

## Zeitliche und räumliche Unterschiede in der Richtung und Richtungsstreuung des Vogelzuges im Schweizerischen Mittelland<sup>1</sup>

von BRUNO BRUDERER

Schweizerische Vogelwarte Sempach

### *Einleitung*

Die meisten Untersuchungen über die Richtungen des Vogelzuges im Schweizerischen Mittelland (SUTTER 1957a, b und 1961, GEHRING 1963, STEIDINGER 1968) beziehen sich auf den Herbstzug und beruhen auf Beobachtungen mit dem Überwachungsradar im Flughafen Zürich-Kloten. STEIDINGER (1972) sowie BRUDERER & STEIDINGER (1972) bearbeiteten mit Hilfe eines Zielfolgeradars<sup>2</sup> spezielle Probleme des Windeinflusses auf die Zugrichtungen und berücksichtigten dabei auch Frühlingsdaten. Einer der Vorteile des Zielfolgeradars liegt darin, dass neben Geschwindigkeit und Richtung auch die Flughöhe der Vögel exakt bestimmt werden kann.

Die bei BRUDERER (1971) und ergänzend bei STEIDINGER (1972) beschriebenen Methoden der automatischen Verfolgung nachziehender Vögel (meist Einzelvögel) mit einem Zielfolgeradar, ermöglichen das Ausmessen von durchschnittlich 150 Zugwegen sowie die Durchführung von 2—3 Windmessungen pro Nacht. Für die vorliegende Arbeit wurden über 12 000 Flugwege und 250 Windmessungen aus 64 Frühlingsnächten (1969 und 1971) und 38 Herbstnächten (1970 und 1971) bearbeitet. Die jahreszeitliche Lage der Beobachtungsperioden und die Menge des für jede Periode verfügbaren Materials geht aus Abb. 6 hervor. Die Beobachtungsorte lagen in einem Umkreis von maximal 20 km um Zürich, 1969 und 1970 nördlich (Raum Glatt-Tal), 1971 südwestlich (im aargauischen Reusstal).

Zu beachten ist beim hier vorgelegten Material, dass es nur den Nachtzug einschliesst und dass es nicht die quantitativen Relationen zwischen der Anzahl der Vögel in verschiedenen Höhenbereichen oder in verschiedenen Nächten wiedergibt, sondern nur die Anteile von Vögeln, die innerhalb eines bestimmten Höhenintervalles während einer Nacht in die verschiedenen Richtungen zogen. Dies ergibt sich aus der Methodik, mit der angestrebt wurde, auch in Nächten beziehungsweise in Höhenintervallen mit geringer Zugintensität eine statistisch genügende Zahl von Vögeln zu verfolgen. In Nächten mit Winden entgegen der Hauptzugrichtung ist die Gesamtzugaktivität durch das weitgehende Fehlen der nordöstlichen Brutvögel herabgesetzt; die von der Hauptzugrichtung abweichenden Richtungen sind in solchen Nächten mit hohen Anteilen vertreten und werden sowohl beim Vergleich verschiedener Nächte als auch in den zusammenfassenden Darstellungen ganzer Beobachtungsperioden etwas überbetont. Die biologisch und statistisch sinnvollste Masszahl für die zentrale Tendenz solcher Ver-

<sup>1</sup> Ausgeführt mit Unterstützung des Schweizerischen Nationalfonds zur Förderung der wissenschaftlichen Forschung (Projekt Nr. 3.244.69) und der Stiftung Dr. Fritz Hoffmann-La Roche zur Förderung wissenschaftlicher Arbeitsgemeinschaften in der Schweiz.

<sup>2</sup> Radargerät «Superfledermaus», zur Verfügung gestellt von der schweizerischen Armee.

teilungen ist der Modalwert; er charakterisiert die Hauptzugrichtung und wird durch die zu starke Betonung von Nebenzugrichtungen nicht beeinflusst. Mittelwerte, d. h. mittlere Vektoren der Zugrichtungen werden nur berechnet, wenn es um den Vergleich zweier ähnlicher Verteilungen geht, ohne dass aber der Richtung dieser Vektoren grosse biologische Bedeutung zukommt. Andere statistische Grössen werden nicht verwendet, da es mit keiner statistischen Methode möglich ist, die in den graphischen Darstellungen visuell erfassbare und analysierbare Komplexität der Verhältnisse exakt zu umschreiben.

Um die Verteilung der Zugrichtungen verschiedener Zugphasen optimal miteinander vergleichen zu können, werden stets Klassen von  $10^\circ$  zusammengefasst; oft werden die Kreisverteilungen linear dargestellt, wobei die linearen Darstellungen des Herbstzuges um  $180^\circ$  gegenüber den Diagrammen des Frühlingzuges verschoben sind, um maximale Vergleichbarkeit zu erreichen.

