

Radar als Hilfsmittel der Vogelzugforschung ¹

Von ERNST SUTTER

Naturhistorisches Museum Basel

Herrn Professor Dr. A. Portmann zum 60. Geburtstag gewidmet

Als der Flughafen Zürich-Kloten die Radarinstallationen in Betrieb genommen hatte, wurde man auf Echos aufmerksam, die nicht von Flugzeugen stammen konnten und deren Herkunft zunächst rätselhaft blieb. Im Herbst 1953 angestellte Kontrollbeobachtungen zeigten dann, dass Vögel im Spiele sein mussten. Auch der Vogelwarte Sempach übermittelte Angaben über Flugrichtung und -geschwindigkeit sprachen in diesem Sinne. Am 3. November dieses Jahres nahmen Dr. SCHIFFERLI und Dr. BURCKHARDT einen ersten Augenschein vor und erhielten sogleich die freundliche Zusage, in einer späteren Zugperiode weitere Beobachtungen am Radar ausführen zu dürfen. Bei den Vogelzugstudien in den Alpen beschäftigte uns gerade die Frage des hohen, schwer feststellbaren Schönwetterzuges (SUTTER, 1954), weshalb die vom Radar zu erwartende Möglichkeit, auch die «unsichtbare» Wanderbewegung erfassen zu können, besonders aktuell und willkommen war. Versuche mit dem neuen Hilfsmittel konnten jedoch aus verschiedenen Gründen erst zwei Jahre später in Angriff genommen werden.

Die erste Radarbegegnung meinerseits geht auf den Spätherbst 1954 zurück, als zum bisher verwendeten Landeradar nun auch der Überwachungsradar hinzugekommen war. Nach Einbruch der Dämmerung bot sich ein faszinierendes Bild: Hunderte von kleinen Punkten leuchteten auf dem Radarschirm auf und rieselten pausenlos in südwestlicher Richtung über die dunkle Kreisfläche. Was sich draussen unsichtbar am Nachthimmel abspielte, nahm hier Gestalt an, und in verkleinertem Abbild übersah man den Wanderstrom der Zugvögel im Umkreis von etwa zehn Kilometern. Wie mühsam ist es doch schon am Tage, einen verlässlichen Einblick in den Zugverlauf über ein grösseres Gebiet zu erhalten, und nun stand ich vor einem kleinen Wunderspiegel, der das so schwierig zu fassende Geschehen wenn nicht in den Einzelheiten, so doch im Gesamten erstaunlich klar wiederzugeben schien.

Wie die Radarechos zu deuten sind und ob deren zeitliches und räumliches Auftreten sich in das Zugbild, wie es sich dem Feldbeobachter darbietet, einfügen lässt, wurde im folgenden Jahr in Zusammenarbeit mit den Zürcher Ornithologen zu prüfen versucht.

Am 30. Oktober 1955 verfolgten in der Umgebung Klotens verschiedene Beobachtergruppen den Vogelzug, während gleichzeitig die Radarechos im entsprechenden Schirmsektor vom Berichterstatter laufend aufgezeichnet wurden. Herr S. HÜTTENMOSER, Präsident der Ornithologischen Gesellschaft Zürich, hatte als Mitarbeiter die Herren Prof. B. BAUR, M. BRAIG, E. und B. CARRARA, A. EICHENBERGER, H. KUNZ,

¹) Untersuchung ausgeführt mit Unterstützung des Schweizerischen Nationalfonds zur Förderung der wissenschaftlichen Forschung.

W. LOCHER, O. SCHAFFNER, U. SCHOOP und E. STADLER gewinnen können, denen sich noch F. AMANN aus Basel anschloss. Von 9 bis 11 Uhr waren Posten bei Rorbas (450 m ü. M., 8,7 km N Kloten), am Irchel (Aussichtsturm, 665 m, 10,7 km NNE Kloten), bei Ober-Wagenburg (630 m, 7,3 km NE Kloten) besetzt und nachmittags 14 bis 17 Uhr einer bei Breitenloo (614 m, 5 km ENE Kloten). Nachdem sich gegen 9 Uhr der Nebel aufzulösen begann, war bei sonnigem, fast windstillem Herbstwetter zunächst reger, dann schwächer werdender Durchzug in 20 bis 50, zuweilen bis 100 m Höhe über dem Boden festzustellen. Die halbstündigen Beobachtungssummen, beginnend mit 9 Uhr, betragen für Irchel 395 — 277 — 200, für Wagenburg 210 — 89 — 76 — 32. Ausser einem einzigen Krähenflug (40 Ex.) waren fast nur Kleinvögel (800 Buch- und Bergfinken, 190 Feldlerchen) und Drosseln (270) in Flügen von meist 10—50 Ex. unterwegs. Der im Hinblick auf eventuell mehr nördlich durchziehende Krähen gewählte Posten bei Rorbas erwies sich als ungünstig gelegen. Am Nachmittag war vorübergehend eine erneute Belegung zu verzeichnen, wie die Angaben von Breitenloo für die Zeit von 14—17 Uhr zeigen: 186 — 59 — 5 — 11 — 9 — 179. Wiederum handelte es sich mit einer noch zu erwähnenden Ausnahme um Kleinvogelzug.

Die im NE-Sektor des Radarschirmes auftretenden Echos wurden in Abständen von zwei Minuten möglichst positionsgetreu auf vorbereitete Blätter entsprechender Einteilung übertragen. An Präzision und Vollständigkeit liessen diese Skizzen aber notgedrungen zu wünschen übrig, weshalb es auch nicht gelang, einzelne Echopunkte einwandfrei bestimmten, von den Feldbeobachtern registrierten Flügen zuzuordnen. Ausserdem lagen die Posten, wie sich nachher zeigte, nicht im günstigsten Wirkungsbereich des Radars. Diesen letzteren Mangel behoben wir am Nachmittag und konzentrierten uns auf die Überwachung des Schirmbezirkes um den einzigen Posten Breitenloo. Einige Echopunkte fielen mit beobachteten Kleinvogelschwärmen zusammen, eine durchgehende, klare Beziehung war aber nicht zu erkennen. Zum Teil mag die ungenügende Methode daran schuld gewesen sein; von Auge ist die Bewegung namentlich der schwächeren Echos schwierig festzustellen, was das Unterscheiden in der Zugrichtung wandernder Punkte von anderen unsicher macht. Wenigstens eine Identifikation glückte aber doch: 52 Graugänse (*Anser anser*), die in Winkelformation um 16.31 h über Breitenloo hinwegflogen, ergaben in präziser zeitlicher und örtlicher Übereinstimmung einen sehr auffälligen, scharf gezeichneten Echopunkt. Seine Flugbahn wurde am Radar während 4 Minuten über eine Strecke von 3,5 km verfolgt, was eine Geschwindigkeit von etwa 52 km/h ergibt; die Flugrichtung wies nach W (260°).

Während der direkte Vergleich der Zugverhältnisse an den einzelnen Beobachtungsposten mit dem entsprechenden Radarbild keine schlüssigen Anhaltspunkte zur Beurteilung des letzteren lieferte, erwiesen sich doch einige mittelbar gewonnene Ergebnisse als sehr wesentlich. Das Bild einer allgemein absinkenden Zugfrequenz im Laufe des Vormittags, besonders ausgesprochen nach 10 Uhr, die noch deutliche Bewegung um 14 Uhr und die darauf eintretende Zugpause kamen in der Zahl und Dichte der Echos im untersuchten Sektor sehr klar zum Ausdruck. Der Radar vermittelte somit einen zuverlässigen Überblick über den Zugverlauf. Die noch bedeutendere Echohäufigkeit zwischen 7 und 9 Uhr zeigte zudem, dass bei Beginn der Feldbeobachtungen der Höhepunkt des Zuges bereits überschritten war.

Entscheidend für die Brauchbarkeit des Radars war vor allem die Frage, ob er Kleinvogelschwärme registrierte, da diese ja den grösseren Teil unserer Durchzügler bilden. Nachdem die Beobachter am Stichtag fast ausschliesslich Finken, Lerchen und Drosseln in den üblichen Verbänden von etwa 10—50 Ex. ziehend angetroffen und andererseits, wie erwähnt, Sicht- und Radarbeobachtung einen übereinstimmenden Frequenzverlauf ergeben haben, dürfen wir wohl annehmen, dass dies der Fall sei. Wo die minimale Schwarm- und Individuengrösse liegt, die noch ein Echo entstehen lässt, muss jedoch offen bleiben.

Die Ergebnisse dieses Vergleiches und die kurz zuvor von WEITNAUER (1956) mit Erfolg ausgeführten Studien veranlassten mich, Radarbeobachtungen nun auf breiterer Basis und mit verbesserten Methoden aufzuneh-

men. Dass der Plan verwirklicht werden konnte, verdanke ich der Hilfsbereitschaft des Stiftungsrates und des Leiters der Vogelwarte Sempach, der Unterstützung durch den Schweizerischen Nationalfonds, einem von den Basler Erziehungsbehörden und dem Direktor des Naturhistorischen Museums, Herrn Prof. E. HANDSCHIN, gewährten Urlaub und dem freudigen Einsatz der weiter unten genannten Mitarbeiter und Helfer in Zürich und Kloten. Ihnen allen sei hier der herzlichste Dank ausgesprochen. Im besonderen Masse gilt dieser der Leitung des Flugsicherungsdienstes der Radio Schweiz AG., die uns das Arbeiten an den Radargeräten, soweit der Dienstbetrieb dies zuließ, in grosszügigster Weise erlaubte, sowie den im Kontrollturm tätigen Angestellten, deren freundliche und stets hilfsbereite Anteilnahme die Untersuchung wesentlich erleichterte. Ebenso sind wir dem unter Leitung von Herrn O. WEBER stehenden Flugwetterdienst für zahlreiche Auskünfte zu grossem Dank verpflichtet, insbesondere Herrn A. URFER, der sich uns als Mitarbeiter und Berater für meteorologische Fragen angeschlossen hat.

In der hier vorliegenden ersten Mitteilung über die Untersuchungen, die im Oktober 1956 in Kloten ausgeführt wurden, soll hauptsächlich über das methodische Vorgehen sowie über einige zur Deutung und Auswertung des Radarbildes gewonnene Erfahrungen berichtet werden, soweit sie den Vogelzug bei Tage betreffen. Entsprechende Hinweise auf Radarstudien über den Nachtzug erscheinen gleichzeitig an anderer Stelle (SUTTER, 1957), während eine zusammenhängende Darstellung der Zugverhältnisse später folgen wird. Wir möchten damit zunächst in allgemeiner Form auf die von dem neuen Hilfsmittel gebotenen Möglichkeiten hinweisen und auf ein Arbeitsfeld aufmerksam machen, von dem sich, wie wir glauben, die Vogelzugforschung manche Förderung versprechen darf.

