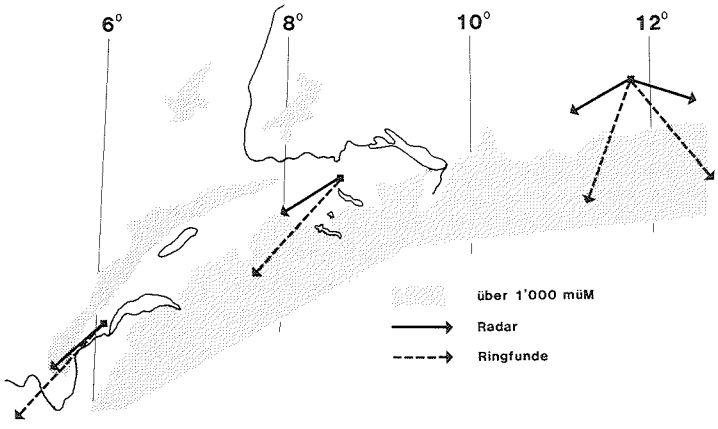


Abb. 9. Schematische Zusammenfassung der Ergebnisse über die mit Radar bzw. Ringfunden ermittelten Hauptzugrichtungen in den drei Beobachtungsgebieten München, Zürich und Genf. – *Schematic summary of the principal directions revealed by radar and ringing recoveries respectively at the three observation sites, Munich, Zurich and Geneva.*

ter Artefakt zu betrachten, sondern dürfte dem Zugverhalten entsprechen.

Ringfunde und Radarbeobachtungen deuten darauf hin, dass Alpen und Mittelmeer auch durch Langstreckenzieher in grossem Ausmass umflogen werden. Dies würde zu einer relativ grossen Konzentration von Transsaharaziehern am West- und Ostrand der Sahara führen. Auch hier wird das durch Ringfunde dokumentierte Bild des Zuges durch die Radardaten bekräftigt.

Richtungsunterschiede in verschiedenen Bereichen des Radarschirms in München stützen die Vermutung, dass sich die Richtungen bei Annäherung an die Alpen in zunehmendem Masse ändern. Ebenso deuten die im Raum Basel beobachteten Richtungen auf relativ kleinräumige Anpassungen bedeutender Zuganteile an topographische Gegebenheiten. Diese aufgrund des vorliegenden Materials etwas unsicheren und nicht konkretisierbaren Beobachtungen erhalten erhöhte Bedeutung durch Beobachtungen mit Zielfolgeradar am Alpenrand. Liechti & Bruderer (im Druck) konnten nachweisen, dass sich die Flugrichtungen in eng benachbarten Gebieten deutlich unterscheiden und dass die Unterschiede durch die lokale Topographie erklärbar sind.

Im Raum Genf ist der Zug zwischen Jura und Alpen extrem kanalisiert. Die an sich gegebene Möglichkeit zum Überfliegen der hier rund 1200 m über das südliche und rund 800 m über das nördliche Vorgelände aufragenden Jurakämme wird offensichtlich kaum benutzt. Die Vögel scheinen in diesem südlichen Bereich des Jura mit seinen bereits stark gegen S abgedrehten, hohen Ketten weitgehend dem Verlauf des Jura zu folgen, wie sich dies ansatzweise auch im Raum Basel, bei viel flacheren und noch stärker E-W verlaufenden Höhenzügen, andeutet.

5.2. Jahreszeitliche Änderung der Richtungsspektren

Die Hypothese, dass die Zunahme des Anteils an Kurzstreckenziehern auf Kosten der Langstreckenzieher mit fortschreitender Saison zu einer Drehung der SW-Richtungen im Uhrzeigersinn und zu einer Abnahme des SE-Zieher-Anteils führen würde, wird durch die Daten aus Zürich gestützt, während die Daten aus München auch durch Windeinfluss erklärt werden könnten. Im Raum Genf bestätigt sich die kanalisierende Wirkung der Gebirgszüge, indem anders als an den beiden andern Stationen keine saisonale Veränderung des Modus festzustellen ist.