Neben meinem Dank für finanzielle und technische Hilfe an Nationalfonds, Armee und Contraves, richtet sich mein Dank auch an die vielen freiwilligen Mitarbeiter, die bei den Radarbeobachtungen mitgeholfen haben, an die Herren Dr. E. SUTTER und Dr. P. STEIDINGER für anregende Diskussionen, an Herrn Dr. L. FISCHER für seine instruktiven Demonstrationen im Planetarium des Verkehrshauses in Luzern, an Herrn Prof. Dr. E. BATSCHELET für seine Beratung in statistischen Belangen und an Fräulein E. SONNENSCHNIGER für ihre aktive Mithilfe beim Aufarbeiten des Materials und beim Anfertigen der Zeichnungen. B. und C. JACQUAT sowie N. VAUCHER haben sich neben der Mitarbeit am Radar noch des französischen Résumés angenommen.

## *Ergebnisse*

### *1. Richtungstendenzen im Gesamtzug*

Die Hauptzugrichtung folgt sowohl im Herbst als auch im Frühling der Achse des Mittellandes; der Modalwert liegt im Frühling in der Klasse von  $60^\circ$ , also zwischen NE und ENE, im Herbst im Bereich zwischen  $240^\circ$  und  $250^\circ$ , d. h. zwischen SW und WSW (Abb. 1). STEIDINGER (1968) berechnete aufgrund von Überwachungsradar-Daten ebenfalls eine ungestörte mittlere Zugrichtung des Herbstzuges um Mitternacht von  $243^\circ$ . Zwei Indizien deuten darauf hin, dass diese auch in kleinen Stichproben immer wieder auftretenden Hauptzugrichtungen durch richtende Einflüsse aus der Umwelt mitbestimmt sind: a) Eingipflige Verteilungen mit stets gleichem Modalwert sind nach BATSCHELET (mündl.) in Zufallsverteilungen erst bei sehr grossen Stichproben zu erwarten; b) ein grosser Teil der die Schweiz durchwandernden Nachtzieher hat Herkunftsgebiete, die nördlich der Verlängerung der Mittelland-Achse liegen. Wir vermuten deshalb, dass die Hauptzugrichtung des Vogelzuges zwischen Jura und Alpen durch die topographischen Gegebenheiten oder durch die bis in grosse Höhen durch die Gebirgszüge bestimmten Hauptwindrichtungen beeinflusst wird.

Das Studium der Zugrichtungen wird stets erschwert durch den Umstand, dass verschiedene Populationen von Vögeln mit unterschiedlichen Herkunfts- und Zielgebieten in den Beobachtungsdaten zusammengefasst werden. Die dominierenden Herkunftsgebiete für schweizerische Durchzügler sind die Landmassen NE-Europas; geringere Bedeutung haben N- und NW-Europa. In beinahe allen Darstellungen der vorliegenden Arbeit sind die Anteile der im N oder NW beheimateten Brutvögel erkennbar, indem die Verteilungen eine mehr oder weniger starke Asymmetrie aufweisen: links vom Hauptzugvektor fallen die Häufigkeitsverteilungen weniger steil ab als rechts. In Abb. 2 haben wir versucht, drei verschiedene

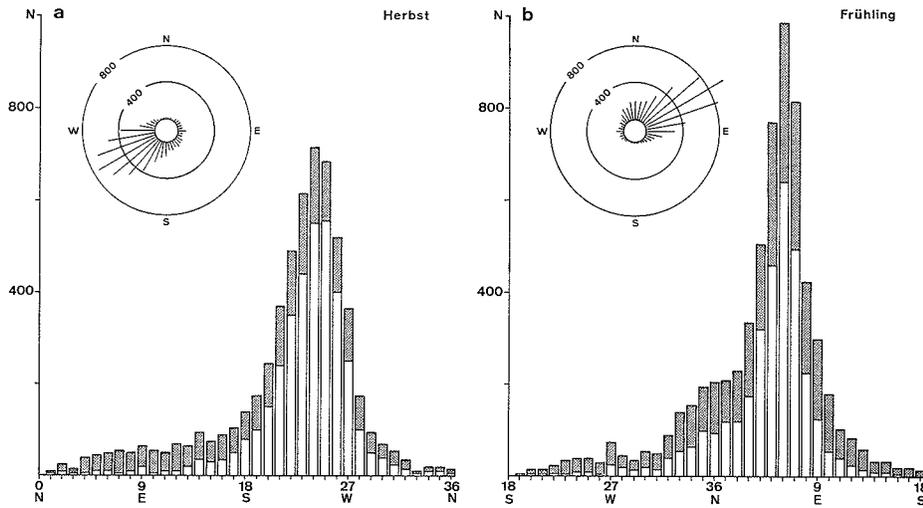


ABB. 1. a) Lineare Darstellung und Kreisdarstellung der Häufigkeitsverteilungen aller Zugrichtungen in den bearbeiteten Herbstnächten (weiss = ungestörte Zugnächte; grau = Nächte mit ungünstigen meteorologischen Verhältnissen). — b) Analoge Darstellung für die Frühlingsnächte.

Gruppierungen von Zugvögeln auseinander zu halten, indem wir die rechte Flanke der Verteilungen aus Abb. 1 links symmetrisch abtrugen und damit eine bildhafte Abgrenzung der riesigen Masse der Brutvögel aus dem nordosteuropäischen Raum gegenüber den weiter nördlich oder sogar nordwestlich beheimateten Populationen erreichten. Eher subjektiv haben wir eine dritte Gruppe ausgesondert, nämlich die Vögel, die unter dem Einfluss ungünstiger Wetterfaktoren in Gegenzugrichtung fliegen. Jede der drei Gruppen tritt jeweils dann am stärksten hervor, wenn für sie Rückenwind herrscht.

