

Radarbeobachtungen über den Vogelzug am Col de Bretolet in den Walliser Alpen ¹

von WALTER GEHRING

Zoologisch-vergl. anatomisches Institut der Universität Zürich

Einleitung

Seit 1956 werden auf dem Col de Bretolet in den Walliser Alpen systematische Vogelzugbeobachtungen durchgeführt und jeden Herbst eine grosse Zahl von Vögeln beringt (GODEL und DE CROUSAZ 1958; VUILLEUMIER, 1959; DE CROUSAZ, 1960; DE CROUSAZ, 1961; DORKA, 1966). Diese Untersuchungen wurden von der welschschweizerischen Jugendgruppe begonnen und in grösserem Massstab von der Schweizerischen Vogelwarte Sempach weitergeführt. Dank den besonderen topographischen Verhältnissen wird auf diesem Pass eine besonders hohe Konzentration des Vogelzuges festgestellt (VUILLEUMIER, 1963). Für die quantitative Auswertung der Beobachtungsdaten ist die Frage, ob der Zug vollständig erfasst wird, von grosser Bedeutung. Wie parallel geführte Radar- und Feldbeobachtungen im schweizerischen Mittelland (SUTTER, 1957; GEHRING, 1963) gezeigt haben, registriert der Feldbeobachter bei klarem Wetter und schwachen Winden oder mässigem Rückenwind nur einen kleinen Teil der durchziehenden Vögel, da sich das Zuggeschehen unter diesen Bedingungen in grosser Höhe abspielt. Es stellt sich deshalb die Frage, ob dies auch für die Alpen, insbesondere den Col de Bretolet, zutrifft, wo bei Bise ebenfalls weniger Vögel beobachtet werden als bei Gegenwind (GODEL und DE CROUSAZ, 1958).

Wir unternahmen daher den Versuch, die Flughöhe der ziehenden Vögel auf Planachaux (1782 m ü. M.) beim Col de Bretolet mit Hilfe eines mobilen Radargerätes zu messen. Gleichzeitig führten wir Messungen über die Zugrichtung und Geschwindigkeit durch. Da wir zum ersten Mal mit diesem Radargerät arbeiteten, handelte es sich eigentlich um Vorversuche, wobei trotz der kurzen Zeitspanne, die zur Verfügung stand, eine Reihe von Messdaten gewonnen werden konnte. Ausserdem begannen wir mit der Analyse der Echosignale, die uns gewisse Rückschlüsse auf die Art des fliegenden Objektes erlauben. Darüber soll in einer weiteren Arbeit berichtet werden (GEHRING, 1967).

Das Radargerät wurde uns in grosszügiger Weise von der Schweizer Armee zur Verfügung gestellt, wofür wir besonders Herrn Oberstkorpskommandant STUDER und seinen Mitarbeitern sehr herzlich danken. Für den Unterhalt des Gerätes waren die beiden Techniker Herr EGLI und Herr MARITZ in sehr verdankenswerter Weise besorgt. Ferner möchten wir dem Zeughauspersonal für den Transport des Gerätes und Herrn EXHENRY für die kostenlose Stromversorgung unseren Dank abstatten. Ganz besonderer Dank gebührt auch meinen Mitarbeitern, den Herren P. STEIDINGER und CH. IMBODEN sowie Fräulein U. LANG. Herr Prof. G. WAGNER und Herr Dr. A. SCHIFFERLI, Leiter der Schwei-

¹ Ausgeführt mit Unterstützung durch die Stiftung Dr. Fritz Hoffmann-La Roche zur Förderung wissenschaftlicher Arbeitsgemeinschaften in der Schweiz.

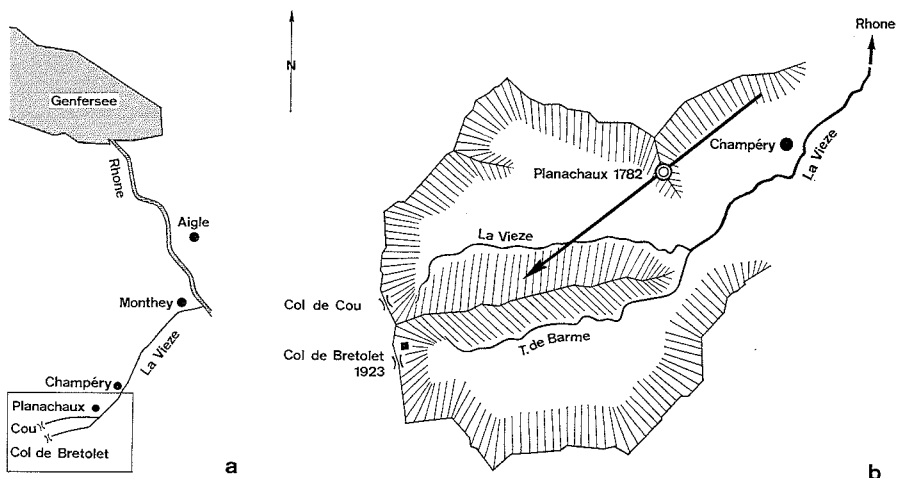


ABB. 1. Geographische Lage des Beobachtungsgebietes. a) Übersicht. — b) Ausschnitt. Standort der Radarstation: Planachaux. Die Alpine Ornithologische Station befindet sich auf dem Col de Bretolet. Der grosse Pfeil bezeichnet die mittlere Zugrichtung. Die Zahlen geben die Höhe in Metern über Meer an.

zerischen Vogelwarte, haben uns in mancher Hinsicht tatkräftig unterstützt. Herrn Dr. E. SUTTER bin ich für die kritische Durchsicht des Manuskriptes sehr zu Dank verpflichtet. Herr Dr. J. AUBERT und Herr Dr. G. GENSLER waren mir freundlicherweise bei der Beschaffung von Wetterdaten behilflich.

Arbeitsmethoden

Die Beobachtungsperiode, der eine kurze Ausbildungszeit vorausgegangen war, dauerte vom 7. — 17. Oktober 1966. Gleichzeitig wurde auf dem Col de Bretolet unter der Leitung von Herrn W. THÖNEN wiederum eine systematische Beringungsaktion, kombiniert mit Sichtbeobachtungen, durchgeführt.