5.3. Zugrichtungen bei verschiedenen Wetterlagen

Die Ergebnisse aus dem Raum Zürich bestätigen, dass unter ungünstigen Zugbedin-

gungen mit Winden aus Sektor SW die Richtungsstreuung erhöht wird, dass sich die Modalrichtung leicht gegen W verschiebt und gleichzeitig südliche und südöstliche Richtungsanteile zunehmen. Im Raum Genf wird dagegen erneut die richtende Wirkung der Gebirge unterstrichen. Der Modus bleibt bei allen Wetterlagen konstant und die Streuung nimmt bei Gegenwind weniger zu, als dies bei nichtkanalisiertem Zug allein aufgrund der mathematischen Zusammenhänge zwischen Kursvektoren und Windvektoren zu erwarten wäre. Dies deutet auf ausgeprägte Driftkompensation.

Dank. Unser Dank gilt vorab Prof. V.Ziswiler, der Studenten der Universität Zürich immer wieder die Möglichkeit zu ornithologischen Arbeiten in Zusammenarbeit mit der Schweizerischen Vogelwarte bietet. Er stellte dem Erstautor während der Auswertearbeiten einen Arbeitsplatz und das Photolabor des Zoologischen Museums der Universität Zürich zur Verfügung und vertrat dessen Diplomarbeit gegenüber der Fakultät. Besonderen Dank schulden wir ferner den Mitarbeitern der Radio Schweiz AG in Zürich und Genf, der Regionalstelle München der Bundesanstalt für Flugsicherung in München und dem Französischen Flugsicherungsdienst in Bâle-Mulhouse. In Zürich waren uns besonders die Herren Burkart, Langenegger, Schallbetter, Wattenhofer, Bach und Grimm behilflich; in Basel die Herren Stauffer, Hirz, Dupertois und Roques; in Genf die Herren Urscheler, Fetz, Monnard und Monnerat. Die Daten aus München erhielten wir durch Vermittlung von Dr. J.Hild, Vorsitzender des Deutschen Ausschusses zur Verhütung von Vogelschlägen im Luftverkehr. Frau O.Baumgartner half in verdankenswerter Weise bei der Aufbereitung der Rohdaten. Dr. E.Sutter und Dr. L.Jenni danken wir für die kritische Durchsicht des Manuskriptes und wertvolle Verbesserungsvorschläge. Dr. L.Schifferli und C.T.Speiser nahmen sich freundlicherweise der Korrektur der englischen Textteile an.

Zusammenfassung, Summary

Im Rahmen des Forschungsprogramms der Schweizerischen Vogelwarte zum Studium des Vogelzuges im Bereich der Alpen befasst sich die vorliegende Arbeit mit den Zugrichtungen entlang dem nördlichen Alpenrand (München bis Genf) und vergleicht diese mit Angaben ausserhalb des Einflussbereiches der Alpen (Raum Paris).

1982 und 1983 wurde der nächtliche Vogelzug im Herbst mit Hilfe von Überwachungsradaranlagen in den Flughäfen München-Riem, Zürich-Kloten, Genève-Cointrin und (in beschränktem Masse) Bâle-Mulhouse photographisch festgehalten und das Bildmaterial ausgewertet. Die am Radar beobachteten «Lokalrichtungen» werden verglichen mit aufgrund von Ringfunden für die entsprechenden Gebiete ermittelten «Fernrichtungen». Die Zuverlässigkeit der Daten und mögliche Fehlerquellen werden eingehend diskutiert.

Gemäss Ringfunden ergibt sich für den Raum Paris eine Hauptrichtung bei 210°, für Genf und Zürich eine solche um 220° und damit eine leichte Konvergenz der Richtungen gegen die Südspitze der Iberischen Halbinsel. Die Radarrichtungen in Genf (Modus 224°) entsprechen den «Fernrichtungen». Dasselbe deutet sich in den spärlich verfügbaren Radardaten aus Paris an. Übereinstimmung zwischen Radar- und «Fernrichtungen» würde die Konvergenz der Richtungen im südwestlichen Europa bestätigen.

Für Zürich und München ergeben die Ringfunde Hauptrichtungen um 220° bzw. 200°, wobei in München die nach Oberitalien weisenden Richtungen (um 200°) etwas überbetont sein können. Die mit Radar ermittelten aktuellen Zugrichtungen weichen im Sinne einer Angleichung an den Verlauf des nördlichen Alpenrandes von den «Fernrichtungen» ab: München 242° (im Spätherbst 248°), Zürich 236° (im Spätherbst 244°), Genf 224°.