Frühere Angaben über gelegentliche Radarbeobachtungen an ziehenden Vögeln finden sich bei BONHAM & BLAKE (1956), BUSS (1946), HOFMANN (1956) und LACK & VARLEY (1945), während Anregungen in dieser Richtung von BROOKS (1945) und VAN HECKE (1946) ausgegangen sind. Unserem Freunde Emil WEITNAUER gebührt das Verdienst, mit seinen schönen Studien über das nächtliche Verhalten des Mauerseglers (1956) erstmals die Radarmethode zur Bearbeitung einer bestimmten vogelkundlichen Frage eingesetzt und damit deren Einführung in die Ornithologie entscheidend gefördert zu haben.

Arbeitsmethoden

Die Untersuchungen dauerten vom 7.—22. Oktober 1956, wobei einerseits die Vorgänge auf dem Radarschirm photographisch zu registrieren und andererseits Vergleichsbeobachtungen im Freien auszuführen waren.

An der erstgenannten Aufgabe, die uns tags und nachts ununterbrochen in Anspruch nahm, beteiligten sich die Kantonsschüler Urs BLEULER, Ralf BLOCH, Hansjörg GLATTFELDER, Hans GLÄTTLI, Thomas GRÖBER, Hans Rud. GUJER, Beat KEHRER, Peter NIPKOW, Hansruedi STUCKI und Peter ZINGG aus Zürich. Die Bildung dieser vorzüglichen Mitarbeitergruppe, die mir mit Eifer und Geschick zur Seite stand, verdanken wir den Bemühungen von Herrn Prof. K. ESCHER und dem

freundlichen Interesse von Herrn Rektor W. HARDMEIER. Kürzere Zeit half W. FUCHS (Vogelwarte Sempach), der uns zudem seine Robotkamera während der ganzen Dauer des Unternehmens überliess. Für alle phototechnischen Vorbereitungen und Arbeiten stellte O. SCHAFFNER (Zürich) seine Arbeitskraft uneigennützig zur Verfügung, ferner durften wir in dieser Sache den Rat von Prof. R. GEIGY (Basel), Herrn PFISTER (ETH Zürich) und E. WEITNAUER (Oltingen) in Anspruch nehmen. Freundschaftliche Hilfe leisteten Dr. A. SCHIFFERLI und Dr. D. ZIMMERMANN, und nicht zuletzt sei des technischen Radarstabes in Kloten unter der Leitung von Herrn RÖCK gedacht, der alles daran setzte, die Leistungsfähigkeit der Geräte auf die optimale Höhe zu bringen und auftretende Störungen raschmöglichst zu beheben.

Die Organisation der Feldbeobachtungen hat in dankenswerter Weise wiederum S. HÜTTENMOSER, Präsident der Ornithologischen Gesellschaft Zürich, übernommen. Eine erfreuliche Zahl von Mitgliedern nahm ein- oder mehrmals an den Beobachtungen teil: K. BAUMGARTNER, M. BRAIG, E. CARRARA, Frau J. DICKENMANN, K. GESSNER, K. HAFNER, M. HAAS, E. HUBER, S. HÜTTENMOSER, G. KRAUER, R. KUNZ, T. LEUTWILER, W. LOCHER, Fr. A. MEILI, H. MOSER, Fr. Dr. J. SCHINZ, Herr und Frau E. STALDER, Chr. THÖNY, B. WEHINGER und Dr. D. ZIMMERMANN. Ausserdem betätigten sich einige junge Beobachter als ständige Mitarbeiter, nämlich René APPENZELLER, Bruno KBIST und Peter WILLI. Die sorgfältig geführten Protokolle der einzelnen Gruppen boten überaus wertvolle Unterlagen zur Deutung des Radarbildes. Mit Dankbarkeit stellen wir fest, wie sehr durch die bereitwillig von allen Seiten gewährte Unterstützung unser Unternehmen gefördert wurde und damit Aufgaben in Angriff genommen werden konnten, welche die Kräfte eines einzelnen weit übersteigen.

Verwendete Radargeräte

Wir arbeiteten hauptsächlich mit dem Überwachungsradar (abgekürzt SRE = Surveillance Radar Equipment), dessen Sender auf dem Holberg (472 m) am Rande des Flugplatzes steht. Das Gerät dreht sich horizontal und bestreicht dabei den ganzen Umkreis bis auf eine Distanz von 60 nautischen Meilen (111 km). In der Minute führt es 10 Umdrehungen aus. Es handelt sich um einen «Cossor Airfield Control Radar Mark VI» mit 10 cm Wellenlänge, 450 kW Pulsleistung und einer Pulsfrequenz von 850/sec. Zum Löschen fester Echos verfügt das Gerät über eine MTI-Vorrichtung (Moving Targets Indicator). Die vertikal gestellte Strahlfläche erreicht einen Elevationswinkel von $30,5^\circ$ und ist vom Boden um den Betrag von $0,5^\circ$ abgehoben; die optimale Empfindlichkeit liegt etwa bei 4° . Aus diesen und weiteren Daten leiten wir ab, dass der für Vogeleos in Betracht fallende Bereich — auf eine Distanz von 10 naut. Meilen berechnet (18,55 km) — folgendermassen umschrieben ist (Abb. 1): Die obere Grenze erreicht, ausgehend vom Standort des Senders, zuerst in steilem Anstieg bei 2 Meilen Distanz etwa 2000 m und hebt sich von da bis 10 Meilen auf gegen 3000 m Höhe über dem Boden, während die schwach geneigte untere Grenzlinie vom Sender bis zur 10-Meilen-Marke um 160 m ansteigt. Niedrig fliegende Objekte werden also nicht mehr erfasst, dagegen liegen für Flughöhen von 500 bis 1000 m die Verhältnisse besonders günstig. Wesentlich ist ferner, dass der Strahl sich horizontal mit einem Winkel von 1° öffnet und darüber hinaus noch weiter streut, wodurch sein Auflösungsvermögen begrenzt wird. Im Verband fliegende Vögel können deshalb nicht einzeln registriert werden, sondern ergeben gesamthaft einen einzigen Echopunkt.

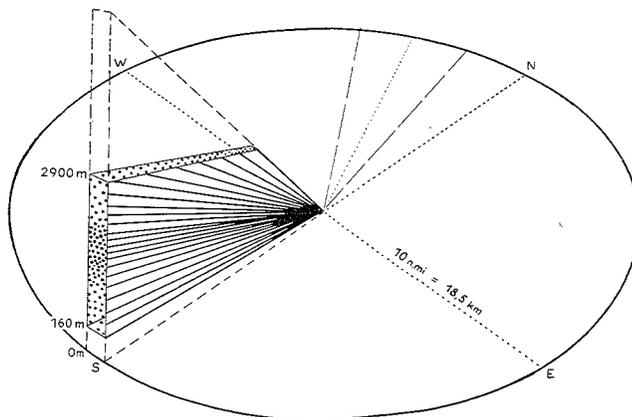


Abb. 1 Räumliches Bild des Radarstrahles im 10-Meilenfeld des Überwachungsradars in vereinfachter, schematischer Darstellung.

Ausgezogen ist der für kleinere Objekte (Sportflugzeuge, Vogelschwärme) in Betracht fallende Wirkungsbereich, wobei die Zone optimaler Empfindlichkeit durch grössere Strahlen- resp. Punktdichte angedeutet ist. Der Strahl bewegt sich im Uhrzeigersinn über die basale Kreisfläche. Im Nordwesten ist der vom Landradar bestrichene Sektor eingetragen.

Der Radarschirm, von der Stirnseite der Empfängerröhre gebildet, stellt eine Kreisfläche von 30 cm Durchmesser dar. Der Mittelpunkt entspricht dem Standort des Senders. Auf dunklem Grund leuchten bei jedem Umgang des Strahles die Echopunkte auf und verblassen dann allmählich wieder. Mit Hilfe der auf den Schirm projizierten Distanzkreise und der Gradeinteilung am Rande kann ihre Position bestimmt werden. Fast durchwegs arbeiteten wir mit der 10-Meilen-Einstellung, bei welcher das Beobachtungsfeld im N bis Eglisau/Rafz, im E bis über Rikon im Tösstal, im S bis Thalwil am Zürichsee und im W bis Wettingen reicht. Als flächenhafte, feste Echos machen sich in diesem Gebiet einige Erhebungen bemerkbar, am auffälligsten die Zürichberg-Pfannenstiel- und die Albiskette im S und SW, Lägern und Egg im W und das Hügelland (mit Irchel) zwischen Bülach und Winterthur im NE-Sektor (Abb. 2 und 3).

Die Vogeleoschos verteilen sich aus Gründen, die mit der Arbeitsweise des Gerätes zusammenhängen, nicht gleichmässig über das ganze Feld. Einerseits bleibt ein zentraler Bereich von 2 bis 3 Meilen Radius infolge starker Dämpfung der aus der Nähe empfangenen Echos leer und andererseits fallen diese auch meist in den rechtwinklig zur Flugrichtung gelegenen Sektoren, im NW- und SE-Abschnitt, aus. Letztere Erscheinung ist offenbar dahin zu deuten, dass Objekte, die sich direkt auf das Zentrum zu- oder von diesem wegbewegen am besten, seitlich vorbeifliegende im Tangentialbereich jedoch nicht mehr registriert werden. Dieser «Tangentialeffekt» wirkt sich, wie man uns mitteilte, auch bei Flugzeugen aus. Weitere Aus-

fälle sind bedingt von der Bodengestalt der Umgebung und treten bei geringer Flughöhe in Erscheinung; darauf werden wir später zurückkommen.

Als ein wesentlicher Faktor sind auch bei der Beurteilung des Radarbildes die Empfindlichkeitsschwankungen in Rechnung zu stellen. Das Gerät wird täglich nachreguliert und entsprechend der jeweiligen Abstimmung weicht die Bildqualität in positivem oder negativem Sinne etwas von derjenigen des Vortages ab. Dies wirkt sich natürlich bei den Echos kleiner, nahe an der Empfindlichkeitsschwelle liegender Objekte, wie Vögel sie darstellen, besonders aus.

Angaben über die Flughöhe, die mit dem SRE nicht zu ermitteln ist, liefert der *L a n d e r a d a r* (abgekürzt PAR = Precision Approach Radar). Der Sender steht auf dem Flugplatz (420 m) und bestreicht nur einen kleinen, 10 Meilen langen Sektor im Vorfeld der nach WNW weisenden Blindlandepiste. Der Strahl pendelt abwechselnd horizontal und vertikal, 120mal pro Minute. Der Azimutwinkel beträgt 20° , die Elevation 6° , die Wellenlänge 3 cm, die Pulsleistung 50 kW und die Pulsfrequenz 3420/sec. Vogeleos treten hier in der Regel höchstens bis zur Distanz von 4—5 Meilen auf und der verhältnismässig kleine Elevationswinkel erlaubt in diesem Bereich nur Ablesungen bis etwa 900 m Flughöhe über dem Boden. Beobachtungen am PAR mussten in diesem Jahr auf wenige Stichproben im Tag beschränkt werden.