Da keine genügende Fahrstrasse zu den Pässen Cou oder Bretolet hinaufführt, stellten wir das Gerät in Planachaux (1782 m über Meer) (Abb. 1) in ca. 5 km Entfernung auf. Es besteht eine direkte Sichtverbindung zwischen Planachaux und dem Col de Bretolet, der etwas höher liegt (1923 m über Meer). Dieser Standort erwies sich als sehr günstig. Die Vögel wurden auf ihrem Flug von NE über Planachaux hinweg nach dem Passgebiet hin verfolgt.

Bei dem verwendeten Gerät handelt es sich um einen mobilen Zielverfolgungsradar von 3 cm Wellenlänge. Der Apparat besteht aus einem eigentlichen Radarteil und einem Computer, der laufend die Daten zur Verfolgung eines Objektes berechnet.

Zum Absuchen des Luftraumes kann die Antenne, welche ein enges Strahlenbündel emittiert, eine Schraubenbewegung beschreiben (*Helical suchen*). Die Echo-signale erscheinen dann auf einem kreisförmigen *Plan Position Indicator (PPI)*, als maßstäblich verkleinerte Projektion der Hemisphäre auf die Horizontalebene. Für Vögel erwies sich diese Methode als wenig geeignet, da die Vögel nur über relativ kurze Distanz registriert werden und somit nur im innersten Bereich des Radarschirmes erscheinen. Auch die zweite übliche Suchmethode, das *Sektor-*

suchen, konnte aus den gleichen Gründen für Vögel kaum angewendet werden. Beim Sektorsuchen führt die Antenne eine Wippbewegung in vertikaler Richtung aus, wobei die Echosignale auf dem *Range Height Indicator (RHI)* aufgezeichnet werden, wo man Entfernung und Elevation ablesen kann. Für unsere Zwecke mussten wir eine neue Suchmethode ausarbeiten. Dabei wird die Antenne willkürlich von Hand gesteuert. Die Echosignale werden auf dem *Distanzindikator* gesucht, wo die Impulse in Abhängigkeit von der Distanz aufgezeichnet werden. Wird ein Impuls beobachtet, so muss zunächst die Distanz eingestellt werden. Anschließend wird die Automatik eingeschaltet und der Radar *verfolgt* das Objekt *automatisch*, wobei die Antenne stets auf das Objekt gerichtet wird. Abb. 2 zeigt das Echosignal eines Vogels auf dem Distanzindikator. Die Signale weisen eine charakteristische Form auf, die sie von Signalen feststehender Objekte unterscheidet. Die Suchzeit mit dieser Methode beträgt bei hoher Zugdichte weniger als 1 sec., wenn der Radaroperator geübt ist.

Beim *Verfolgen* des Objektes liefert der Computer die Daten, welche die Position des Objektes angeben. Diese können von Zähluhren abgelesen und protokolliert werden. Zur genauen Bestimmung der Flugrichtung und Geschwindigkeit wurden die Flugbahnen der Vögel ausgemessen, wobei die Position in 1-Minuten-Intervallen abgelesen und daraus die Flugbahn berechnet wurde. Eine solche Flugbahn ist in Abb. 3 wiedergegeben.

In der Radarachse ist ein *Fernrohr* mit 12,4facher Vergrößerung angebracht, mit dessen Hilfe die verfolgten Objekte zum Teil identifiziert werden können.

Resultate

1. Empfindlichkeit und Reichweite des Gerätes

Das Radargerät besitzt eine viel höhere Empfindlichkeit, als wir erwartet haben. Es konnten nicht nur *einzelne Kleinvögel*, sondern sogar Insekten verfolgt werden. Bei den *Insekten*, die wir mit Hilfe des Fernrohrs identifizieren konnten, handelt es sich um Tagschmetterlinge, und zwar um Admirale (*Pyrameis atalanta*), die in grosser Zahl über den Pass wandern. Sie halten im allgemeinen eine südwestliche Zugrichtung ein wie die Vögel und können beträchtliche Flughöhen von über 1000 m über der Radarstation (2800 m über Meer) erreichen. Ob wir auch Schwebfliegen (Syrphiden) registrieren können, welche die Hauptmasse der tagsüber migrierenden Insekten ausmachen (AUBERT, 1962 und 1964), ist noch ungewiss. Die Flugbahn eines Schmetterlings ist in Abb. 4 aufgezeichnet und kann mit derjenigen einer Gruppe von 7 Finken (Abb. 3) verglichen werden. Der wichtigste Unterschied zwischen den beiden besteht in der relativ niedrigen Geschwindigkeit der Schmetterlinge (s. auch Abb. 8). Da jedoch einzelne Kleinvögel manch-

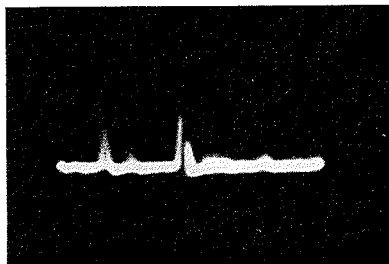


ABB. 2. Echosignal eines Vogels auf dem Distanzindikator. Das mittlere Signal stammt von einem Vogel, die übrigen sind Störimpulse von festen Echos.

mal auch sehr langsam fliegen, ergibt die Geschwindigkeit nicht immer ein sicheres Kriterium zur Unterscheidung zwischen Vögeln und Insekten. Bei günstigen Lichtverhältnissen kann diese Unterscheidung mit Hilfe des Fernrohres, welches parallel zur Radarachse angebracht ist, getroffen werden, sofern die Distanz weniger als ca. 400 m beträgt. Eine weitere Methode, die auch über grosse Distanz anwendbar ist, bietet das Radargerät selbst. Mit Hilfe eines Oscillographen können nämlich die Fluktuationen des Echsignals analysiert werden, die bei den Vögeln viel grösser sind als bei den Insekten (GEHRING, 1967). Anhand dieser Fluktuationen, die das Flügelschlag-Muster wiedergeben, wird es in Zukunft auch möglich sein, die einzelnen Vogelarten oder mindestens Artengruppen zu unterscheiden (SCHAEFER, 1966). Leider machten wir von dieser Möglichkeit erst gegen Ende der Beobachtungsperiode Gebrauch, so dass wir die Frage, ob auch nachts wandernde Insekten, vor allem Nachtfalter aus der Familie der Noctuiden (AUBERT, 1964) registriert werden, nicht mehr entscheiden konnten. Wir müssen daher eine Auswertung unserer Nachtzug-Messungen vorläufig aufschieben, weil wir nicht wissen, wie gross nachts der Anteil an Echos ist, die von Insekten und Fledermäusen stammen.