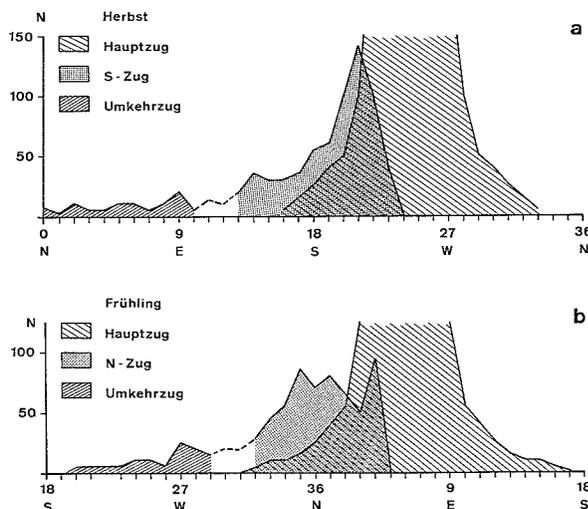


ABB. 2. a) Versuch einer Abgrenzung des Hauptzuges gegen den nach S und SE gerichteten Zug der nördlichen und nordwestlichen Populationen sowie gegen den Umkehrzug. — b) Analoge Aufgliederung der Richtungen des Frühlingszuges.

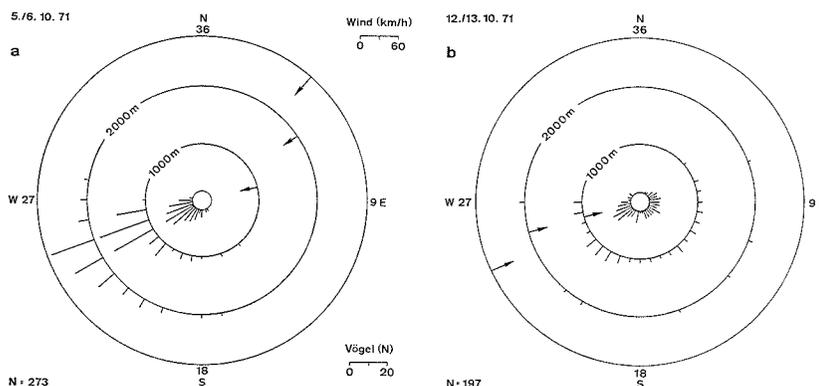


ABB. 3. a) Darstellung der Zugrichtungen und Windverhältnisse (Pfeile) in drei verschiedenen Höhenbereichen (Nacht vom 5. auf den 6. Oktober 1971). Vergleichsmaßstab für Windgeschwindigkeit rechts oben, für die Anzahl (N) der Vögel rechts unten. Normale Herbstzugnacht. — b) Situation mit Wind entgegen der Hauptzugrichtung.

### 2. Zugrichtung und Richtungsstreuung in verschiedenen Höhenbereichen

Um Unterschiede der Richtungstendenzen in verschiedenen Höhenbereichen feststellen zu können, wurden die Daten von Frühlings- und Herbstzug in je drei Gruppen unterteilt: Vögel, die unterhalb 1000 m flogen, Vögel, die zwischen 1000 und 2000 m über Boden flogen und solche, die sich über 2000 m bewegten. Aus dem Vergleich dieser drei Gruppen ergab sich eine ausgeprägte Konstanz der Hauptzugrichtung in allen Höhenbereichen und eine auffallende Abnahme der Richtungsstreuung vom niedrigsten zum höchsten Flugniveau. In Schlechtwetter-situationen und bei Wind entgegen der Hauptzugrichtung erfolgt der Zug vorwiegend in den unteren Niveaux und weist zugleich die grössten Abweichungen von der Normalzugrichtung auf. Erhöhte Landebereitschaft bei unteroptimalen Bedingungen und damit verbunden eine geringere «Zielstrebigkeit» des Zuges könnten zusammen mit der grösseren Variabilität der Windrichtungen und dem verstärkten Einfluss der lokalen Topographie für die starke Streuung in Bodennähe verantwortlich sein. Ausserdem scheint es, dass raschere Flieger grössere Flughöhen bevorzugen (BRUDERER 1971). Die Flugwege rascher Flieger werden durch den Wind weniger stark verändert als diejenigen langsamer Flieger (Vektoraddition). Winddriftkompensation ist deshalb für rasche Flieger mit grösserem Erfolg möglich, so dass in grösseren Höhen öfters auch bei ungünstigen Winden noch die Hauptzugrichtung vorherrschen kann, während sich in den tieferen Luftschichten wohl viele der weniger gewandten Flieger durch ungünstige Winde vom Zug abhalten lassen, so dass ein relatives Überwiegen nördlicher und nordwestlicher Populationen häufiger in Erscheinung tritt.