Photographische Registrierung des Radarbildes

Als Aufnahmegerät diente eine Robotkamera mit 75 mm Tele-Xenar 1:3,8, als Negativmaterial ein Panfilm von 29/10° Din Empfindlichkeit. Die Kamera war auf einem einfachen Stativ montiert, um sie jederzeit wegstellen zu können, wenn der Radar anderweitig beansprucht wurde. In der Regel lösten wir alle 5 Minuten, bei sehr schwachem Zug alle 10 Minuten eine Aufnahme von 1—3 Minuten Expositionsdauer aus. Auf diese Weise wird jeweils der in der entsprechenden Zeiteinheit zurückgelegte Flugweg als Strich, entstanden aus den aufeinanderfolgenden Echos, aufgezeichnet. Man erhält so einen guten Überblick über die Zugrichtungen, die Zugdichte und die Fluggeschwindigkeit. Bei starkem Zug ist kürzere, bei schwachem längere Exposition angezeigt. Da die Zeitaufnahmen allein eine exakte Bestimmung der Zugdichte nicht erlauben und auch die Bewegungsrichtung auf dem Einzelbild nicht immer einwandfrei abzulesen ist, sind wir dazu übergegangen, jeweils eine 12 Sekunden belichtete «Momentaufnahme» unmittelbar anzuschliessen. Auf diese entfallen genau zwei Umgänge¹⁾ des Radarstrahles, die Echos sind als Punkte abgebildet und lassen sich auszählen. Zudem liefert die Aufnahme zu jedem Strich des zugehörigen Zeitbildes den Endpunkt, womit die Richtung unzweideutig festgelegt ist. Am günstigsten für die nach verschiedenen Gesichtspunkten vor-

¹⁾ Da die Vogeleos mehr oder weniger instabil sind, also nicht bei jedem Umgang des Strahles mit Sicherheit zeichnen, würde für diese Aufnahme eine Exposition von 12 und nicht von 6 Sekunden gewählt.

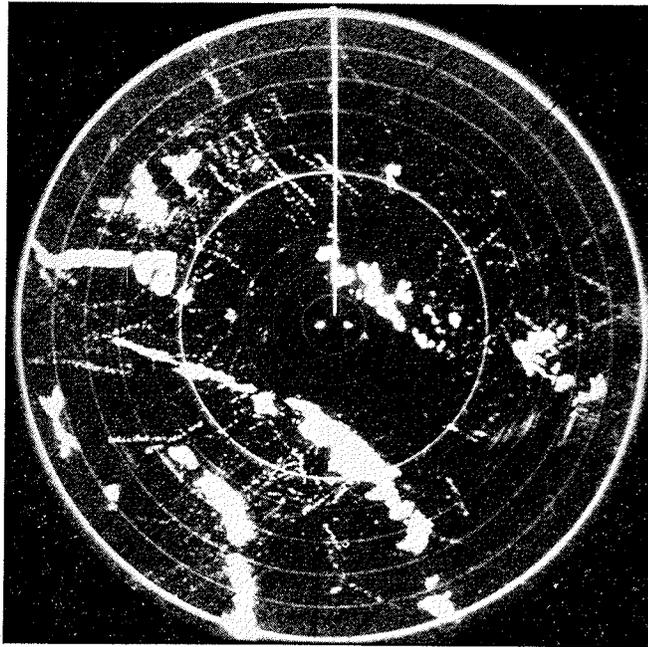


Abb. 2. Bild des auf 10 Meilen eingestellten Radarschirmes bei schwachem Vogelzug (19. Okt. 1956, 6.55 h, Exposition 3 Minuten).

Die senkrechte Linie weist nach Norden, die Kreise lassen vom Mittelpunkt Klotten aus die Distanz in nautischen Meilen (1,85 km) ablesen; erkennbar sind ferner die dunklen, auf einer drehbaren Scheibe befindlichen Linien, die hier die SW-Richtung angeben. Unter den Radarechos sind besonders deutlich die flächigen, von Bergen und Hügeln herrührenden Marken (vergl. Abb. 3). Die feinen Voegelchos bezeichnen jeweils die in 3 Minuten zurückgelegte Flugstrecke, wobei zu beachten ist, dass die Marken mehrerer Schwärme sich teilweise überdecken und zusammen einen längeren Flugweg vortäuschen können. Die starke Streuung der Zugrichtung hängt möglicherweise mit der geschlossenen Wolkendecke zusammen. Bei der am Rande sichtbaren feinen Punktierung handelt es sich nicht um spezielle Echos, sondern um das Eigenrauschen des Empfängers.

genommene Auswertung erwies sich ein alternierender Wechsel zwischen 1- und 2-Minutenbildern, jedesmal kombiniert mit einer 12-Sekundenaufnahme. Gewöhnlich genügt eine Bildfolge in Abständen von 4—5 Minuten, will man jedoch die individuellen Flugwege möglichst lückenlos erfassen, so sind die Intervalle auf ein Minimum zu reduzieren.

Gute Aufnahmen sind verhältnismässig leicht zu erhalten, sobald man einige Übung darin erlangt hat, das Bild des Radarschirmes auf optimalen Kontrast abzustimmen. Andererseits ist es vorderhand leider nicht möglich, die Helligkeit des Aufnahmeobjektes so konstant zu halten, dass die Zug-

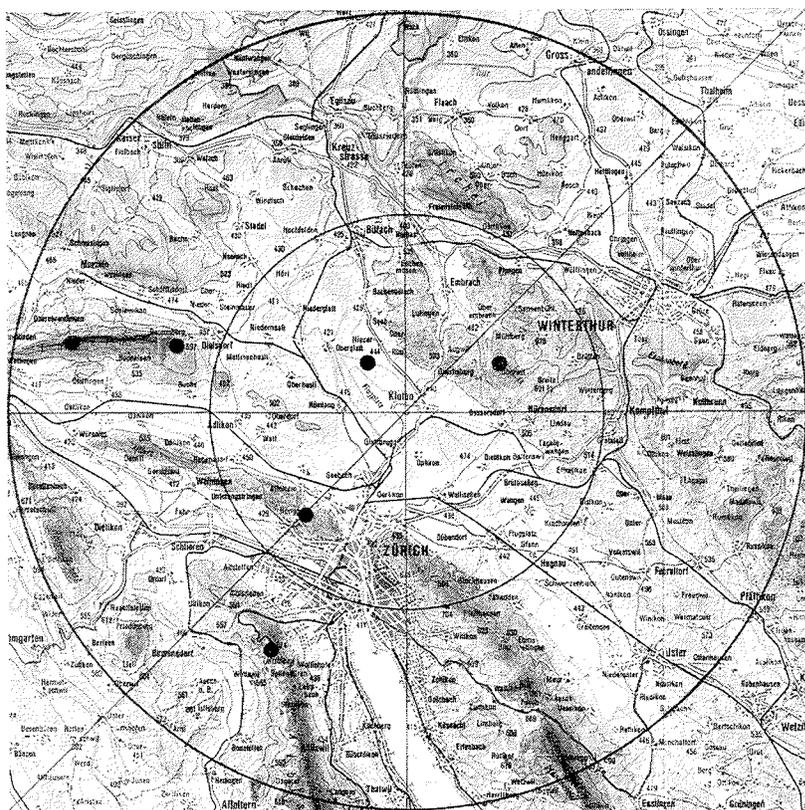


Abb. 3. Karte des Beobachtungsgebietes von Kloten.

Eingetragen sind der 5- und der 10-Meilenkreis, die N—S-, die E—W- und die NE—SW-Achse. Die Punkte geben die Lage der wichtigsten Beobachtungsposten an: Von links nach rechts folgen in der Nordhälfte Lägern (856 m), Regensberg (590 m), Klotenerried (420 m) und Breitenloo (610 m), in der Südhälfte von oben nach unten Höngerberg (530 m) und Üetliberg (870 m).

dichtebestimmungen auf photometrischem Wege ausgeführt werden könnten. Wir sind deshalb gezwungen, die Echopunkte auszuzählen, eine etwas mühsame und zeitraubende Methode, die zudem die qualitativen Unterschiede zwischen starken und schwachen Echos nicht zum Ausdruck bringt (vergl. S. 81 sowie SUTTER, 1957).

Es liegt vom Herbst 1956 ein Material von über 3500 Aufnahmen vor, die einer vorläufigen Prüfung unterzogen wurden und deren systematische Bearbeitung im Gange ist. Gleichzeitig stellt sich die Aufgabe, die Auswertungsmethoden weiter zu verbessern und sie möglichst rationell zu gestalten.

Feldbeobachtungen

In der Untersuchungsperiode wurde fast täglich während einiger Stunden in der Umgebung von Kloten beobachtet und an den Sonntagen, am 7., 14. und 21. Oktober, waren vormittags jeweils drei bis vier Posten besetzt. Bei der Auswahl der Örtlichkeiten vergewisserten wir uns an Höhenprofilen, dass sie im vollen Bereich des Radarstrahles lagen. Ungenügend berücksichtigt blieb jedoch der «Tangentialeffekt» (S. 74) und wir werden auf Grund der gesammelten Erfahrungen im kommenden Herbst einige Umstellungen vornehmen. Die Teilnehmer erhielten ein Anweisungsblatt und Protokollformulare, die ungefähr den bei den Krähenzug-Planbeobachtungen (SUTTER, 1948) verwendeten entsprechen. Notiert wurde zu jeder Wahrnehmung ziehender Vögel Zeit, Art (oder Gruppe), Anzahl pro Schwarm, Zugrichtung, Höhe und Seitendistanz.

Allgemeines zur Frage des Vogelechos

Echos ungewisser Herkunft, in der Fachsprache als «Phantome», «Engel» oder «Scheinziele» bezeichnet, haben in der Radarliteratur eine rege Diskussion ausgelöst. Nach der zuerst vorherrschenden Meinung wollte man sie auf atmosphärische Phänomene, etwa auf Kontaktflächen von Luftschichten verschiedener Temperatur, Feuchtigkeit, elektrischer Konstanten etc. oder auf Wasserdampfkomplexe zurückführen (vergl. z. B. MCKAY, 1945), von denen eine sprunghafte Änderung des Brechungsindex angenommen wurde. Ohne eine solche Möglichkeit völlig auszuschliessen, haben CRAWFORD (1949), GOLDSTEIN (1951) und andere nachgewiesen, dass in den meisten Fällen dieser Erklärungsversuch unhaltbar ist. Wie GOLDSTEIN ausführt, entstehen nach den bisherigen Erfahrungen meteorologische Echos nur bei Niederschlag, auch unterscheiden sie sich als diffus-flächenhaft auftretende Erscheinung von den deutlich individualisierten «angel reflections». Für letztere sind nach den erwähnten Autoren vorwiegend, wenn nicht ausschliesslich, Vögel und Insekten verantwortlich.