TABELLE 1. Reichweite des Radargerätes und des Fernrohres.

n = Anzahl der Messungen; Radar = maximale Entfernung, bei der das Objekt noch automatisch verfolgt werden konnte; optisch = Sichtbarkeitsgrenze im 12,4fachen Fernrohr. — Angaben in Metern. Bei den Schwärmen ist die Variationsbreite angegeben.

Objekt	n	Radar	optisch
<i>Einzelvögel</i>			
Buchfink (<i>Fringilla coelebs</i>)	1	1300	1200
Buchfink (<i>Fringilla coelebs</i>)	1	1800	—
Schwalbe (<i>Hirundinidae spec.</i>)	1	1350	—
Stelze (<i>Motacilla spec.</i>)	1	1900	—
Drossel (<i>Turdus spec.</i>)	1	2300	1300
unbest. Kleinvogel	1	—	1700
Sperber (<i>Accipiter nisus</i>)	1	4000	3400
<i>Kleinvogelschwärme</i>			
2—10 Individuen	13	1250—3500	1000—2000
11—20 Individuen	6	1600—4000	1400—1700
21—50 Individuen	8	1600—4900	1700—1900

In Tab. 1 sind unsere Messungen von 6 Beobachtungstagen über die Reichweite des Radargerätes zusammengefasst. Darunter verstehen wir diejenige Distanz, bis zu welcher ein Objekt automatisch verfolgt werden kann. Wie aus Tab. 1 hervorgeht, können grössere Vögel oder Schwärme über grössere Distanz verfolgt werden als kleine Einzelvögel. Die Reichweite ist jedoch auch stark abhängig von der Topographie. Nähert sich der Vogel einem Berghang auf kurze Distanz, so ist dessen Verfolgung erschwert. Dies muss man bei der Wahl des Standortes berücksichtigen.

Bei grösserer Distanz wird der Vogelschwarm als ganzes verfolgt, wobei die Automatik anscheinend den Echschwerpunkt ermittelt. Nähert sich der Schwarm dann der Radarstation, so wird jedoch meist nur ein Individuum des Schwarmes verfolgt, da die Vögel oft einen relativ grossen Abstand zueinander einhalten oder weil sich einzelne Vögel aus dem Verband lösen.

Die *mittlere Reichweite des Radargerätes* bei dieser zufälligen Stichprobe von 27 Messungen (Tab. 1) beträgt 2750 m (Radius). Die Vögel können somit etwa

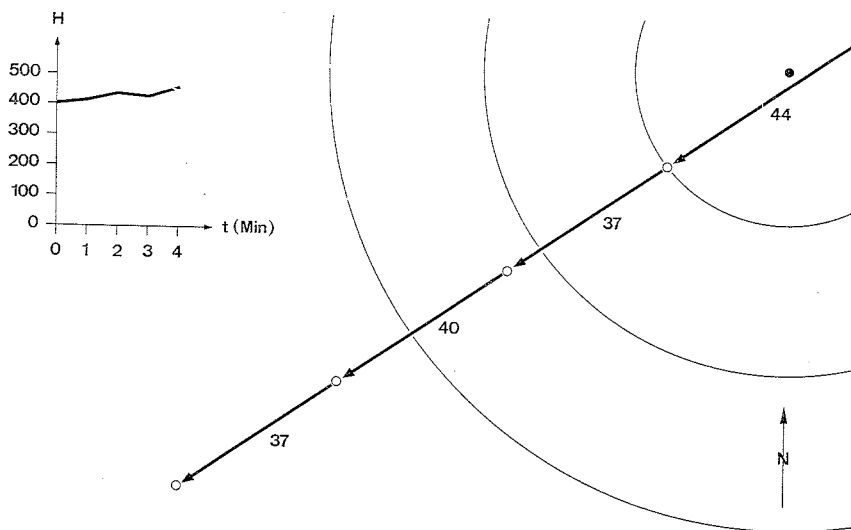


ABB. 3. Flugbahn von 7 Finken am 10. Oktober 8.29 bis 8.33 Uhr. — *Links:* Die Flughöhe (H) in Metern über der Radarstation in Abhängigkeit von der Zeit (t). — *Rechts:* Projektion der Flugbahn auf die Horizontalebene. Die Distanzkreise markieren 500, 1000 und 1500 m. Im Zentrum der Kreise liegt die Radarstation (schwarzer Punkt). Die Messpunkte sind durch kleine leere Kreise dargestellt und durch Vektoren verbunden. Die Zahlen bei den Vektoren geben die Horizontal-Geschwindigkeit in km/h an. Zeitintervall zwischen zwei Messpunkten 1 Min.

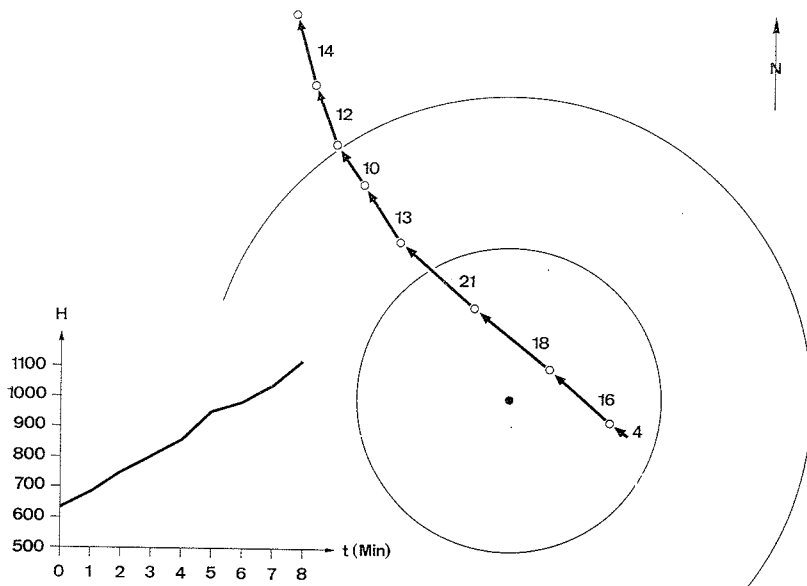


ABB. 4. Flugbahn eines Schmetterlings am 15. Oktober 16.30 Uhr. Gleiche Darstellungsart wie in Abb. 3.

auf einer Strecke von 5 km verfolgt werden bei ihrem Flug vom NE- in den SW-Sektor. Für den in Abb. 4 dargestellten Schmetterling betrug die Reichweite 1830 m. Sie liegt also in der gleichen Grössenordnung wie für einzelne Kleinvögel.