### 3. Windsituationen und Zugrichtungen in einzelnen Nächten

Um den Einfluss des Windes auf die Zugrichtungen zu analysieren, griffen wir einzelne Nächte heraus, in denen die Windverhältnisse keinen starken Änderungen unterworfen waren. In Kreisdarstellungen wurden die Windvektoren und die Zugrichtungen (Anzahl der in jede Richtung ziehenden Vögel) für drei verschie-

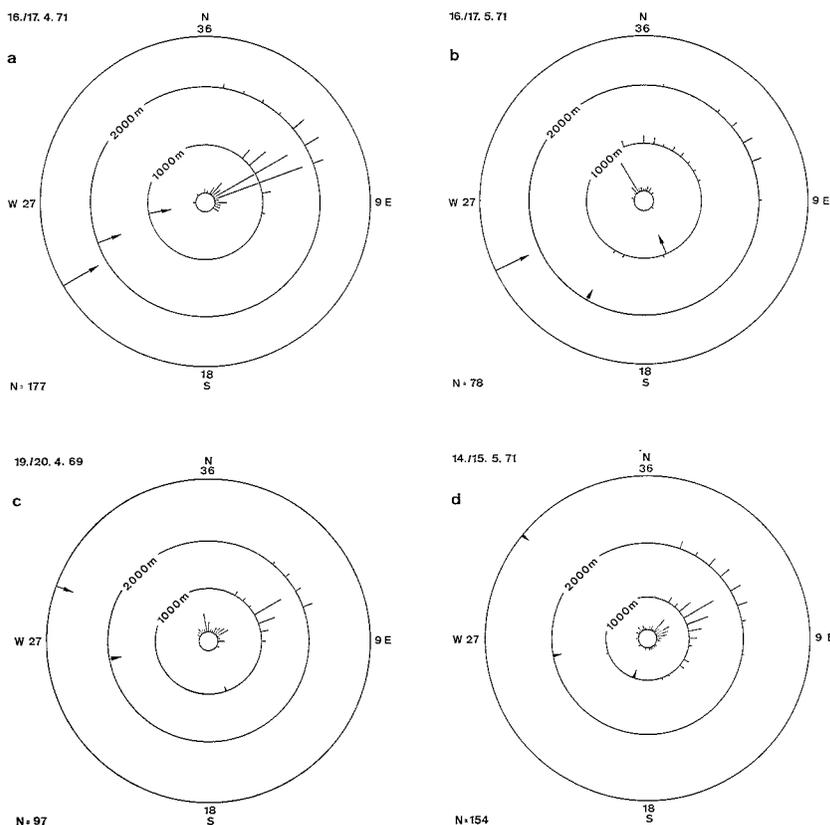


ABB. 4. a) Typischer Frühlingszug. — b) Situation mit Winden unterschiedlicher Richtung in den verschiedenen Höhenintervallen. Alle Winde mit Richtungen gegen potentielle Zielgebiete. — c) Wind von links der Hauptzugachse (über 2000 m) wird kompensiert, Wind von rechts (unter 2000 m) führt zu Mitwindbewegungen gegen potentielle Zielgebiete. — d) Auch in dieser Nacht wurde Wind von links kompensiert.

dene Höhenintervalle (30—1000 m ü. B., 1000—2000 m ü. B. und mehr als 2000 m ü. B.) aufgezeichnet.

Abbildung 3a (5./6. Oktober 1971) zeigt einen Fall mit NE-Wind im Herbst, eine Situation, die normalerweise höchste Zugintensität bringt. In allen drei Höhenbereichen sind die der Jahreszeit entsprechenden Zugrichtungen (SW und S) in ähnlicher Verteilung vertreten wie im Gesamtzug (Abb. 1a). Die Hauptzugrichtungen liegen im Bereich von  $240^\circ$  bis  $250^\circ$ . Der recht starke seitliche Rückenwind über 2000 m führt weder im Sinne einer Verdriftung noch im Sinne einer Mitwindbewegung zu einer Abweichung von der Normalzugrichtung. Entsprechend den Feststellungen von STEIDINGER (1972) wird hier seitlicher Rückenwind kompensiert. Die Streuung der Richtungen ist in allen Höhenbereichen ungefähr gleich.

In Abbildung 3b (12./13. Oktober 1971) ist eine typische Situation mit Wind entgegen der Hauptzugrichtung dargestellt. Es ziehen praktisch keine Vögel in

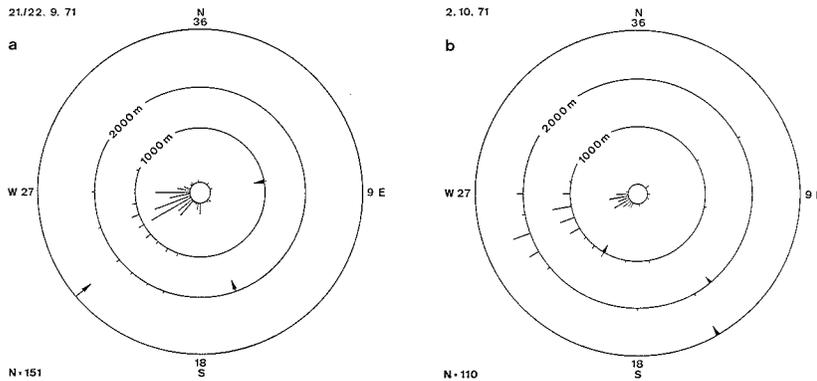


ABB. 5. a) Eine Herbstnacht ohne merklichen Einfluss des Gegenwindes (über 2000 m) und des Windes von links (zwischen 1000 und 2000 m). — b) Winde ohne Komponenten in Richtung potentieller Zielgebiete.