Dass Vögel von Radargeräten registriert werden können, ist schon lange bekannt, da aber die Entwicklungszeit des Radars hauptsächlich in die Kriegsjahre fiel, blieben die von militärischen Forschungsinstituten gemachten Feststellungen einem weiteren Kreis zunächst unzugänglich. Wie BONHAM & BLAKE (1956) mitteilen, geht der erste Nachweis auf das Jahr 1939 zurück. Die eingehendsten Untersuchungen sind seit 1941 von der britischen «Army Operational Research Group» ausgeführt worden; D. LACK hat darüber zwei interne Berichte verfasst, aus denen ein kurzer Auszug später veröffentlicht wurde (LACK & VARLEY, 1945). Ferner erwähnen wir die Publikationen von BROOKS (1945), BUSS (1946), HOFMANN (1956), WEITNAUER (1956) und die vorzügliche Übersicht von BONHAM & BLAKE (1956). Wie diesen Arbeiten zu entnehmen ist und wir auch selbst bestätigen können, sind Vogelechos gewöhnlich auf den 10- bis 20-Meilenbereich beschränkt. Sie unterscheiden sich von Flugzeugechos durch verhältnismässig langsame Bewegung und geringere Stabilität. Ihr Entstehen hängt weni-

ger von der Wellenlänge als von der Leistungsfähigkeit des Gerätes ab; besonders günstig sind weitreichende Anlagen mit grosser Sendeenergie und hochempfindlichem Empfänger. Im einzelnen äussern sich BONHAM & BLAKE dazu wie folgt:

«The radars on which echoes from birds have been observed by us range in frequency from about 1000 to 10 000 megacycles per second, and it may be significant that in most cases they are the more sensitive radars designed for long-range detection. There is no reason to believe that bird echoes would not be observed on radars of any frequency commonly used, for large birds have some dimension that is an appreciable fraction of a wavelength even at a frequency of 200 megacycles per second.»

«A bird does have an advantage as a radar target — its height. ... the signal strength increases rapidly with height... Since radar echo signal power for elevated targets varies inversely as the fourth power of distance, a bird at 10-mile range would return as strong an echo signal as an airplane target approximately 600 times as large (in equivalent reflecting area or «radar cross section») at 50-mile range, if both were at the same elevation angle. Nevertheless, birds are small targets, and the echoes received from them at these short ranges have the general characteristics that echoes from more conventional targets (airplanes) have at much greater ranges — that is, they fade or fluctuate and occasionally disappear.»

Vielfach belegt sind Echos von einzeln fliegenden grossen See- und Küstenvögeln, wie Grossmöwen, Töpel, Albatrosse, Fregattvögel etc. Dass Schwärme von Gänsen (S. 71), Enten (BUSS), Kiebitzen (HOFMANN) oder Krähen (mdl. Mitt. von Herrn STRÄSSLE, Kloten) sehr markant zeichnen, verwundert unter diesen Umständen nicht. Wichtiger sind für uns kontrollierte Beobachtungen von Kleinvoegelgruppen, wie sie LACK & VARLEY für Staren und WEITNAUER für Mauersegler melden. Unsere eigenen Erfahrungen, auf die im folgenden Kapitel näher eingetreten sei, lassen sich dahin zusammenfassen, dass Flüge grösserer Vögel (Tauben, Krähen, Kiebitze, Lachmöwen) ein auffallend kräftiges und solche von Drosseln oder Finken ein schwächeres, aber immer noch deutliches Echo ergeben. Wahrscheinlich liegt beim Klotener Überwachungsradar die Empfindlichkeitsschwelle für Kleinvoegel unterhalb der Schwarmgrösse von 20 Exemplaren. Vom Landeradar werden nach Angaben von Herrn RUTISHAUSER, Chef des Kontrollturms in Kloten, bis auf etwa 2 km Entfernung Vögel von Sperlingsgrösse noch einzeln registriert. Weitere Feststellungen dieser Art über Kleinvoegel sind mir nicht bekannt, hingegen verdienen in diesem Zusammenhang die Untersuchungen von CRAWFORD (1949) und BONHAM & BLAKE (1956) über Insektenechos unsere Aufmerksamkeit: Mit speziellen Hochleistungsgeräten können auf mindestens 200 m Distanz Libellen und grössere Käfer erfasst werden.

Schliesslich sei noch eine ganz andersartige Beziehung zwischen Radar und Vögeln gestreift. Mehr noch als die Vogeleos haben Beobachtungen über das merkwürdige Verhalten mancher Vögel im Bereich des Radarstrahles das Interesse der Ornithologen erregt. DROST (1949), KNORR (1954), POOR (1946) und YEAGLEY (1947, 1951) berichten übereinstimmend von zahlreichen Wahrnehmungen und Versuchen, wonach einzeln oder im Verband fliegende Vögel verschiedenster Arten auffällig schrecken und wirr durcheinanderfliegen, sobald sie in das Wirkungsfeld der Radar-

wellen geraten. Die Reaktion tritt im engeren Umkreis des Senders, etwa bis 2 km Distanz auf und kann mit jedem Durchgang des Strahles neu ausgelöst werden. Nachher sammeln sich die Flüge wieder und ziehen, wie DROST und KNORR betonen, in normaler Richtung weiter. Von BUSNEL et al. (1956), KRAMER (1951) und MATTHEWS (1951) ausgeführte Freiland- und Laboratoriumsversuche verliefen demgegenüber vollständig negativ und auch wir haben bei gelegentlichen Beobachtungen am Sender des Klotener Überwachungsradars die durchfliegenden Vögel nie in besonderer Weise reagieren gesehen. BUSNEL und Mitarbeiter glauben die unterschiedlichen Ergebnisse durch die Annahme deuten zu können, dass eine Reaktion erst nach längerem Fluge, verbunden mit elektrostatischer Aufladung des Vogelkörpers, zu erwarten sei; unter dem Einfluss des Radarstrahles erleide dann der Organismus elektrische Schocks. Nach SCHWARTZKOPFF (1950) dagegen wären Störungen in den Gleichgewichts- und Bewegungssinnesorganen denkbar.

Ob Radar- (und Radio-) Sender den normalen Zugverlauf, namentlich die Navigationsfähigkeit beeinflussen, ist eine sehr umstrittene Frage. Die Untersuchungen von MATTHEWS (1951) an Tauben sprechen dagegen, und die oben erwähnten sichtbaren Reaktionen scheinen, sofern sie sich einstellen, auf einen so engen Kreis um den Sender beschränkt zu sein, dass sie auf dem vom Radarschirm gebotenen, ausserhalb dem 3-Meilenkreis gelegenen Zugbild nicht mehr in Erscheinung treten. Letzteres dürfte nach unseren bisherigen Erwartungen durchaus ungestörte Verhältnisse wiedergeben, wenn wir auch die Möglichkeit gewisser Anomalien weiterhin im Auge behalten müssen.

Vergleich von Radar- und Sichtbeobachtung

Mit den parallel zu den Radaruntersuchungen ausgeführten Feldbeobachtungen verfolgten wir zweierlei Ziele. Sie sollten einerseits die Art der Beziehungen zwischen dem sichtbaren Zugablauf und dessen Wiedergabe auf dem Radarschirm zu ermitteln versuchen und damit als Prüfstein für die Verwendung des Radars dienen. Auch wenn diese Frage, der wir uns im folgenden zuwenden, einmal abgeklärt ist, werden Kontrollbeobachtungen aber weiterhin erforderlich sein. Da die unspezifischen Echopunkte keinen Schluss auf die Anzahl der in ihnen enthaltenen Individuen und auf die Vogelart zulassen, sind wir auf ergänzende Angaben über Schwarmgrösse und die hauptsächlich am Zuge beteiligten Arten angewiesen. Besonders wichtig sind solche bei bodennahem Zug, der zum Teil dem Bereich des Radars entzogen ist.

Anhand der Radaraufnahmen lassen sich die Zugdichte und der zeitliche Zugablauf, die Verteilung des Zuges im Beobachtungsraum, die Zugrichtung und die Zuggeschwindigkeit untersuchen; dazu kommen Erhebungen über die Flughöhe am Landeradar. Einer Diskussion im erwähnten Sinne bedürfen vor allem die am Radar ermittelten Zugfrequenzkurven. Gleiches gilt für die auf dem Schirm zu beobachtenden lokalen Zugverdichtungen, deren genaue Analyse aber noch aussteht, weshalb einige vor-

läufige Hinweise genügen müssen. Die anderen Auswertungsmöglichkeiten bieten dagegen keine besondere methodische Schwierigkeiten und seien im Rahmen dieses Berichtes nicht weiter verfolgt.

Für unseren Vergleich greifen wir einige Zugabläufe heraus, die einerseits durch gute Radarbilder, andererseits durch zwei und mehr Stunden dauernde Feldbeobachtungen belegt sind. Verschiedene Umstände schränken das verwertbare Material ein. So liess uns der Radar, bedingt durch schlechte Echoqualität, an mehreren Tagen im Stich, worunter leider auch zwei Sonntage fielen, an welchen besonders intensiv beobachtet wurde. Die Verwendung des Gerätes für den Kontrolldienst sowie die täglichen Revisionsarbeiten ergaben weitere Lücken; sie betrafen in der Regel erst den späteren Vormittag und den Nachmittag und beeinträchtigten deshalb die Untersuchungen weniger empfindlich. Ein weit schwerwiegenderes Hindernis für unser Vorhaben bildete die meist vorherrschende Hochdruckwetterlage mit hartnäckigen Morgennebeln, wodurch oft gerade während der besten Zugstunden das Beobachten stark behindert, wenn nicht verunmöglicht war. Dafür bot der Nebel, wie wir noch sehen werden, besonders günstige Voraussetzungen für die Arbeit am Radar.

Die auf Radarbasis ermittelten Zugfrequenzkurven wurden folgendermassen gewonnen: Als Unterlagen dienten die in Abständen von 5—10 Minuten ausgelösten Momentaufnahmen (Abb. 16). In dem zu untersuchenden Sektor zählten wir pro Bild zwei bis drei, eine Fläche von 2:2 Meilen deckende Probefelder im Bereich des 5-Meilen-Kreises aus und verwendeten den Mittelwert. Als Ausdruck der Zugfrequenz innert einer halben Stunde wurde die Summe von 6 Probefeldwerten aus aufeinanderfolgenden, in dieser Zeitspanne gelegenen Aufnahmen gewählt. Diese Summe gibt also die Zahl der Echopunkte in einem Feld von 2 Meilen Breite und sechsfacher, d. h. 12 Meilen Länge an. Da die Wandergeschwindigkeit durchschnittlich 24 Meilen/h beträgt, besagen unsere Zugfrequenzwerte auch annäherungsweise, wieviel Echopunkte sich im Zeitraum von 30 Minuten über eine quer zur Zugrichtung liegende 2-Meilen-Strecke (3,7 km) bewegen. Auf einige Fehlerquellen und Mängel der noch recht groben Auswertungsmethode sei kurz hingewiesen:

1. Echos unterschiedlicher Prägnanz und Grösse wurden gleich bewertet, da Unterlagen zu einer differenzierteren Behandlung noch fehlen und erst abzuklären wäre, ob unter Berücksichtigung der Echoqualität das Ergebnis wesentlich verbessert werden könnte. Die Stärke des Echos hängt von der Gesamtmasse und Dichte des registrierten Vogelschwarmes ab; sie steht keineswegs in einfacher Relation zur Individuenzahl, sondern wird auch von der Grösse der beteiligten Vögel und vermutlich von ihren Flugabständen beeinflusst, wozu als weitere Faktoren noch Distanz, Flughöhe und der Tangentialeffekt in Betracht zu ziehen sind.