In Tab. 1 sind ausserdem die Werte für die *Sichtbarkeitsgrenze* im 12,4fachen Fernrohr angegeben, die mit Hilfe des Radars genau gemessen werden konnten. Dabei ist zu beachten, dass die Objekte mit dem Radar gesucht und auch verfolgt wurden, so dass der Beobachter das Fernrohr nicht andauernd auf das Objekt zu richten braucht, dies geschieht automatisch. Dadurch wird die Reichweite bedeutend grösser als bei einer Bedienung des Fernrohres von Hand. Die Messwerte variieren infolge der verschiedenen Lichtverhältnisse, liegen jedoch für Kleinvögel stets zwischen 1000 und 2000 Metern.

2. Flughöhe

Für die Messung von Flughöhen muss die Elevation so gewählt werden, dass die Entfernung nicht begrenzend wirkt. Bei niedriger Elevation erreicht nämlich der «Radarstrahl» erst ausserhalb der Reichweite, in der Vögel registriert werden können, eine grössere Höhe. Weil der Öffnungswinkel des emittierten Strahlenbündels sehr klein ist, kann das Bündel als Strahl aufgefasst werden. Am einfachsten wird daher die Antenne senkrecht gestellt. Da wir jedoch nicht nur die Flughöhe der Vögel bestimmen, sondern auch ihre Flugbahn über eine grössere Strecke verfolgen wollten, wählten wir eine Elevation von 45° und suchten die Echos im NE-Sektor. Bei dieser Elevation wirkt die Entfernung nicht begrenzend, wie aus der Verteilung der Messpunkte in Abb. 5 hervorgeht. Diese Messwerte wurden im NE-Sektor kurz nach dem «Einfangen» der Echos bestimmt. Die ge-

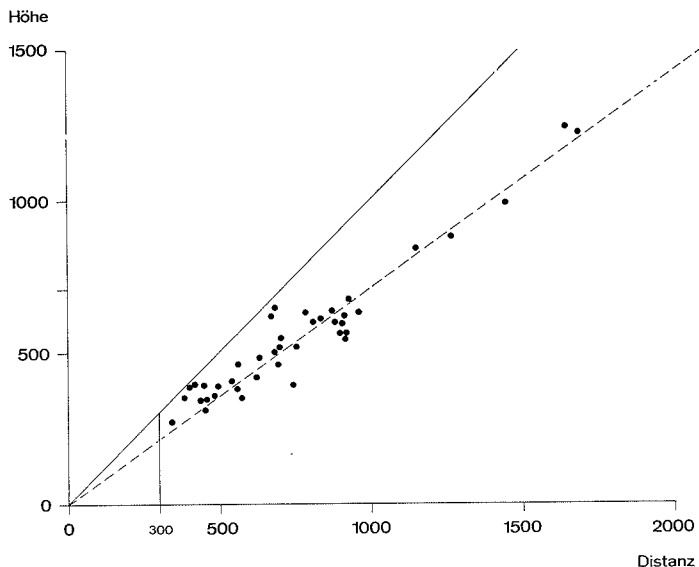


ABB. 5. Abhängigkeit der Flughöhen-Messwerte von der Distanz, falls die Echos bei einer Elevation von 45° aufgesucht werden. Gestrichelte Linie = 45° Elevation, ausgezogene Linie = 90° Elevation. Der «tote Raum» innerhalb 300 m ist durch eine senkrechte Linie abgegrenzt. Angaben in Metern.

gemessene Distanz entspricht dabei der direkten Entfernung und nicht etwa deren Projektion. Bei einer Distanz von 1000 m beispielsweise und einer Elevation von 45° (gestrichelte Linie) beträgt die Höhe somit 707 m. Würde die Reichweite des Gerätes für die Messung grosser Flughöhen bei 45° Elevation nicht genügen, so müssten die hohen Messpunkte gegen die Elevation von 90° (ausgezogene Linie) verschoben sein. Dies ist jedoch nicht der Fall, die höchsten Echos können auch bei 45° erfasst werden. Kritisch wird es erst bei Flughöhen über 2000 m und nur für kleine Objekte, da wir dann an die Grenze der Reichweite des Gerätes gelangen. Im Bereich von 0–300 m Distanz misst das Gerät nicht mehr genau, so dass niedrige Flughöhen mit dieser Methode nicht bestimmt werden.

Die Gesamtheit der Flughöhenmessungen für den Tagzug sind in Abb. 6 zusammengestellt, wobei nur Echos, die sicher von Vögeln stammen, berücksichtigt wurden. Während der Beobachtungsperiode bestand eine fast andauernde Schönwetterlage, mit nur schwachen Höhenwinden an vier Beobachtungstagen und schwachem bis mässigem Gegenwind an den übrigen drei Tagen. Nach unseren Erfahrungen im Mittelland (GEHRING, 1963) setzt der Gegenwind die Flughöhe herab, doch haben wir noch zu wenige Messwerte, um dies für Planachaux bestätigen zu können. Die Hauptmasse der Vögel flog in einer Höhe von 300 bis 700 m (2100–2500 m über Meer). Mit zunehmender Höhe nimmt die Frequenz deutlich ab. Die höchsten Echos wurden bei 2000 m, also 3800 m über Meer beobachtet. Leider konnte die Proportion der Vögel, die in Bodennähe unterhalb 300 m durchziehen, nicht genau bestimmt werden.