grosser Höhe; die wenigen Vögel über 2000 m wurden speziell gesucht (S. 169). Die übliche Hauptzugrichtung tritt nicht stärker in Erscheinung als der Zug nach den Sektoren S und E. Der Wind mit Geschwindigkeiten in der Grössenordnung von 30 km/h erlaubt den mit erhöhter Leistung gegen den Wind fliegenden Kleinvögeln noch Zuggeschwindigkeiten von 20—30 km/h (BRUDERER 1971). Die hier ersichtlich werdenden Zusammenhänge zwischen Windrichtung und Verteilung der Zugrichtungen sind typisch und als Tendenz in jedem Fall erkennbar; da aber der Zug noch durch andere Wetterelemente beeinflusst wird, können die Anteile von Hauptzug, Umkehrzug und Süd-Zug bei ähnlichen Windverhältnissen stark variieren. Bei den nach S und SE fliegenden Vögeln lässt sich aufgrund der vorliegenden Darstellung nicht entscheiden, ob es sich um Individuen handelt, die stets diese Richtung bevorzugen, ob sie durch den Wind verdriftet werden oder ob sie eine Art Mitwindbewegung ausführen. Bei den nach E und NE fliegenden Vögeln scheint Mitwindbewegung vorzuliegen, die sich als Umkehrzug manifestiert.

Die Nacht vom 16./17. April 1971 war eine typische Frühlingszugnacht mit südwestlichen Winden und starkem Zug in die der Jahreszeit entsprechenden Richtungen (Abb. 4a). Im Gegensatz zum Beispiel vom 5./6. Oktober 1971 scheint hier eine Tendenz zur Anpassung an die Windverhältnisse in den verschiedenen Niveaux vorzuliegen: Die Verteilung der Zugrichtungen über 2000 m entspricht bei starkem Wind in Hauptzugrichtung der Verteilung des Gesamtzuges (Abb. 1b). Die Zugrichtungen unter 2000 m scheinen entsprechend den Windrichtungen um einen kleinen Betrag im Uhrzeigersinn abgedreht. Solche Andeutungen von Mitwindbewegungen, die als aktives Fliegen in Windrichtung zu verstehen sind, können oft beobachtet werden; ihre Bedeutung ist jedoch schwer abzuschätzen, weil sie nicht regelmässig auftreten.

Am 16./17. Mai 1971 (Abb. 4b) herrschten in jedem der drei Höhenbereiche andere Windverhältnisse: Über 2000 m sehr starker Wind nahezu in Hauptzugrichtung; die Zugrichtung war praktisch gleich wie am 16./17. 4. Zwischen 1000 und 2000 m dominierte bei leichtem SSW-Wind eine ausgeprägte Mitwindbewegung. Die geringe Windgeschwindigkeit von durchschnittlich 7 km/h und der ge-

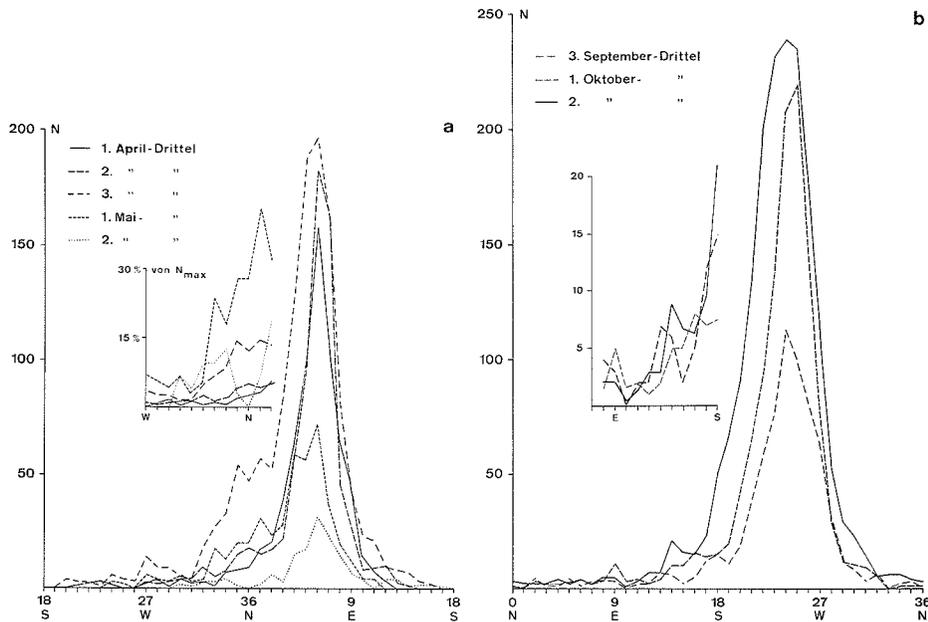


ABB. 6. a) Verteilung der Zugrichtungen in fünf Frühlingsdekaden. In der Teildarstellung des Abschnittes W-N sind die einzelnen Kurven in Prozenten ihres Maximalwertes ausgedrückt. Die Hauptdarstellung zeigt u. a. wie viel Material für jede Dekade zur Verfügung stand. — b) Analoge Darstellung für drei Herbstdekaden.