2. In der auf eine Flächeneinheit bezogenen 30-Minuten-Summe sind hier Abweichungen von der mittleren Zuggeschwindigkeit, angenommen mit 45 km/h, nicht berücksichtigt. Sie sind in unseren Fällen gering, sobald aber unter dem Einfluss stärkeren Windes der Zug wesentlich beschleunigt oder verlangsamt wird, drängt sich eine Korrektur auf Grund der jeweils festgestellten Geschwindigkeit auf.

3. Im gegebenen Sektor sind die Echopunkte oft ungleichmässig verteilt und die Gebiete grösster Zugdichte können sich im Laufe des Tages mehrmals verschieben. Darin kommen nach unserer Überzeugung nur zum Teil wirkliche Unter-

schiede in der örtlichen Zugfrequenz zum Ausdruck. Ebenso sehr, wenn nicht stärker hängt diese Erscheinung mit der wechselnden Flughöhe und Zugrichtung zusammen. Bei hochliegender Zugebene sind die Empfangsverhältnisse am günstigsten und man erhält ein sehr ausgeglichenes Bild. Sinkt sie ab, so scheint sich der Zug auf immer enger begrenzte Stellen zu konzentrieren, indem alle im Schatten von Erhebungen liegenden Gebiete ausfallen und nur diejenigen übrig bleiben, die noch auf geringer Höhe im direkten Strahlenbereich des Radars sich befinden. Radial gelegte Höhenprofile bestätigen, dass unter solchen Umständen im NE-Sektor besonders weitgehende Ausfälle zu erwarten sind, während in einem grösseren Abschnitt des SW-Sektors die Radarsicht ziemlich unbehindert ist. Hinsichtlich der Zugrichtung wäre an den früher erwähnten Tangentialeffekt zu erinnern (S. 74). Unter seinem Einfluss werden vorzugsweise Echos von Schwärmen registriert, deren Flugweg über das Zentrum des Radarfeldes führt. Daraus resultiert eine scheinbare Zugverdichtung in einem Radialsektor, dessen Mittellinie mit der Hauptzugrichtung zusammenfällt. Erfährt diese nun eine Drehung, so verschiebt sich auf dem Radarschirm das Gebiet stärksten Zuges im gleichen Sinne. Auf Grund dieser Überlegungen wurden die Zählfelder nicht gleichmässig über den ganzen Sektor verteilt, sondern in den Bereich des jeweiligen Schwerpunktes verlegt. Ob mit den derart gewonnenen Werten in allen Fällen zuverlässigere, von den erwähnten Faktoren weniger abhängige Ergebnisse erzielt werden, bedarf aber noch weiterer Prüfung.

Die Lage des Klotener Radars in einem verhältnismässig stark gegliederten Gelände stellt uns somit vor besondere Probleme, die bei im Flachland arbeitenden Geräten wegfallen dürften.

Für unseren Vergleich könnten sich namentlich die unter 3. genannten Erscheinungen nachteilig auswirken. Die Arbeitsweise des Radars bringt es mit sich, dass unter Umständen nur kleine Ausschnitte des Schirms für die Auszählungen verwertbar und ausserdem örtliche Unterschiede der Zugdichte im Beobachtungsraum vorläufig nicht eindeutig erkennbar sind. So müssen wir von der vereinfachenden Annahme eines annähernd gleichmässig über das ganze Gebiet verteilten Zuges ausgehen und in den Diagrammen den Felddaten Radarwerte gegenüberstellen, die zwar dem entsprechenden Schirmbezirk, aber aus den erwähnten Gründen nicht immer dem engeren Umkreis des jeweiligen Beobachtungspostens entnommen sind.

Die Ergebnisse der Vergleichsbeobachtungen sind in den Zugfrequenzdiagrammen (Abb. 4—7) zusammengestellt. Diese quantitativen Angaben werden ergänzt durch die in Tabelle 1 vereinigten Hinweise auf den Anteil von Vögeln verschiedener Körpergrösse, die Zahl der beobachteten Kleinvogelschwärme und deren mittleren Umfang, durch einige ausgewählte Radaraufnahmen (Tafeln 3—6) und durch die nachstehenden Erläuterungen für jeden einzelnen Zugtag. Zu letzteren sei bemerkt, dass der Abschnitt «Feldbeobachtung» hinsichtlich der festgestellten Arten nur die wichtigsten, aus der Tabelle nicht ersichtlichen Daten enthält. Unter «Radar» findet man auch die am Landeradar (PAR) ermittelten Flughöhen, die jeweils in Metern ü. M. angegeben werden. Um daraus die Höhe über dem Boden im bestrichenen Sektor abzuleiten, sind 420—450 m zu subtrahieren. Einige Beispiele für das Verteilungsbild der Echos auf dem Elevations-Schirm des PAR gibt Abb. 8 wieder. Der meteorologische Abschnitt soll hauptsächlich die hier besonders interessierenden Sichtverhältnisse charakterisieren; er beschränkt sich deshalb auf Angaben über die Nebelsituation und das Wetter im engeren Beobachtungsgebiet.

TABELLE 1
Anzahl der beobachteten Vögel und Schwärme nach Artengruppen

Datum	13. 10.	16. 10.	17. 10.	20. 10.	20. 10.	21. 10.
Zeit	7.10—11.15	6.30—10.30	7.15—9.00	6.30—12.30	7.00—17.00	7.00—17.30
Posten	Üetliberg	Regensburg	Lägern	Regensburg	Klotenerried	Alle
Raubvögel	1	—	—	—	9	30
Krähen	—	38 (1)	—	370 (4)	38 (4)	2600 (42)
Tauben	88 (6)	1	—	146 (5)	51 (5)	800 (24)
Drosseln u. Stare	—	49 (6)	—	567 (45)	43 (5)	170 (12)
Kleinvögel						
Anzahl Ex.	1144	1773	441	2624	2186	4100
Anzahl Flüge						
über 4 Ex.	64	84	24	141	113	179
über 40 Ex.	4	6	1	8	11	25
Mittlere Anzahl p. Flug	16	17	16	15	18	21

Bemerkungen: Bei den Krähen, Tauben und Drosseln ist hinter der Individuenzahl in Klammer die Anzahl der Schwärme beigefügt. Die Kleinvögel umfassen Finken, Lerchen, Pieper, Stelzen, Meisen und Schwalben; bei der Berechnung der mittleren Individuenzahl pro Kleinvogelflug sind nur die mehr als 4 Exemplare zählenden Flüge berücksichtigt.

Am 21. 10. waren die vier Beobachtungsposten Breitenloo, Klotenerried, Höggerberg und Regensburg besetzt, deren Ergebnisse zusammengefasst sind. Weitere Einzelheiten sind dem Text zu entnehmen.

13. Oktober (Abb. 4, 8A)

Feldbeobachtung: Üetliberg, 870 m, 7.10—11.15 h (B. KEIST, P. WILLI). — Vorwiegend Buchfinken, daneben in nennenswerter Zahl nur Wiesenpieper, Bachstelze, Ringeltaube; 1 Rohrweihe.

Radar: Unterbruch des SRE von 8.30—10.30 h. Am PAR lässt sich jedoch feststellen, dass der starke Zug bis mindestens 9.30 h anhält. Ab 10.30 h arbeitet der SRE mit geringerer Sendeenergie, weshalb die Echos weniger gut als am Morgen zeichnen und die Auszählungen unsicher sind. — Bevorzugte Flughöhe: 7.55—8.05 h etwa 600—800 m, 9.05—9.15 h 550—750 m.

Wetter: Aufliegender Nebel bis 10 h; Obergrenze anfangs 600—700 m, nach 9 h 500—600 m, darüber schön. Windstill oder leichte, veränderliche Winde.

Bemerkungen: Durch das Nebelmeer wurde der Zug allgemein auf eine Höhe von 600—800 m ü. M. gehoben und konnte von dem darüber gelegenen Beobachtungsposten wie vom Radar unter günstigen Verhältnissen erfasst werden. Die Frequenzdiagramme stimmen denn auch in ihrem Verlauf recht schön überein. Aus dem direkten Vergleich des Beobachtungsprotokolles mit dem Radarbild gewinnt man jedoch den Eindruck, dass die Echozahl die Anzahl der notierten Flüge wesentlich übertrifft. Geht man von einem Beobachtungsradius von 100 m aus, so entfielen auf diesen von 7.30—8.30 h 46 Echopunkte, denen aber nur 28 Vogeltrupps von 3 bis 68 Exemplaren gegenüberstehen. Die Differenz lässt sich am einfachsten wohl dadurch erklären, dass erfahrungsgemäss dem in Gipfelage postierten Beobachter viele der etwas niedriger, etwa in benachbarten Senken ziehenden Vögel entgehen.

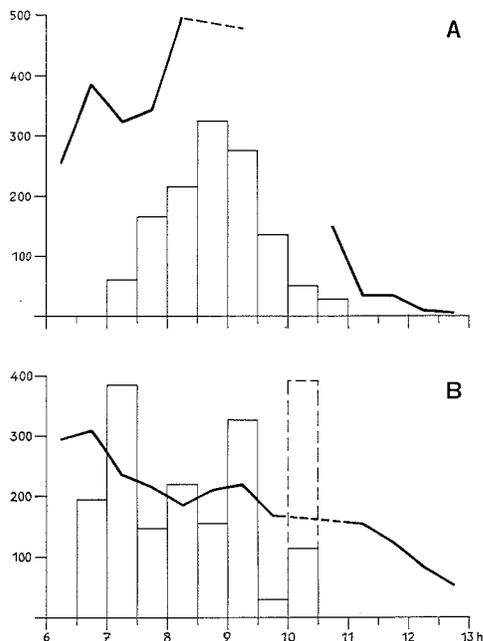


Abb. 4. Halbstündliche Zugfrequenz nach Radar- und Sichtbeobachtung.

Die Radardaten sind als Kurve, die Feldbeobachtungsdaten als Säulen dargestellt. Auf der Ordinate ist die Anzahl der Echos resp. der festgestellten Vögel, auf der Abszisse die Zeit abzulesen.

- A. 13. Oktober 1956. Beobachtungsposten Ütlerberg, 7.10—11.00 h. Radarwerte aus dem SW-Sektor im Umkreis des Postens; die Lücke ist bedingt durch Betriebsunterbruch (vergl. hiezu jeweils den Text).
- B. 16. Oktober 1956. Beobachtungsposten Regensberg, 6.30—10.30 h; in der letzten Säule ist der auf den Großschwarm (280 Finken und Drosseln) entfallende Anteil gestrichelt angegeben. Radarwerte aus dem SW-Sektor; der radartechnisch benachteiligte W-Sektor, in dem der Posten liegt, zeigt bei geringerer Zugdichte entsprechenden Frequenzverlauf.