In Abb. 7 sind die Messwerte für den 10. Oktober in Abhängigkeit von der Tageszeit aufgezeichnet. Die Höhenwinde waren an diesem Tag sehr schwach, so

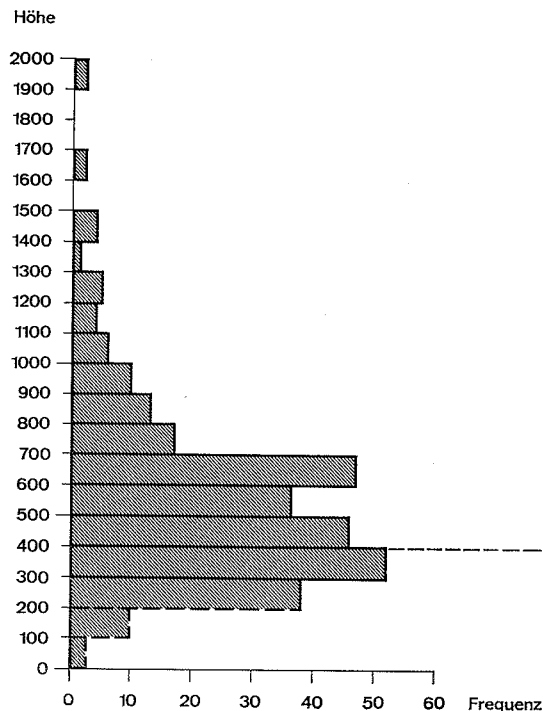


ABB. 6. Gesamtheit der Flughöhen-Messungen für den Tagzug. Ordinate: Flughöhe in Metern. Unterhalb 300 m kann nur ein Teil der Vögel registriert werden. Die gestrichelte Linie gibt die erwartete Grenze an, bis zu welcher der Zug auf dem Col de Bretolet noch vollständig erfasst werden könnte. Abszisse: Anzahl der Vogelschwärme oder Einzelvögel.

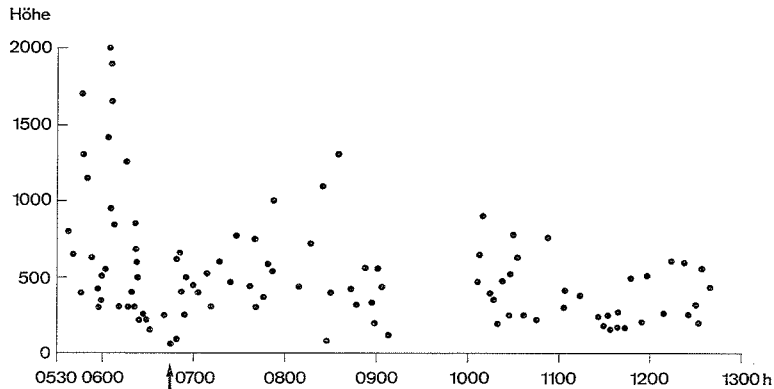


ABB. 7. Flughöhen-Messungen am 10. Oktober zwischen 5.30 und 13.00 Uhr. Ordinate: Flughöhe in Metern; Abszisse: Tageszeit. Unterbruch der Messungen zwischen 9.15 und 10.00 Uhr. Der Pfeil bezeichnet den Sonnenaufgang.

dass sie kaum einen Einfluss auf die Flughöhe hatten. Zwischen 5.30 und 6.30 h wurden die höchsten Echos festgestellt, doch kann zu dieser Zeit noch nicht mit dem Fernrohr beobachtet werden. Ein Teil der Echos stammt sicher von Nachtzüglern. Beim Übergang vom Nacht- zum Tagzug sinkt die durchschnittliche Flughöhe ab, steigt dann aber bald wieder an. Gegen Mittag hin scheint die Flughöhe eher wieder etwas abzunehmen.

An 7 Beobachtungstagen konnte zwischen 6.30 und 17 Uhr der Verlauf der Flugbahn von 72 Vogelschwärmen oder Einzelvögeln verfolgt werden. Etwa die Hälfte davon, nämlich 34, zeigten eine ansteigende Flugbahn, während 18 Schwärme horizontal flogen und 20 eine absinkende Flugbahn aufwiesen. Die Vögel zeigen also eine leichte Tendenz, gegen den Pass hin anzusteigen, doch muss dieser Befund noch an einem grösseren Zahlenmaterial überprüft werden.

3. Zuggeschwindigkeit

Durch Messung von Azimut, Entfernung und Elevation in 1-Minuten-Intervallen und anschliessende Berechnung der Flugbahn kann auch die Geschwindigkeit (Horizontalgeschwindigkeit) der Zugvögel bestimmt werden. In Abb. 8 sind die Geschwindigkeiten von 70 Vogelschwärmen und Einzelvögeln zusammengefasst. Am häufigsten werden Geschwindigkeiten zwischen 40 und 50 km/h eingehalten. Am meisten Messwerte konnten wir bei Finkenvögeln erhalten, da diese die Hauptmasse der Durchzügler stellen. Sie bestimmen deshalb weitgehend den Verlauf der Kurve in Abb. 8. Der Mittelwert der Geschwindigkeiten von 32 Finkenschwärmen beträgt $43,6 \pm 3,0$ km/h. In Abb. 8 sind ausserdem die Geschwindigkeiten von 8 Schmetterlingen eingetragen. Da es nur im äussersten Bereich der Kurve zu einer Überlappung der Kurven kommt, ist eine Unterscheidung zwischen Vogel- und Insektenechos aufgrund der Geschwindigkeiten häufig möglich.

4. Zugrichtung

Die Flugbahnen sind im allgemeinen SW-gerichtet. Der Mittelwert von 79 gemessenen Flugbahnen liegt bei einem Azimut von 230° . Diese mittlere Zugrich-

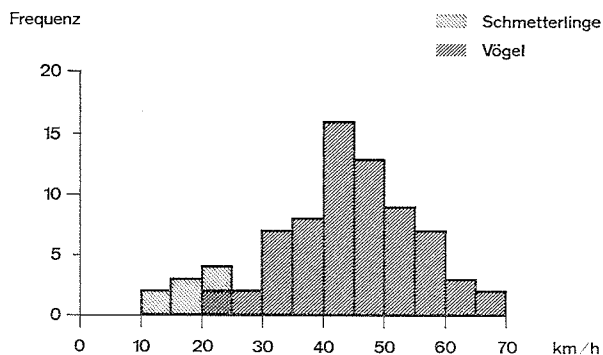


ABB. 8. Horizontal-Geschwindigkeiten ziehender Vögel und Schmetterlinge. Ordinate: Anzahl der Vogelschwärme oder Einzelvögel, resp. Schmetterlinge. Abszisse: Geschwindigkeit in km/h.

tung wird wiederum weitgehend durch die Finkenvögel bestimmt. Sie entspricht derjenigen, die wir im Mittelland gemessen haben (GEHRING, 1963).