Aus dem beschränkten Radarmaterial von Basel ergibt sich eine topographisch wohl wenig beeinflusste Grundrichtung von 227°. Daneben treten zumindest im Tagzug, wahrscheinlich aber auch nachts, im Bereich der Oberrheinischen Tiefebene Richtungen um 215° und im Bereich der Burgundischen Pforte solche um 245° auf. Analoge Richtungsänderungen vom Nordteil zum Südteil des Bildschirms können auch in München festgestellt werden. Dass es sich bei diesen Beobachtungen nicht um Artefakte handelt, wird durch entsprechenden Zielfolgeradar-Beobachtungen am Alpenrand bestätigt.

Ringfunde und Radarbeobachtungen zeigen eine Zunahme südöstlicher Richtungsanteile von W nach E. Auch bei der SE-Kohorte weichen die Radarrichtungen so von den Ringfundrichtungen ab, wie man es bei einer teilweisen Anpassung der Richtungen an den Alpenrand erwarten würde. Die im Vergleich zur SW-Kohorte etwas geringere Anpassung entspricht dem an Leitlinien auftretenden Phänomen, dass die Anlehnung an Leitlinien umso schwächer wird, je stärker diese von der Zielrichtung abweichen.

Europäische Ringfunde sind charakterisiert durch zwei Zugkohorten mit südwestlichen bzw. südöstlichen Richtungen. Diese Dichotomie der Zugrichtungen, die sich intraspezifisch in Zugscheiden äussert und interspezifisch zur Unterscheidung von SW- bzw. SE-Ziehern führt , wird durch die Radarbeobachtungen bestätigt. Südliche Zugrich-

tungen sind relativ selten. Alpen und Mittelmeer werden offensichtlich auch von Langstreckenziehern in grossem Ausmass umflogen.

Nicht nur die Alpen, sondern auch Gebirgszüge von relativ geringer Ausdehnung und Höhe haben – zumindest in unserem Beobachtungsgebiet – einen gewissen richtenden Einfluss auf die in unmittelbarer Nähe fliegenden Nachtzieher. Bei Genf werden praktisch keine von NE über den Jura einfliegende Vögel beobachtet. Der Zug ist zwischen Jura und Alpen extrem kanalisiert. Weder der Modalwert noch die extrem geringe Streuung der Richtungen zeigen jahreszeitliche oder witterungsbedingte Änderungen.

In Zürich ist die Richtungsstreuung bei ungünstigen Zugbedingungen mit Gegenwind stark erhöht, der Modus ist leicht gegen W gedreht, südliche und südöstliche Richtungsanteile nehmen zu.

In München und Zürich treten jahreszeitliche Richtungsänderungen auf, die auf eine saisonale Verschiebung in der Zusammensetzung des Zuges aus Kurz- und Langstreckenziehern deuten könnten; sie lassen sich im Falle von München auch aufgrund veränderter Windbedingungen erklären, stützen aber im Falle von Zürich die entsprechende Hypothese.

Radar observations on the directions of nocturnal bird migration along the northern border of the Alps

Within the framework of a long-term research program on bird migration in the area of the Alps, realized by the Swiss Ornithological Institute, the present study deals with the migratory directions along the northern border of the Alps from Munich to Geneva. These data are compared with a situation outside the area of the Alps in the region of Paris.

Nocturnal autumn migration was recorded photographically at the surveillance radars of the airports Munich-Riem. Zurich-Kloten, Geneva- Cointrin and (to a lesser extent) of Basle-Mulhouse in the years 1982 and 1983 . The directions of all the echo-tracks on the projected photos were measured; one photo per hour was analysed. The «site specific directions» revealed by radar are compared with the «long-distance directions» obtained by ringing recoveries (straight lines between ringing site and place of recovery across a restricted area, according to Fig. 4). The reliability of the data and possible distortions are thoroughly discussed.

The ringing recoveries show a main direction of 210° in the Paris area, and of 220° for Geneva and Zurich, indicating a slight convergence towards the southerly point of the Iberian peninsula. The radar- directions at Geneva (224°) are close to the «long-distance directions»; the same seems to be true for Paris. If so, the radar-directions confirm the convergence of migratory directions in southwestern Europe. At Zurich the radar-directions point even more westwards.