16. Oktober (Abb. 4, 8 B, 9, 10)

Feldbeobachtung: Bei Regensberg, 590 m, 6.30—10.30 h (R. APPENZELLER, K. GESSNER, B. KEIST, P. WILLI). — Vorwiegend Buchfinken, ferner Schwalben (112), Wiesenpieper (37), Lerchen (21), Bachstelzen (10) und Tannenmeisen (10). Um 10.06 h ziehen in breiter Front ca. 250 Finken und 30 Drosseln vorbei. Flughöhe meist 20 bis 30 m.

Radar: Unterbruch des SRE von 10.02—11.02 h. — Bevorzugte Flughöhe: 6.45 bis 6.55 h 500—600 m, vereinzelt bis 900 m; 7.40—8.10 h mehrere um 500 m, die meisten 800—1200 m (und mehr?), ebenso von 9.10—9.30 h.

Wetter: Hochnebel bis nach 10 h, Untergrenze etwa bei 550—650 m, ab 9 h etwa 700 m, Obergrenze 800—1000 m ü. M. Über dem Nebel bewölkt. Schwacher Wind aus dem Westsektor.

Bemerkungen: Die Vögel zogen teils unter, teils über dem Nebel, wobei die Feldbeobachter nur die ersteren sehen konnten, während der Radar offenbar vorzugs-

weise die letzteren erfasste. Im einzelnen sind die Ergebnisse schwierig zu beurteilen. Der PAR verzeichnete am frühen Morgen starken niedrigen und später vorwiegend hohen Zug von zunächst noch erheblicher (7.50 h), dann geringerer Frequenz (9.20 h). Dass die Bewegung über dem Nebel etwa ab 8.30 h nur mässige Dichte aufwies, geht ebenfalls aus den SRE-Bildern hervor, doch würde man nach diesen schon früher, mindestens ab 7 h, auf lebhaften Zug auch in grösserer Höhe schliessen. Prüfen wir andererseits die PAR-Daten über niederen Zug, so scheint deren geringe Zahl in den Stichproben von 7.50 h und 9.20 h mit den durch die Feldbeobachtung festgestellten Verhältnissen im Widerspruch zu stehen. Vielleicht ist diese Differenz mehr zufällig entstanden, da jeweils nur kürzere Zeit am PAR gearbeitet wurde, auch sind Ablesefehler nicht ganz auszuschliessen.

Obwohl die Radardaten die Entwicklung des Zuges über und unter dem Nebel nur fragmentarisch belegen, deuten sie doch an, dass in beiden Höhenlagen nach einem Maximum am frühen Morgen die Zugdichte bei leichter Neigung zur Abnahme bis in den späten Vormittag noch auf mittlerer Höhe bleibt, um dann rascher abzufallen. In dieses Bild lassen sich die Sichtbeobachtungen einigermaßen einfügen. Der erste Gipfel um 7 h entspricht annähernd dem Radarmaximum, wobei reger Zug unter dem Nebel gleichzeitig auch am PAR nachzuweisen ist. Anders zu bewerten ist der Gipfel von 10 h, bedingt durch einen ungewöhnlichen Flug von 280 Finken und Drosseln; man muss wohl diese Beobachtung eher als «Zufallstreffer» und nicht als Anzeichen erhöhter Zugfrequenz auffassen. Vielleicht gilt ähnliches für den 9-h-Wert, dessen Höhe nicht mit einer Vermehrung der Finkenflüge, sondern mit dem nur auf diese halbe Stunde beschränkten Schwalbendurchzug zusammenhängt, der im Radar des ausgesprochen bodennahen Fluges wegen sich wohl nicht abgezeichnet hat.

17. Oktober (Abb. 5, 11, 12)

Feldbeobachtung: Lägern-Hochwacht, 856 m, 7.15—9.00 h (R. APPENZELLER, K. GESSNER, B. KEIST, P. WILLI). — Fast ausschliesslich Buchfinken, wenige Wiespieper (26) und Bachstelzen (15), die mehrheitlich den Grat wenige Meter hoch

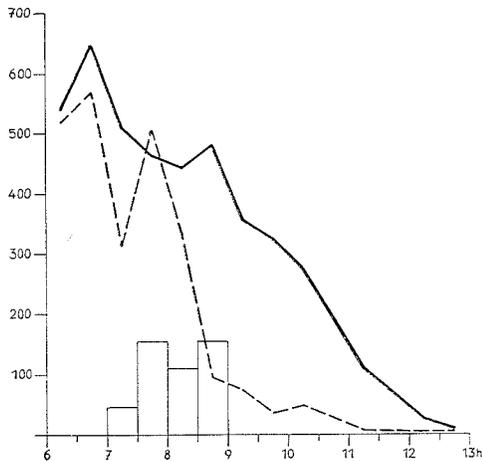


Abb. 5. Zugfrequenz am 17. Oktober 1956.

Beobachtungsposten Lägern, 7.15—9.00 h. Radarwerte aus dem SW-Sektor (ausgezogen) und dem NE-Sektor (gestrichelt) des Schirmes als Beispiel besonders stark abweichender Verhältnisse. Die nicht eingezeichneten Werte aus dem Gebiet der Lägern im W-Sektor entsprechen bis 8 h mehr der gestrichelten, darauf der ausgezogenen Kurve und nehmen somit eine Mittelstellung ein. (Vgl. Abb. 11 und 12).

in südwestlicher Richtung überflogen, zum Teil aber auch auf der windgeschützten Nordseite der Lägern blieben und 10 bis 15 m unterhalb der Gratlinie dieser nach W folgten.

Radar: Unterbruch des SRE von 10.27—11.04 h und 11.18—12.05 h. — Bevorzugte Flughöhe: 7.45—7.55 h 600—700 m, vereinzelt bis 950 m; 8.20—8.50 h einige um 500 m, die meisten Flüge 600—800 m.

Wetter: Nebel bis 11 h; etwa bis 9.30 h aufliegend, dann um 150 m vom Boden abgehoben, Obergrenze gleichzeitig von 660 m auf 750 m steigend. Über dem Nebel leicht bewölkt. Schwacher Westwind. Der Beobachtungsposten befand sich anfänglich über dem Nebel, bereits um 7.20 h begannen jedoch aufsteigende Nebelschwaden über den Grat zu ziehen und verhüllten diesen von 8 h an ganz.

Bemerkungen: Die Situation gleicht in den Nebel- und Zugverhältnissen weitgehend derjenigen vom 13. Oktober. Der Beobachtungsposten lag jedoch weniger günstig; erstens beeinträchtigten lokale Nebelbänke die Sicht und zweitens scheint die mehr isolierte Erhebung der Lägern von den Vögeln zum Teil umflogen zu werden, zumal wenn sie das Nebelmeer noch um 200 m überragt wie an diesem Tage. Die Felddaten geben deshalb kein brauchbares Bild der Zugfrequenz, bieten dafür aber Aufschluss über die vorherrschenden Arten.

20. Oktober (Abb. 6, 8 C, 9, 20, 21)

Feldbeobachtung: a) bei Regensberg, 590 m, 6.30—12.30 h (B. KEIST, P. WILLI); b) Klotenerried, 420 m, 7—17 h (R. APPENZELLER, G. KRAUER, R. KUNZ). — Beide Posten stellen wieder vorwiegend Kleinvogelzug fest, doch sind namentlich bei a) auch recht viele Drosseln sowie mehrere Krähen- und Taubenflüge vertreten. Die Kleinvögel setzen sich hier aus Finken (ca. 2000, meist Buch- und Bergfink, ferner Hänfling), Wiesenpiepern (465), Feld- und Heidelerchen (87), Bachstelzen (35) und Rauchschnäbeln (5) zusammen. Für den Posten b) ergibt sich eine ähnliche Verteilung. Die Flughöhe beträgt an beiden Orten meist 30—80 m, zuweilen bis etwa 150 m über dem Boden.

Radar: Unterbruch des SRE von 8.40—9.20 h, 11.14—12.32 h, 13.05—13.55 h und 16.18—16.50 h. — Bevorzugte Flughöhe: 8.00—8.15 h 700—800 m, verein-

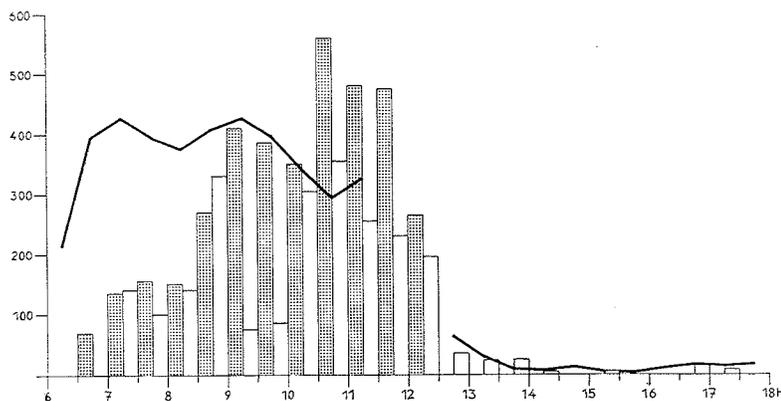


Abb. 6. Zugfrequenz am 20. Oktober 1956.

Beobachtungsposten Regensberg, 6.30—12.30 h (punktierte Säulen) und Klotenerried, 7—17 h (weisse Säulen). Radarwerte aus dem SW-Sektor; diejenigen aus dem W ergeben fast denselben Verlauf, während der N-Sektor zeitweise ein abweichendes Bild zeigt (vergl. Abb. 20 und 21).

zelt bis 1100 m, ferner einige Flüge im Bereich von 470—550 m; 10.30h 500 bis 650 m; vereinzelt bis 750 m.

Wetter: Hochnebel in zwei übereinanderliegenden Schichten, die bis 9 h eine fast geschlossene Decke bilden und sich dann zu lockern beginnen; untere Schicht etwa von 600—700/900 m ü. M., obere Schicht 1300—1600 m ü. M., dazwischen nebelfrei. Über dem Nebel in etwa 3000 m Höhe stark bewölkt. In Kloten zuerst windstill oder variable Winde, ab 10 h schwacher SW-Wind.

Bemerkungen: Nach den Radardaten ist anhaltend starker Zug bis gegen 10 h, darauf allmählicher, später rascher Abfall bis fast auf den Nullpunkt um 13 h anzunehmen. Die Feldbeobachter dagegen bemerkten erst ab 8.30 h eine lebhaftere Bewegung, die von 10.30 bis 11 h ihr Maximum erreichte und dann abflaute. Den Schlüssel für dieses widersprüchliche Ergebnis liefern zweifellos die Sichtverhältnisse. Am frühen Vormittag spielte sich der Hauptdurchzug in etwa 700—800 m Höhe ab, d. h. vermutlich zwischen den unteren und den oberen Nebelbänken. Nachher sank die Flughöhe auf 500—650 m, was wohl zeitlich mit der Auflösung zuerst der unteren Nebelschicht und der Drehung des Bodenwindes auf SW zusammenfiel. Damit boten sich etwa von 10 h an sehr günstige Beobachtungsbedingungen, namentlich der Posten Regensberg befand sich nun mitten in der bevorzugten Flughöhe, während das tiefer gelegene Klotenerried leicht benachteiligt war. Unter solchen Verhältnissen konnte die Feldbeobachtung besonders zuverlässige Ergebnisse liefern, und es ist wohl kein Zufall, dass die Werte diesmal im Vergleich zur Radarkurve ein verhältnismässig hohes Niveau erreichen.