ringe Unterschied der Windrichtung gegenüber der Hauptzugrichtung schliessen die Möglichkeit einer Verdriftung aus. Auch unter 1000 m liegt die vorherrschende Zugrichtung so nahe bei der Windrichtung, dass nur eine Mitwindbewegung und nicht eine Verdriftung vorliegen kann. Frühere Beobachtungen (BRUDERER & STEIDINGER 1972) legen den Schluss nahe, dass jeder Vogel das Niveau zu erreichen sucht, das für sein Ziel den günstigsten Rückenwind bietet. ABLE (1974), GAUTHREAU & ABLE (1970) sowie GAUTHREAU (1972) behaupten jedoch, dass Vögel stets darauf tendieren, in Windrichtung zu fliegen, unabhängig von ihrem Ziel. Da in der vorliegenden Situation alle Windrichtungen potentiellen Zugrichtungen verschiedener Populationen entsprechen, kann nicht entschieden werden, ob die Vögel in dem Höhenbereich, in dem sie zufällig fliegen, der Windrichtung folgen, oder ob sie aufgrund der Windrichtungen einen für ihr Zugziel besonders günstigen Höhenbereich aufgesucht haben.

Die Nacht vom 19./20. April 1969 (Abb. 4c) zeigt insofern eine andere Situation als der Wind über 2000 m nicht einem potentiellen Brutgebiet entgegen weht; dieser recht starke Rückenwind von links wird kompensiert, im Gegensatz zum schwachen Seitenwind von rechts im untersten Niveau, der analog zu Abb. 4b zu einer Mitwindbewegung führt. Auch Abb. 4d bestätigt in den obersten Schichten, dass seitlicher Rückenwind ohne Komponente in Richtung potentieller Zielgebiete kompensiert werden kann.

Entsprechendes ist auch im Herbstzug festzustellen: Abb. 3b hat uns die starke Veränderung der Zugrichtungen durch Gegenwind demonstriert. Abb. 5a zeigt in

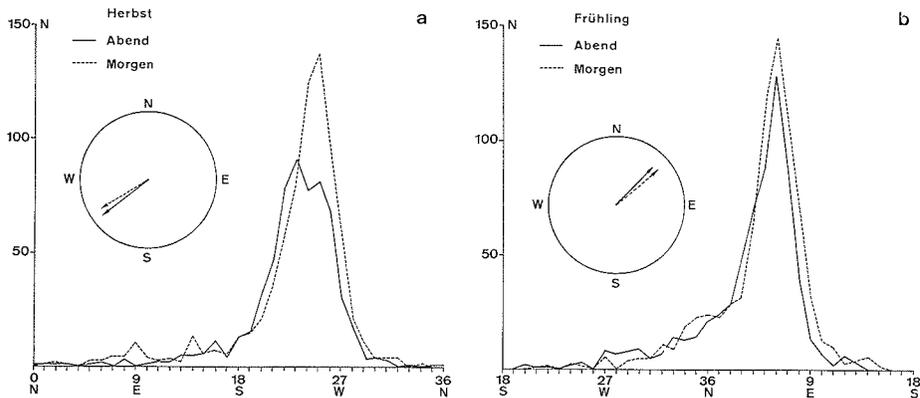


ABB. 7. a) Verteilung der Zugrichtungen in den ersten und letzten 1½ Stunden von Herbstnächten mit ungestörter Wetterlage. In der Kreisdarstellung die entsprechenden mittleren Vektoren. — b) Verteilung und mittlere Vektoren des Zuges am Anfang und am Ende von Frühlingsnächten, die die gleiche Drehung im Uhrzeigersinn zeigen wie im Herbstzug.

der Luftschicht über 2000 m, dass Gegenwind nicht in jedem Fall abgelenkten Zug oder Zug in umgekehrter Richtung zur Folge hat. Der recht starke Seitenwind von links im mittleren Bereich bewirkt kaum eine merkliche Ablenkung. In der zweiten Hälfte der Nacht vom 1./2. Oktober 1971 (Abb. 5b) wehten Winde ohne Komponenten in Richtung potentieller Zielgebiete: abgesehen von einzelnen in Gegenzugrichtung fliegenden Individuen ist keine ablenkende Wirkung des Windes festzustellen.