Die einzelnen Messwerte für den 10. Oktober sind in Abb. 9 in Form von Richtungs-Geschwindigkeitsdiagrammen wiedergegeben. Zwischen 6 und 7 Uhr herrscht eine südwestliche Richtung vor, wobei zum Teil noch Nachtzügler registriert wurden. Von 7—8 Uhr scheint die Vorzugsrichtung mehr nach WSW gedreht zu haben. Dies kann kaum auf Windeinfluss zurückgeführt werden, da die Höhenwinde sehr schwach waren. Das gleiche Phänomen konnten wir bei ungestörter Wetterlage im Mittelland regelmässig beobachten (GEHRING, 1963), für Planachaux liegen aber noch zu wenige Daten vor. Zwischen 8 und 9 Uhr treten neben den normal gerichteten Schwärmen auch zwei «Querschläger» auf, die möglicherweise von Vögeln stammen, die sich nicht auf dem Zuge befinden. In Abb. 10 sind 4 Flugbahnen dargestellt, die deren Verlauf im Zusammenhang mit der Topographie zeigen sollen. Da die vom Radar erfassten Vögel bereits vor dem Pass eine genügende Flughöhe erreicht haben, folgen sie nicht der Tallinie, die im obersten Abschnitt fast von Westen nach Osten verläuft, und überqueren

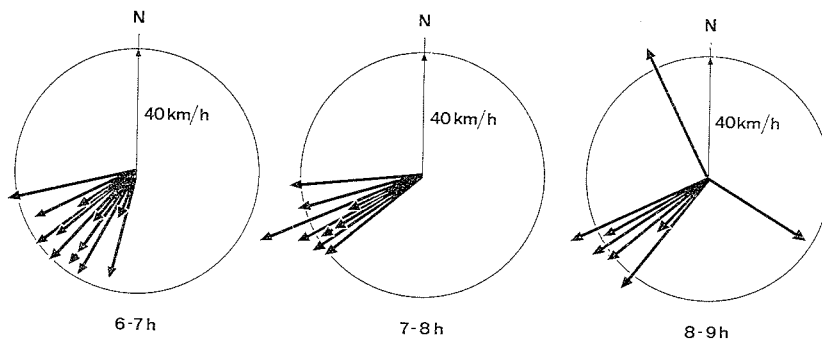


ABB. 9. Richtungs-Geschwindigkeits-Diagramme für den 10. Oktober von 6 bis 9 Uhr. Die Richtung der eingezeichneten Vektoren gibt die Zugrichtung des betreffenden Schwarmes, die Länge des Vektors seine Geschwindigkeit an. Der Radius des Kreises entspricht einer Geschwindigkeit von 40 km/h.

die Wasserscheide nicht an der niedrigsten Stelle. Interessant ist das Verhalten der Krähen (Abb. 10), die eine westliche Zugrichtung einhalten und östlich der beiden Pässe traversieren. Die hochfliegenden Vögel halten also ihre Zugrichtung weitgehend unabhängig von der Topographie bei.

Diskussion

Die *Reichweite* eines mobilen Zielverfolgungsraders ist naturgemäss kleiner als diejenige eines Überwachungsraders, übertrifft jedoch die Möglichkeiten der Sichtbeobachtung bei weitem. Das verwendete Radargerät besitzt für Vögel eine mittlere Reichweite von 2750 m. Gleichzeitig konnten wir die Sichtbarkeitsgrenze für ein Fernrohr mit einer 12,4fachen Vergrösserung bestimmen, die für Kleinvögel je nach den Lichtverhältnissen zwischen 1000 und 2000 m liegt. Dabei wird jedoch das Fernrohr vom Radar automatisch gesteuert. Bei einer Steuerung von Hand verliert man das Objekt vielfach vorzeitig. Ein quantitatives Erfassen des Vogelzuges auf dem Pass, wobei der Himmel von blossen Auge unter gelegentlicher Zuhilfenahme des Feldstechers abgesucht wird, ist nur auf eine viel kürzere Distanz möglich. Wir nehmen an, dass der Zug höchstens bis in eine Höhe von 200 m vollständig erfasst werden kann. Aufgrund von Feldbeobachtungen kommt BRUDERER (1967) zu der gleichen Schätzung. Möglicherweise ist dieser Wert noch zu hoch, da die Erfahrung zeigt, dass die meisten Schwärme unterhalb 50 m beobachtet werden und sich der Feldbeobachter somit auf den bodennahen Zug konzentriert. Demgegenüber registriert das Radargerät vor allem die oberhalb 300 m fliegenden Vögel. Somit ergänzen die beiden Beobachtungsmethoden einander.

Die am Radar gemessenen *Flughöhen* liegen zur Hauptsache zwischen 300 und 700 m (Abb. 6), also oberhalb des angenommenen Grenzwertes für die Sichtbeobachtung, obwohl der Pass noch 140 m höher liegt als Planachaux. Die höchsten Echos wurden noch über den höchsten Berggipfeln des Gebietes, den Dents du Midi (3257 m über Meer), in 3800 m ü.M. festgestellt. Dabei muss jedoch festgehalten werden, dass während der Beobachtungsperiode an keinem Tag Bisenlage, also Rückenwind, herrschte. Unter solchen Bedingungen sind eher noch grössere Flughöhen zu erwarten. Die Annahme von SUTTER (1954), dass bei ungestörtem Wetter eine Zugbewegung in mittlerer Kamm- bis Gipfelhöhe stattfindet, kann somit bestätigt werden.