Contrasting to the modes of long-distance directions at Geneva and Zurich (220°), the mode at Munich points towards 200°. This more southerly direction may be influenced by a preponderance of recoveries from upper Italy. At Zurich and Munich the site-specific directions revealed by radar deviate from the «long-distance directions» in the sense of an adaptation to the course of the northern border of the Alps: Munich 242° (in late autumn 248°), Zurich 236° (in late autumn 244°), Geneva 224°.

The limited radar data from Basle show a basic migratory direction of 227° which is probably not influenced by topography. Apart from this basic direction, there are additional directions of about 215° above the Upper Rhine Valley, and about 245° in the gap between the Vosges and the Jura (Burgundian Gate); this is the case at least for diurnal but probably also for nocturnal migration. Comparable changes in direction from the northern to the southern part of the screen may also be observed at Munich. Tracking radar studies corroborate the existence of such directional shifts immediately at the Alpine border.

Ringing recoveries and radar observations show an increase in the proportion of SE-migration from W to E. Within the SE-cohort there is – similar to the SW-cohort – a difference in the directions revealed by ringing recoveries and radar observations respectively. The radar- directions deviate anticlockwise, as would be expected in the case of a partial adaptation of the local directions to the course of the Alpine border. The fact that the adaptation is slightly less than in the SW- cohort corresponds to the well-known phenomenon that the adaptation to a leading line gets weaker the more the line deviates from the intended direction of the migrants.

European ringing recoveries are characterized by two cohorts of directions (SW and SE). This splitting of directions is evident intraspecifically by migratory divides and interspecifically by the differenciation between SW- and SE-migrants. These findings, based on ringing recoveries, are confirmed by the radar observations. Southerly directions are relatively rare. Even long-distance migrants are apparently flying to a large extent around the Alps and the Mediterranean.

Not only the Alps but also relatively low mountain ranges with limited extension have – at least in our study area – a certain directing influence on nocturnal migrants flying nearby. At Geneva, practically no birds are observed entering the area from NE accross the Jura. The migratory movements are extremely funneled between the Alps and the Jura mountains. Neither the mode nor the extremely low scatter of the directions show important seasonal or weather-dependent variation.

At Zurich the scatter of directions is heavily increased under unfavourable migratory conditions with opposed winds; the mode is shifted slightly towards W, the proportion of southerly and southeasterly directions is increased.

Seasonal shifts in the directions at Zurich and Munich could be an indication of seasonal changes in the species composition of migration (short-distance and long-distance migrants). In the case of Munich they may also be explained by differences in the wind conditions, while the data from Zurich support the corresponding hypothesis.

Literatur

BAIRLEIN, F. (1981): Ökosystemanalyse der Rastplätze von Zugvögeln: Beschreibung und Deutung der Verteilungsmuster von ziehenden Kleinvögeln in verschiedenen Biotopen der Stationen des «Mettnau- Reit-Illmitz-Programmes». Ökol. Vögel 3: 7–137.

BATSCHELET, E. (1981): Circular statistics in biology. London.

BECKER, J., B.KALUZA, W.KEIL & H.VAN RADEN (1983): Vogelzugbeobachtungen durch Grossradargeräte in der Bundesrepublik Deutschland. Verh. orn. Ges. Bayern 23: 493–500.

BERTHOLD, P. (1973): Proposals for the standardization of the presentation of data of annual events, especially migration data. Auspicium 5 (Suppl.): 49–59.

BLOCH, R., B.BRUDERER & P.STEINER (1981): Flugverhalten nächtlich ziehender Vögel – Radardaten über den Zug verschiedener Vogeltypen auf einem Alpenpass. Vogelwarte 31: 119–149.