Die Beispiele zeigen, dass Vögel in der Lage sind, starke Seitenwinde zu kompensieren (vgl. auch STEIDINGER 1972). Zahlreiche von der Hauptzugrichtung abweichende Flugrichtungen treten dagegen auf, wenn die Windrichtungen potentiellen Nebenzugrichtungen entsprechen. Da die potentiellen Zielgebiete der nördlichen und nordwestlichen Populationen im Frühling und im Herbst links der Hauptzugachse liegen, führen Winde aus dem Sektor rechts in der Regel zu gegen links abweichenden Richtungen im Gesamtzug, während Winde von links meist keine Änderung der Richtungen zur Folge haben. Die ablenkende Wirkung von Winden entgegen der Hauptzugrichtung ist oft stärker als bei Rückenwinden; insbesondere tritt in vielen Fällen eine Mitwindbewegung in Gegenzugrichtung auf.

#### 4. Jahreszeitliche Änderungen der Zugrichtungen

In allen Dekaden von anfangs April bis zum zweiten Maidrittel bleibt der Modalwert konstant bei 60° (Abb. 6a). Im Gegensatz zum Hauptzug scheint jedoch im Nordzug eine gewisse Verschiebung vorzuliegen. Da für die einzelnen Perioden nicht gleich viel Material zur Verfügung stand, wurden die Kurventeile des Sektors N bis W zusätzlich in Prozent des Maximalwertes der entsprechenden Kurve ausgedrückt. In dieser relativierten Darstellung fällt auf, dass die beiden früh im Jahr liegenden Dekaden einen sehr geringen Anteil an N- und NW-Ziehern aufweisen, während Ende April und im Mai offenbar starke Kontingente von Langstreckenziehern Richtung N- und NW-Europa unterwegs waren. Die

drei verfügbaren Herbstdekaden bestätigen die im Frühling beobachtete Verlagerung nicht, so dass die Frage nach einer sich ändernden Zusammensetzung des Hauptzuges aus Hauptzug und Nordzug nicht schlüssig beantwortet werden kann. Auffallend ist jedoch auch im Herbst die Konstanz des Hauptzuges.

#### *5. Tageszeitliche Änderungen der Zugrichtungen*

In den Abbildungen 7a und 7b wurden alle Flugrichtungen der am Anfang und am Ende von Nächten mit ungestörter Wetterlage fliegenden Vögel zusammengefasst. Die Richtungen vom Ende der Nacht (2 Std. bis  $\frac{1}{2}$  Std. vor Sonnenaufgang) sind im Herbst und im Frühling gegenüber dem Beginn des Nachtzuges ( $\frac{1}{2}$  Std. bis 2 Std. nach Sonnenuntergang) verschoben. Obwohl die Drehung der mittleren Vektoren nur  $5^\circ$  im Frühling und  $7^\circ$  im Herbst ausmacht, sind beide Drehungen nach dem WATSON-WILLIAMS-Test auf dem 99 %-Niveau signifikant (vgl. BATSCHELET 1965). Diese Beobachtungen bestätigen die von SUTTER (1957 b) und STEIDINGER (1968) beobachteten Drehungen des Nachtzuges im Uhrzeigersinn, bieten aber nicht ohne weiteres zusätzliche Möglichkeiten zur Erklärung des Phänomens.

#### ZUSAMMENFASSUNG

1. Mit dem Zielfolgeradar «Superfledermaus» wurden während 64 Frühlings- und 38 Herbstnächten Daten über den Vogelzug im Schweizerischen Mittelland gesammelt. Aus jeder Nacht standen zwei bis drei Höhenwindmessungen und durchschnittlich 150 Flugwege von Vögeln für die Auswertung zur Verfügung.
2. Neben den Brutvögeln der grossen nordöstlichen Landmassen durchqueren regelmässig auch kleinere Anteile von Populationen aus N und NW die Schweiz.
3. In den Mai-Daten war der Anteil des N- und NW-Zuges etwas grösser als im April. Die Hauptzugrichtung blieb jedoch im Frühling und im Herbst während der ganzen Beobachtungszeit konstant.
4. Die Bergketten von Alpen und Jura oder die durch sie induzierten Winde scheinen einen starken richtenden Einfluss auf die vorherrschende Zugrichtung auszuüben. Die Hauptzugrichtungen verlaufen mit  $60^\circ$  im Frühling und  $240\text{--}250^\circ$  im Herbst parallel zum Mittelland.
5. Abweichungen von den Hauptzugrichtungen, insbesondere auch Umkehrzug sind in den untersten Luftschichten häufiger als in grosser Höhe.
6. Die Analyse der Winde und Zugverhältnisse in einzelnen Nächten bestätigte die Ansicht, dass die Vögel vor allem in den Höhen und den Nächten ziehen, in denen für sie günstige Winde herrschen. Winde von rechts der Hauptzugachse induzieren stärkeren Zug der nördlichen und nordwestlichen Populationen, während Winde von links in der Regel kompensiert werden, da sie keine positive Komponente in Richtung potentieller Zielgebiete enthalten. Unerklärt bleibt dabei das Problem des Umkehrzuges, d. h. das Phänomen, dass Gegenwinde weniger gut kompensiert werden als Rückenwinde und zum Teil sogar eigentliche Mitwindbewegungen zur Folge haben können.
7. Wie bereits früher für den Herbstzug gezeigt wurde, ergab sich auch für den Frühlingzug eine signifikante Drehung des Nachtzuges im Uhrzeigersinn vom Abend bis zum Morgen.