Es fragt sich nun, welchen Anteil am gesamten Zug diese hochfliegenden Vögel ausmachen. Über die *Zugdichte* konnten wir in Planachaux noch zu wenige Daten sammeln, um eine genauere quantitative Aussage zu machen. Bei ungestörter Wetterlage muss die Zugdichte oberhalb 300 m (2100 m ü.M.) jedoch recht hoch sein. Dies kann aus der kurzen Suchzeit geschlossen werden, die der Radaropérateur benötigt, um ein Vogelecho aufzufinden. Sie liegt in der Grössenordnung von Sekunden. Demnach fliegt eine nennenswerte Proportion der Zugvögel in einer Höhe, in der ein quantitatives Erfassen durch Sichtbeobachtung unmöglich oder mindestens sehr schwierig ist.

Aus dem Schweizerischen *Mittelland* liegen bisher nur relativ wenige *Flughöhen*-Messungen mit Radar vor (SUTTER, 1957; GEHRING, 1963), da die bisher verwendeten Geräte in ihrer Anwendung beschränkt waren. Bei ungestörter Wetterlage wurden die Vögel regelmässig bis in eine Höhe von mindestens 800 m über Boden registriert. Bei Hochnebel fliegt der grösste Teil der Vögel über der

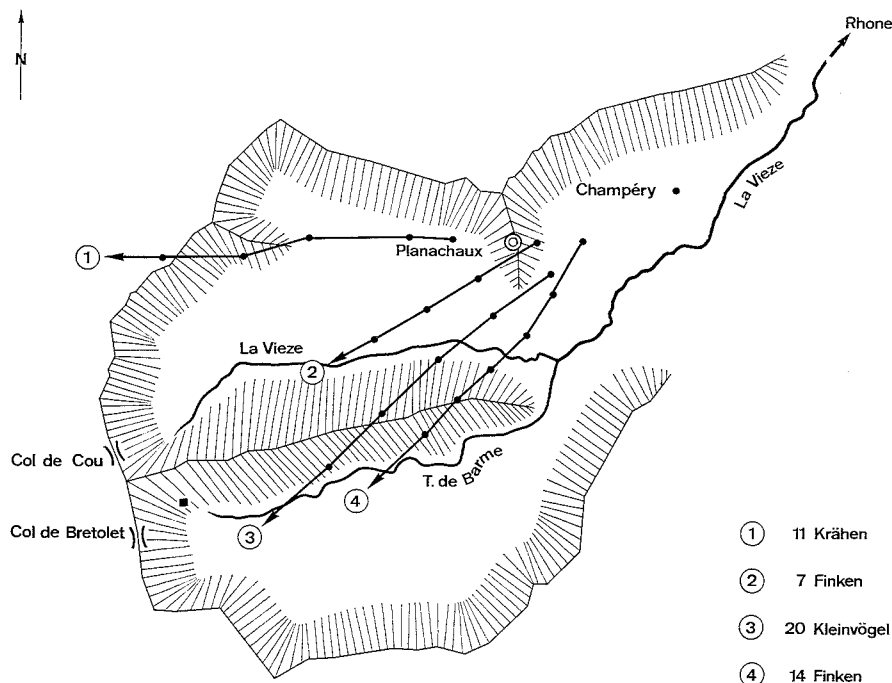


ABB. 10. Flugbahnen von vier Vogelschwärmen im Zusammenhang mit der Topographie. Erklärung im Text. Die Messpunkte wurden in 1-Minuten-Intervallen bestimmt.

Nebeldecke, und es wurden Kleinvögel bis in 2000 m Höhe festgestellt. Unsere Beobachtungen in den *Alpen* (Abb. 6) entsprechen diesen Befunden weitgehend. Es scheint also, dass auch die hochfliegenden Vögel, die vom Mittelland her die Alpen erreichen, noch zusätzlich ansteigen und auf diese Weise ihre Flughöhe über Boden beibehalten.

Flughöhenmessungen an Meeresküsten ergeben im allgemeinen höhere Werte. Über der Nordsee wurden 90 % aller Nachtzügler unterhalb 1500 m, der grösste Prozentsatz jedoch bei 1000 m festgestellt (EASTWOOD und RIDER, 1966). LACK (1960) beobachtete einzelne kleine Nachtzügler sogar in über 6000 m Höhe. Auch über Cape Cod an der amerikanischen Atlantikküste wurden ähnliche Messwerte erhalten (NISBET, 1963), wobei für das angrenzende Festland die gleichen Werte angegeben werden.

Weshalb die Zugvögel in so grosser Höhe fliegen, ist noch weitgehend unbekannt. Bei Nebel besteht ein Vorteil darin, dass den Vögeln über dem Nebel die Navigation erleichtert ist. Ausserdem könnte die tiefere Temperatur in grosser Höhe für die Wärmeregulation vorteilhaft sein, da bei der Kontraktion der Flugmuskulatur sehr viel Wärme freigesetzt wird (vergl. DORKA, 1966). Die geringere Luftdichte ermöglicht auch eine grössere Fluggeschwindigkeit; dagegen erscheint der niedrige Sauerstoffdruck in der Höhe eher als Nachteil.

Die *Geschwindigkeits-Messungen* in Planachaux ergaben sehr ähnliche Werte wie im Mittelland (GEHRING, 1963). Am häufigsten werden Geschwindigkeiten zwischen 40 und 50 km/h beobachtet. Dies hängt von der relativen Häufigkeit

der einzelnen Arten ab. Für Finkenvögel, welche den grössten Anteil am Tagzug aufweisen, wurde eine mittlere Geschwindigkeit von 44 km/h gemessen.

Während die in Bodennähe fliegenden Vögel im Passgebiet sehr stark durch die Topographie beeinflusst werden, scheinen die hochfliegenden Vögel, die am Radar verfolgt werden, ihre Zugrichtung weitgehend unabhängig von der Topographie einzuhalten. Projiziert man die Flugbahnen auf die Landkarte (Beispiele in Abb. 10), so zeigt es sich, dass die Vögel nicht der Tallinie folgen, sondern geradlinig fliegen und die Wasserscheide nicht am tiefsten Punkt überqueren. Dies ist verständlich, wenn man bedenkt, dass die tiefer gelegenen Bergzüge bei dieser Flughöhe keine Hindernisse mehr darstellen. Die gemessene *mittlere Zugrichtung* von 230° stimmt daher fast genau mit derjenigen im Mittelland überein, wo wir an einem viel grösseren Material einen Mittelwert von 234° erhalten haben. Es ist deshalb anzunehmen, dass bei günstigen Wetterbedingungen zahlreiche Vögel in grosser Höhe über die Alpen ziehen und dabei weitgehend unbeeinflusst von der Topographie ihre Zugrichtung innehalten.