21. Oktober (Abb. 7, 8D, 13—18)

Feldbeobachtung: a) Breitenloo, 610 m, 7.00—15.30 h (H. MOSER); b) Klotenerried, 420 m, 7.00—17.30 h (G. KRAUER, R. KUNZ); c) Hönngerberg, 530 m, 7.00 bis 11.50 h (R. APPENZELLER, K. BAUMGARTNER, Prof. BAUR, K. GESSNER, K.

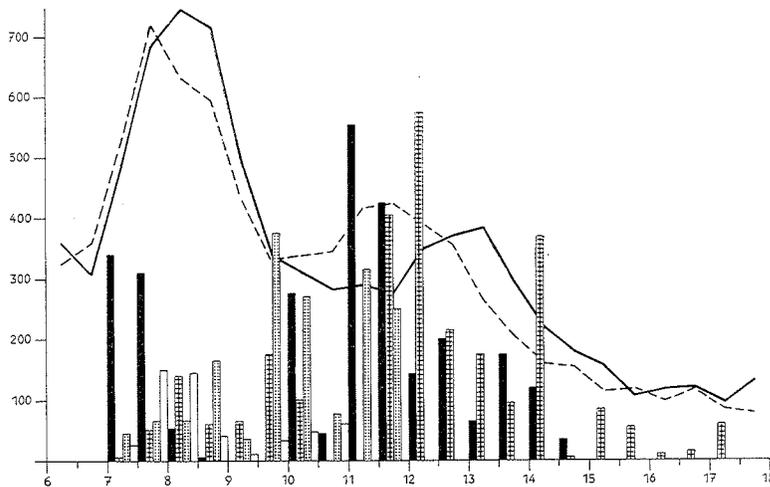


Abb. 7. Zugfrequenz am 21. Oktober 1956.

Beobachtungsposten Breitenloo, 7.00—15.30 h (schwarze Säulen), Klotenerried, 7.00—17.30 h (karierte Säulen), Hönngerberg, 7.00—11.50 h (punktierte Säulen) und Regensberg, 7.00—11.00 (weisse Säulen). Radarwerte aus dem SW-Sektor (ausgezogen) und dem NE-Sektor (gestrichelt).

HAFNER); d) Regensberg, 595 m, 7.00—11.00 (S. HÜTTENMOSER, B. WEHINGER). — Erstmals erscheinen Saatkrähen und Dohlen in grösserer Zahl und in Flügen bis zu 300 Ex., während zugleich auch Tauben gut vertreten sind. Der Anteil der Kleinvögel erreicht diesmal der Individuenzahl nach nur 53%, wenn man die Zahl der Schwärme zugrunde legt etwa 65%; soweit die Arten und Artengruppen bestimmt werden konnten, ergibt sich für alle Posten zusammengenommen ein ähnliches Bild wie an den Vortagen: Finken 2500, Lerchen 100, Pieper 200, Bachstelzen 100, Schwalben 16. Von den vier Posten wurden insgesamt 7700 Vögel gezählt.

Radar: SRE ohne Unterbruch in Betrieb. — Bevorzugte Flughöhe: 12.15 h 550 bis 1000 m, vereinzelt bis über 1300 m; vorher war der PAR infolge Defektes nicht benutzbar, weshalb Höhenbestimmungen am Morgen ausfallen mussten, doch ist anzunehmen, dass die Vögel zu einem erheblichen, wenn nicht zum grössten Teil über dem Nebel, d. h. über 600 m hoch zogen.

Wetter: Am frühen Morgen fast geschlossene Wolkendecke in 1900 m, zum Teil herabhängend bis 1000 m ü. M.; einige leichte Regenschauer. Von 7—11.30 h eine tiefliegende Nebelschicht, Untergrenze bis 9 h etwa bei 500 m, Obergrenze bei 600 m, jedoch lokal verschieden. Später hebt sie sich um 100 bis 200 m und beginnt nach 11 h aufzureissen. Nachmittags sonnig, leicht bewölkt. Bodenwind anfangs schwach und variabel, worauf sich um 10 h leichter bis mässiger NE-Wind durchsetzt. Die Posten Klotenerried und Hönggerberg befanden sich stets unter dem Nebel, die beiden anderen anfänglich darüber. Breitenloo geriet aber um 8 h, Regensberg um 9 h in die aufsteigende Nebelschicht, die sich dort nur zeitweilig vom Boden etwas abhob und bis 11 h das Beobachten stark beeinträchtigte.

Bemerkungen: Bei dem bis gegen Mittag herrschenden Nebelwetter mit zeitlich und örtlich wechselnden Sichtverhältnissen konnten die Beobachter den Zug nur fragmentarisch erfassen und die Ergebnisse der einzelnen Posten weichen erheblich voneinander ab. Die dicht gescharten und zugleich ungewöhnlich massigen Radarechos deuten auf überdurchschnittliche Zugfrequenz, starke Schwärme und grössere Arten, was sich seitens der Feldbeobachtung erst beim Weichen des Nebels bestätigen liess. Auch dann dürften aber manche der teils sehr hoch fliegenden Schwärme übersehen worden sein, denn die Radardaten ergeben für den Nachmittag eine höhere Zugdichte als die Felddaten. Eher hätte man im Vergleich zu den anderen Tagen ein zugunsten der Sichtbeobachtung verschobenes Verhältnis erwartet, da Krähen- und Taubenflüge leichter und auf grössere Distanz feststellbar sind als Kleinvögel.

Wie aus den Beispielen hervorgeht, führten die Umstände ungewollt dazu, Lücken des von den Beobachtern ermittelten Zugbildes anhand der ausgeglicheneren und offenbar zuverlässigeren Radarergebnisse zu ergänzen, während eigentlich das umgekehrte Verfahren beabsichtigt war. Infolgedessen mag die Radarmethode vielleicht in einem zu günstigen Lichte erscheinen, und es hält schwer, ihre Mängel und Grenzen auf Grund des recht unzulänglichen Vergleichsmaterials herauszuarbeiten. Dieser Vorbehalt sei der nachfolgenden Diskussion vorausgeschickt.

In den Diagrammen wird die Zugfrequenz in verschiedener Weise ausgedrückt, auf Seiten des Radars durch die Zahl der Echopunkte und auf Seiten der Feldbeobachtung durch die Zahl der gesehenen Vögel. Es stellt sich die Frage, ob die beiden Einheiten, die im einen Falle Vogelgruppen, im anderen Individuen betreffen, miteinander vergleichbar sind. Ein Blick auf diejenigen Kurvenabschnitte, für die bei guter Sicht gewonnene Beobachtungsdaten zur Verfügung stehen, spricht für eine positive Antwort: die letzteren laufen mit der Radarkurve im grossen und ganzen parallel, besonders deutlich am 13. 10. sowie am 20. 10. für die Zeit nach 10 h morgens.

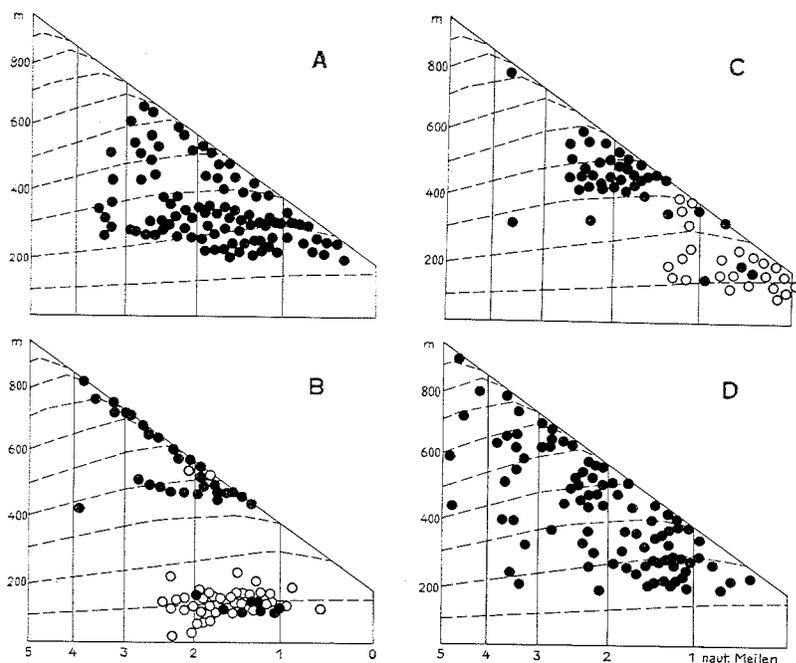


Abb. 8. Verteilung der Flughöhe nach Beobachtungen am Schirm des Landeradars. A. 13. Oktober 8 h; Nebelobergrenze bei etwa 180 m. — B. 16. Oktober 6.50 h (Kreise) und 8 h (Punkte); Nebelschicht von etwa 200 m bis 400 m. — C. 20. Oktober 8.10 h (Punkte) und 10.30 h (Kreise); Wetterverhältnisse vergl. S. 87. — D. 21. Oktober 12.15 h; Wetter schön, leichter NE-Wind. — Die angegebenen Höhen sind auf die Senderbasis (420 m ü. M.) bezogen. Der Schirm wurde jeweils 10—15 Minuten lang unter Kontrolle gehalten und die von diesem Gerät als Striche markierten Echos aufgezeichnet, was bei grösserer Zugdichte nicht quantitativ geschehen konnte.

Es scheint auch, dass die beim Auszählen der Radarbilder gewählte Flächeneinheit Werte ähnlicher Grössenordnung liefert wie ein einzelner Beobachtungsposten, mit anderen Worten, die Zahl der in einem Schirmausschnitt von zwei Meilen Breite registrierten Schwärme kann unter Umständen mit der Individuenzahl der im weit engeren Sichtkreis des Beobachters feststellbaren Durchzügler übereinstimmen. Dieser mehr zufälligen Beziehung möchten wir nicht zu grosses Gewicht beimessen, doch lässt sich daraus ebenfalls ableiten, dass die beiden Methoden zur Bestimmung der Zugdichte im Ergebnis nicht prinzipiell voneinander abweichen, ob nun auf kleinem Raum die einzelnen Vögel oder auf grossem nur die vom Radar erfassten Flüge gezählt werden. Bezüglich der Felddaten ergeben in unserem Material die Individuenzahlen ein besseres Bild der Zugfrequenz, als wenn der Schwarm als Einheit gewählt wird. Die Anzahl der innert 30 Mi-

nuten durchziehenden Schwärme ist oft klein und damit zu sehr von Zufälligkeiten abhängig; erst bei starkem Zug (oder durch Erweiterung des Beobachtungsfeldes mit Hilfe des Radars) erhält man brauchbare Werte, die sich anstelle der Einzelzählungen verwenden lassen.