#### RÉSUMÉ

*Variations des directions et de leur dispersion dans la migration des oiseaux sur le Plateau suisse*

1. A l'aide du radar de conduite de tir «Superfledermaus», nous avons rassemblé des données sur la migration au-dessus du Plateau suisse pendant 64 nuits de printemps et 38 nuits d'automne. Le matériel traité consiste en deux ou trois mesures du vent et en 150 vols d'oiseaux pour chaque nuit, en moyenne.
2. En plus des oiseaux nicheurs des grandes contrées du NE de l'Europe, nous constatons également qu'une faible proportion de la migration se compose d'oiseaux venant du N et du NW.

3. La proportion d'oiseaux venant du N-NW était un peu plus grande en mai qu'en avril. La direction principale de la migration resta cependant constante, aussi bien au printemps qu'en automne.
4. Les chaînes des Alpes et du Jura, ou les vents induits par celles-ci, semblent avoir une grande influence sur l'axe principal de la migration. Les directions principales de 60° au printemps et de 240°—250° en automne sont parallèles au Plateau.
5. Les déviations des directions principales de la migration, spécialement la rémigration, sont plus fréquentes en basses qu'en haute altitude.
6. L'analyse des vents et du déroulement de la migration au cours de certaines nuits a confirmé la supposition que les oiseaux migrent surtout à des altitudes et durant des nuits où les vents leur sont favorables. Des vents venant de droite par rapport à l'axe principal de la migration favorisent une migration plus importante des populations nicheuses du N et NW. Par contre, des vents venant de gauche sont en général compensés, étant donné qu'ils n'ont pas un effet positif en direction de buts potentiels. Cependant, le problème de la rémigration reste non élucidé. Il semble que des vents contraires soient moins bien compensés que des vents arrière et qu'il y ait des oiseaux qui suivent un vent opposé à leur direction primaire.
7. De même que pour la migration automnale, nous avons pu constater, lors de la migration printanière nocturne, une rotation des directions dans le sens des aiguilles de la montre, du soir au matin.

### SUMMARY

#### *Variation in direction and spread of directions of bird migration in northern Switzerland*

1. An X-band tracking radar was used as described in previous papers. 64 nights of spring migration and 38 nights of autumn migration, each with two to three radar measurements of upper winds and an average of 150 tracked birds, were studied.
2. Besides the birds of the large northeastern land masses there is always a small amount of populations from the N and NW migrating through Switzerland.
3. The percentage of northern and northwestern populations seems to be somewhat larger in late spring than earlier. But the principal direction of migration stays constant throughout the seasons.
4. The mountain ridges along the Swiss low-lands or the wind directions induced by the mountain chains seem to have a strong directing influence on the prevailing direction of migration. The principal direction of migration is 60° in spring and 240° to 250° in autumn.
5. Deviations from the normal flight directions, especially reversed migration, occur mainly at lower levels.
6. The analysis of winds and migration in single nights confirms the opinion that birds tend to fly in those nights and at those levels where winds are most favorable for them. Winds from the left side of the main vector of migration induce stronger migration of the northern and northwestern populations, while winds from the right are usually compensated. Small amounts of birds may fly down-wind even if the wind direction isn't identical with their goal-direction. Especially when other unfavourable weather conditions coincide with winds against the principal direction of migration, reversed migration may occur.
7. As has been reported earlier for autumn, in spring too, the mean tracks shift clockwise during undisturbed nights.

### LITERATUR

- ABLE, K. P. (1974): Environmental influences on the orientation of free-flying nocturnal bird migrants. *Anim. Behav.* 22: 224—238.
- BATSCHULET, E. (1965): Statistical methods for the analysis of problems in animal orientation and certain biological rhythms. AIBS monograph, Washington.
- BRUDERER, B. (1971): Radarbeobachtungen über den Frühlingszug im Schweizerischen Mittelland. (Ein Beitrag zum Problem der Witterungsabhängigkeit des Vogelzuges). *Orn. Beob.* 68: 89—158.
- BRUDERER, B. & P. STEIDINGER (1972): Methods in quantitative and qualitative analysis of bird migration with a tracking radar. In: *Animal Orientation and Navigation*. Edited by S. R. Galler, K. Schmidt-Koenig, G. J. Jacobs and R. E. Belleville. NASA SP-262, Washington.

- GAUTHREAU, S. A. (1972): Flight directions of passerine migrants in daylight and darkness: a radar and direct visual study. In: *Animal Orientation and Navigation*. NASA SP-262, Washington.
- GAUTHREAU, S. A. & K. P. ABLE (1970): Wind and the direction of nocturnal songbird migration. *Nature* 228: 476—477.
- 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. (Radarbeobachtungen über dem Schweizerischen Mittelland). *Orn. Beob.* 69: 20—39.
- SUTTER, E. (1957a): Radar als Hilfsmittel der Vogelzugforschung. *Orn. Beob.* 54: 70—96.
- (1957b): Radarbeobachtungen über den Verlauf des nächtlichen Vogelzuges. *Rev. Suisse Zool.* 64: 294—303.

*Dr. B. Bruderer, Schweiz. Vogelwarte, 6204 Sempach*