ZUSAMMENFASSUNG

1. Mit Hilfe eines Zielverfolgungs-Radars wurde der Vogelzug auf Planachaux beim Col de Bretolet in den Walliser-Alpen vom 7. bis 17. Oktober 1966 untersucht.
2. Mit dem verwendeten Gerät können Vögel und sogar Insekten (Schmetterlinge) verfolgt und ihre Flugbahn gemessen werden. Die Reichweite des Gerätes beträgt für Vögel im Durchschnitt 2750 m.
3. Bei schwachen Höhenwinden werden am meisten Vogeleschos zwischen 300 und 700 m Höhe (2100 bis 2500 m über Meer) registriert, einzelne bis in 2000 m Höhe (3800 m ü. M.).
4. Für Finkenvögel wurde eine mittlere Geschwindigkeit von 44 km/h gemessen.
5. Die mittlere Zugrichtung liegt zwischen SW und WSW bei 230° und ist sehr ähnlich derjenigen im Mittelland.
6. Es wird angenommen, dass bei günstigen Wetterverhältnissen eine Zugbewegung in grosser Höhe über die Alpen stattfindet, wobei die Vögel ihre Zugrichtung weitgehend unabhängig von der Topographie einhalten.

SUMMARY

1. Bird migration in the Swiss Alps was studied by means of a tracking radar at Planachaux near the pass Col de Bretolet from October 7th till 17th 1966.
2. Not only birds but even butterflies can be tracked by this radar. The average maximum range for birds was 2750 m.
3. In undisturbed weather most of the bird echoes were recorded at heights between 300 and 700 m (2100—2500 m above sea level), occasionally up to 2000 m (3800 m above sea level).
4. Flocks of Finches which are the most common migrants maintain an average speed of 44 km/h.
5. The standard direction of migration lies between SW and WSW at 230° . A similar value was obtained in earlier experiments in the Swiss Mittelland.
6. The available data indicate that a considerable proportion of the migrants flies over the Alps at altitudes higher than 2000 m (above sea level) under favourable weather conditions. These birds are able to maintain their heading, whereas the low-flying migrants follow the valley and are concentrated at the pass.

LITERATUR

- AUBERT, J. (1962): Observations sur des migrations d'insectes au col de Bretolet (Alpes valaisannes, 1923 m). Note préliminaire. Mitt. Schweizer. Entomolog. Ges. 35: 130—138.
- (1964): L'activité entomologique de l'observatoire du col de Bretolet. Bulletin de la Murithienne, Soc. valaisanne Sci. nat. 81: 1—27.

- BRUDERER, B. (1967): Zur Witterungsabhängigkeit des Herbstzuges im Jura. Orn. Beob. 64: 57—90.
- DE CROUSAZ, G. (1960): Activités de l'Observatoire ornithologique alpin du Col de Bretolet en 1959. Nos Oiseaux 25: 169—194.
- DE CROUSAZ, PH. (1961): Activités de l'Observatoire ornithologique alpin du Col de Bretolet en 1960. Nos Oiseaux 26: 66—78.
- 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.
- EASTWOOD, E. and RIDER, G. (1966): Grouping of nocturnal migrants. Nature 211: 1143—1146.
- GEHRING, W. (1963): Radar und Feldbeobachtungen über den Verlauf des Vogelzuges im Schweizerischen Mittelland: Der Tagzug im Herbst (1957—1961). Orn. Beob. 60: 35—68.
- (1967): Analyse der Radarechos von Vögeln und Insekten. Orn. Beob. 64: 145—151.
- GODEL, M. und DE CROUSAZ, G. (1958): Studien über den Herbstzug auf dem Col de Cou-Bretolet: Beobachtungs- und Beringungsergebnisse 1951—1957. Orn. Beob. 55: 96—123.
- LACK, D. (1960): The height of bird migration. British Birds 53: 5—10.
- NISBET, I. (1963): Measurements with radar of the height of nocturnal migration over Cape Cod, Massachusetts. Bird-Banding 34: 57—67.
- SCHAEFER, G. W. (1966): The study of bird echoes using a tracking radar. A synopsis of recent experiments. (Vervielfältigt zu Handen von Teilnehmern am XIV. Int. Orn. Congr., Oxford.)
- SUTTER, E. (1954): Vogelzugbeobachtungen bei Maloja und auf dem Splügenpass im Herbst 1952 und 1953. Orn. Beob. 51: 109—132.
- (1957): Radar als Hilfsmittel der Vogelzugforschung. Orn. Beob. 54: 70—96.
- VUILLEUMIER, F. (1959): Activités de l'Observatoire ornithologique alpin du Col de Bretolet en 1958. Nos Oiseaux 25: 65—78.
- (1963): Factors concentrating fall migration at an alpine pass. Proc. XIIIth Int. Orn. Congr. Ithaca 1962: 485—492.

Dr. W. Gehring, Zoologisches Institut der Universität, Kunstlergasse 16, 8006 Zürich

Analyse der Radarechos von Vögeln und Insekten¹

von WALTER GEHRING

Zoologisch-vergl. anatomisches Institut der Universität Zürich

Die Anwendungsmöglichkeiten des Radars für die Vogelzugforschung waren bisher dadurch beschränkt, dass die Art der ziehenden Vögel aufgrund des Radarbildes nicht bestimmt werden konnte. Nur in einzelnen Fällen war es möglich, ein Echo durch gleichzeitige Sichtbeobachtung oder durch seine besondere Charakteristik zu identifizieren. Bisher wurden vorwiegend Überwachungsradargeräte verwendet, welche ein Übersichtsbild liefern, wobei die Hemisphäre des Luftraumes über der Antenne auf eine Bildebene projiziert wird (*Plan position indicator*). Dieses Übersichtsbild gibt uns wertvolle Informationen über die Zugdichte, -Richtung und -Geschwindigkeit, während die Flughöhe an speziellen Höhenmessgeräten bestimmt werden muss.

¹ Ausgeführt mit Unterstützung durch die Stiftung Dr. Fritz Hoffmann-La Roche zur Förderung wissenschaftlicher Arbeitsgemeinschaften in der Schweiz.