BRUDERER, B. (1971): Radarbeobachtungen über den Frühlingszug im Schweizerischen Mittelland. (Ein Beitrag zum Problem der Witterungsabhängigkeit des Vogelzuges). Orn. Beob. 68: 89–158. – (1975): Zeitliche und räumliche Unterschiede in der Richtung und Richtungsstreuung des Vogelzuges im Schweizerischen Mittelland. Orn. Beob. 72: 169–179. – (1977): Beitrag der Radarornithologie zu Fragen der Orientierung, der Zugphysiologie und der Umweltabhängigkeit des Vogelzuges. Vogelwarte 29 (Sonderh.): 83–91. – (1978): Effects of alpine topography and winds on migrating birds. In: SCHMIDT-KOENIG, K. & W.T. KEETON: Animal migration, navigation, and homing, p. 252–265. Berlin, Heidelberg, New York. – (1981): Stand und Ziele der Radar-Vogelzugforschung in der Schweiz. Rev. Suisse Zool. 88: 855–864. – (1982): Do migrating birds fly along straight lines? In: PAPI, F. & H.WALLRAFF: Avian navigation, p. 3–14. Berlin, Heidelberg, New York.

BRUDERER, B. & L.JENNI (1980): Ein nationales Programm für die Vogelzugforschung in der Schweiz. Orn. Beob. 77: 56–58.

DORKA, V. (1966): Das jahres- und tageszeitliche Zugmuster von Kurz- und Langstreckenziehern nach Beobachtungen auf den Alpenpässen Cou/Bretolet (Wallis). Orn. Beob. 63: 165–223.

JENNI, L. (1984): Herbstzugmuster von Vögeln auf dem Col de Bretolet unter besonderer Berücksichtigung nachbrutzeitlicher Bewegungen. Orn. Beob. 81: 183–213.

LATY, M. (1972): Détection par le radar MELODI d'oiseaux en migration dans la région de Trappes. Météorologie: 79–91.

LIECHTI, F. & B.BRUDERER (im Druck): Einfluss der lokalen Topographie auf nächtlich ziehende Vögel. Orn. Beob. 82

PERDECK, C.A. (1977): The analyses of ringing data: pitfalls and prospects. Vogelwarte 29 (Sonderh.): 33–44.

RICHARDSON, W.J. (1978): Timing and amount of bird migration in relation to weather: a review. Oikos 30: 224–272.

RÜSCH, E. & B.BRUDERER (1981): Einfluss der Topographie auf nächtlich ziehende Vögel. Rev. Suisse Zool. 88: 865–874.

SCHIFFERLI, A., P.GÉROUDET & R.WINKLER (1980): Verbreitungsatlas der Brutvögel der Schweiz. Sempach.

SCHMID, H. (Mskr.): Zugverhalten von Mäusebussard *(Buteo buteo)* und Sperber *(Accipiter nisus)* im Alpenraum. Diplomarbeit Schweiz. Vogelwarte/Universität Bern. 1985.

SCHÜZ, E. (1971): Grundriss der Vogelzugkunde. Berlin u. Hamburg.

STEIDINGER, P. (1968): Radarbeobachtungen über die Richtung und deren Streuung beim nächtlichen Vogelzug im Schweizerischen Mittelland. Orn. Beob. 65: 197–226. – (1972): Der Einfluss des Windes auf die Richtung des nächtlichen Vogelzuges. Orn. Beob. 69: 20–39.

SUTTER, E. (1945): Vogelzugbeobachtungen in den Freibergen im Herbst 1944. Orn. Beob. 42: 49–58. – (1948): Über den Herbstzug der Krähen in der Schweiz und in Süddeutschland. Orn. Beob. 45: 135–150. – (1957a): Radar als Hilfsmittel der Vogelzugforschung. Orn. Beob. 54: 70–96. – (1957b): Radar-Beobachtungen über den Verlauf des nächtlichen Vogelzuges. Rev. Suisse Zool. 64: 294–303. – (1961): Einfluss des Wetters auf die nächtliche Orientierung wandernder Vögel nach Beobachtungen am Radarschirm. Sonderbücherei Funkortung, Diskussionstagung Essen 4.–8. Januar 1960, 1(8): 1–14.

WEITNAUER, E. (1956): Zur Frage des Nächtigens beim Mauersegler. V. Beitrag. Orn. Beob. 53: 74–81.

ZINK, G. (1973, 1975, 1981): Der Zug europäischer Vögel. Ein Atlas der Wiederfunde beringter Vögel. 1., 2. u. 3. Lfg. Radolfzell.

M. Baumgartner und Dr. B. Bruderer,
Schweizerische Vogelwarte, CH–6204 Sempach