Nach den bisherigen Erfahrungen dürfte in der Gestalt der Radarkurve der generelle Zugverlauf in guter Annäherung an die wirklichen Verhältnisse zum Ausdruck kommen, vorausgesetzt allerdings, dass die Hauptzugenebene vom Boden etwas abgehoben ist und in den Strahlenbereich gelangt. Anhaltspunkte im gegenteiligen Sinne, die grobe Verzerrungen oder Verfälschungen nachweisen würden, liegen bisher nicht vor. Diese Aussage möchten wir jedoch deutlich beschränken auf den allgemeinen Kurvenverlauf, soweit aus ihm nur relative Intensitätsunterschiede abgelesen werden. Ob die einzelnen Werte von Tag zu Tag oder innerhalb eines Tages untereinander streng vergleichbar bleiben und damit den Anforderungen, die eine quantitative Analyse der Zugbewegung stellt, gerecht werden, wagen wir noch nicht zu entscheiden. Auf einige Fehlermöglichkeiten wurde bereits hingewiesen (S. 81 f). Bezüglich der abgebildeten Kurven fehlt es an zuverlässigen Unterlagen, die eine objektive Kontrolle der Höhe des erreichten Niveaus ermöglichen würden. So bleibt es z. B. fraglich, ob die Zugfrequenz am 16. 10. so viel geringer war als an den anderen Tagen; die Vergleichsdaten deuten eher darauf hin, dass die an diesem Morgen zum Teil ausgesprochen niedere Flughöhe das Ergebnis nachteilig beeinflusst hat. Wenn in vermehrter Masse grosse Schwärme unterwegs sind, wie am 21. 10., dürften die Radarwerte ebenfalls relativ zu gering ausfallen. Eine weitere Schwierigkeit bietet der morgendliche Zugbeginn, indem die Echos erst etwa von 7 h an so kräftig zeichnen, wie dies für den Tagzug typisch ist; vorher sind die meisten wesentlich feiner und zeigen offenbar nur kleine oder lockere Trupps an, die den späteren nicht ohne weiteres als gleichwertig zur Seite gestellt werden können (Abb. 14).

Zwei Beispiele, die Kurven vom 17. und 21. Oktober, mögen eine Vorstellung davon geben, wie weit die Daten aus dem NE- und dem SW-Sektor voneinander abweichen können. Im ersten Fall ist vielleicht ein Absinken der mittleren Flughöhe im Spiel, was jeweils speziell im NE-Sektor spürbar wird (S. 82; Abb. 21). Am 21. dagegen sind die Kurven nur zeitlich verschoben und man möchte an Zugwellen denken, deren Voranschreiten gemessen an der Zuggeschwindigkeit jedoch merkwürdigerweise mehr oder weniger verzögert erscheint. Aus den schon erwähnten Gründen seien die damit aufgeworfenen Fragen hier vorderhand nicht weiter verfolgt.

Nachdem bis dahin die Ergebnisse der Radar- und Sichtbeobachtung gesamthaft einander gegenübergestellt wurden, wenden wir uns noch kurz dem direkten Vergleich der Felddaten mit dem zugehörigen Radarbild zu. Einem gegebenen Schwarm das entsprechende Echo zuzuweisen wird erschwert durch den Umstand, dass wohl die Lage, nicht aber die Höhe des letzteren abzulesen ist. Echopunkte von über den Posten, aber ausser Sichtweite des Beobachters fliegenden Vögeln lassen sich deshalb nicht aus-

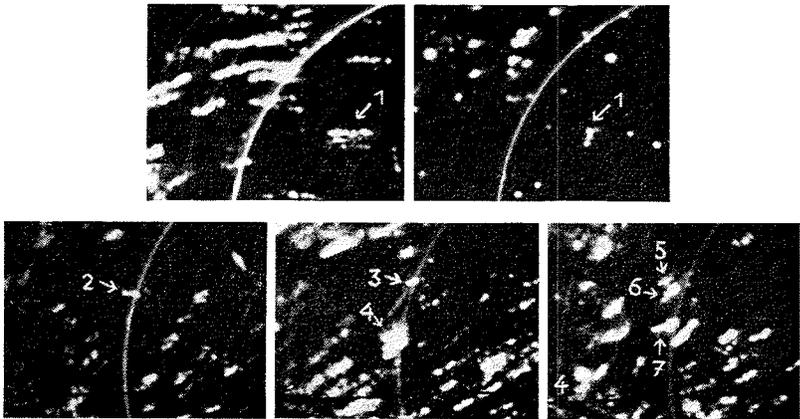


Abb. 9. Deutung einzelner Radarechos.

1. In breiter Front ziehender Schwarm von 250 Finken und 30 Drosseln, links Zeitbild (2 Minuten), rechts Einzelechos im Momentbild (12 Sekunden). — 2. 31 Drosseln (1 Minute). — 3. 26 Drosseln (2 Minuten). — 4. ca. 100 Ringeltauben (2 Minuten). — 5. 20 Finken. — 6. ca. 45 Drosseln. — 7. 25 Ringel- und Hohltauben (1 Minute). — Alle Aufnahmen im W-Sektor vor dem Posten Regensburg, 1 am 16. Oktober, 2—7 am 20. Oktober. Die Identifikation der auffälligen Echos 1 und 4 darf als gesichert, diejenige der kleineren als sehr wahrscheinlich gelten.

scheiden und können zu Trugschlüssen führen. Ist eine starke Bewegung über dem Nebel im Gange, während der Beobachtungsposten darunter liegt, so findet man denn auch keinerlei Übereinstimmung. Unter einfacheren Bedingungen, bei vorwiegend niederem Zug und freier Sicht, gelingt es dagegen, wenigstens die meisten stärkeren Flüge am Radar mit einiger Wahrscheinlichkeit zu identifizieren. Einige Beispiele sind in Abb. 9 zusammengestellt.

Aus dem noch allzu spärlichen Material geht hervor, dass 30—40 Drosseln oder Finken sehr deutlich markieren sowie vermutlich auch kleinere Schwärme von etwa 20 Exemplaren, wobei die Befunde aus dem wenig günstig gelegenen Westsektor stammen. Allem Anschein nach liefern noch Gruppen bis vielleicht zur Grössenordnung von 10—15 Exemplaren hinab ein klares Echo. Die Zahl der den Beobachtungsposten tangierenden Echopunkte übersteigt nämlich stets erheblich diejenige der dort notierten Flüge von über 20—30 Exemplaren. Ein ausgeglicheneres Verhältnis stellt sich erst ein, wenn die Grenze niedriger angesetzt wird, und zwar mindestens bei der mittleren Grösse der Kleinvogelschwärme (Tabelle 1). Auch dann liegt nach unseren Erfahrungen das Übergewicht noch auf Seiten des Radars, der zusätzlich manche Durchzügler registrieren dürfte, die dem Feldbeobachter entgehen. Zu einer genaueren Analyse eignet sich das mit zu vielen Unsicherheiten belastete Material nicht und unsere Hinweise mögen lediglich andeuten, in welcher Richtung weitergearbeitet werden muss.

Schlussbemerkungen

In diesem Bericht schien es uns wichtig, vor allem die Schwierigkeiten hervorzuheben, die mit dem kritischen Ausarbeiten der Radarmethode verbunden sind. Vorläufig kennen wir die verschiedenen, das Radarbild beeinflussenden Faktoren zu wenig, um ihre Auswirkungen ganz übersehen zu können, und auch die Empfindlichkeitsgrenze des benützten Gerätes gegenüber Kleinvögeln lässt sich noch nicht genau fixieren. Wir zweifeln aber nicht daran, dass es mit dem weiteren Ausbau der Methode gelingen wird, diese Lücken zu schliessen und damit die Radarbeobachtung auf eine solide Grundlage zu stellen.

Schon bei den ersten Auswertungsversuchen, welche die *Zugfrequenz* betreffen, haben sich die Daten als brauchbar erwiesen. Besonderes Gewicht fällt dabei der Feststellung zu, dass unter vergleichbaren Bedingungen die Ergebnisse nicht prinzipiell von denen der Feldbeobachtung abweichen, was angesichts des grundverschiedenen Vorgehens nicht ohne weiteres erwartet werden durfte. Im einzelnen besitzen beide Methoden ihre ausgesprochenen

TAFEL 3

- Abb. 10. 16. Oktober 1956, 8.21 h, Exposition 2 Minuten. Kleinvogelzug von mässiger Dichte in grösserer Flughöhe. Im NW die Marken zweier wegfliegender Flugzeuge; die in Abständen von 6 Sekunden aufgezeichneten Echos sind hier infolge der raschen Fortbewegung voneinander abgesetzt, während sie bei den Vögeln sich überdecken. Das innere Flugzeug ist eben von der Blindlandepiste gestartet und bezeichnet so die Strecke, auf welcher Flughöhenbestimmungen mit dem Landradar vorgenommen wurden.
- Abb. 11. 17. Oktober 1956, 6.35 h, Exposition 2 Minuten. Sehr starker Kleinvogelzug über dem Nebel in mittlerer Höhe; Echos kurz nach Zugbeginn noch ziemlich fein. Bevorzugt sind die Sektoren ENE und SSW: im ersten streicht der Radarstrahl bis nahe zum Boden über eine Hochfläche von etwa 600 m ü. M., im zweiten liegt seine Untergrenze ebenfalls niedrig und zudem bewirkt die quer zur Zugrichtung gestellte Albiskette eine Steigerung der Flughöhe.
- Abb. 12. 17. Oktober 1956, 8.50 h, Exposition 2 Minuten. Während im Westen und Süden die Zugdichte noch recht hoch ist, treten im Norden und Osten nur noch wenige Echos auf. Ob die ungleiche Verteilung der Wirklichkeit entspricht oder ob sie rein radartechnisch bedingt ist, etwa durch lokale Unterschiede in den Nebelverhältnissen und damit der Flughöhe, muss offen bleiben (vergl. Textabb. 5).

TAFEL 4

- Abb. 13. 21. Oktober 1956, 12.26 h, Exposition 1 Minute. Starker, zum Teil sehr hoher und einheitlich gerichteter Schönwetterzug mit bedeutendem Anteil von Krähen und Tauben. Verglichen mit dem Bild vom 16. Oktober (Abb. 10) sind die Echos massiger und im Zusammenhang mit der bedeutenden Flughöhe recht gleichmässig über den Schirm verteilt.
- Abb. 14. 21. Oktober 1956, 6.35 h, Exposition 2 Minuten. Beginnender Tagzug, gekennzeichnet durch feine Echos und starke Streuung der Zugrichtungen. Im Südosten ein kleines Regenfeld.
- Abb. 15. 21. Oktober 1956, 6.59 h, Exposition 2 Minuten. Gegenüber der vorherigen Aufnahme ist der Vogelzug nun kräftig markiert, doch bieten die Richtungen immer noch ein äusserst komplexes Bild. Die Verteilung spricht für geringe bis mittlere Flughöhe. Über dem Bodennebel ist der Himmel noch bedeckt.

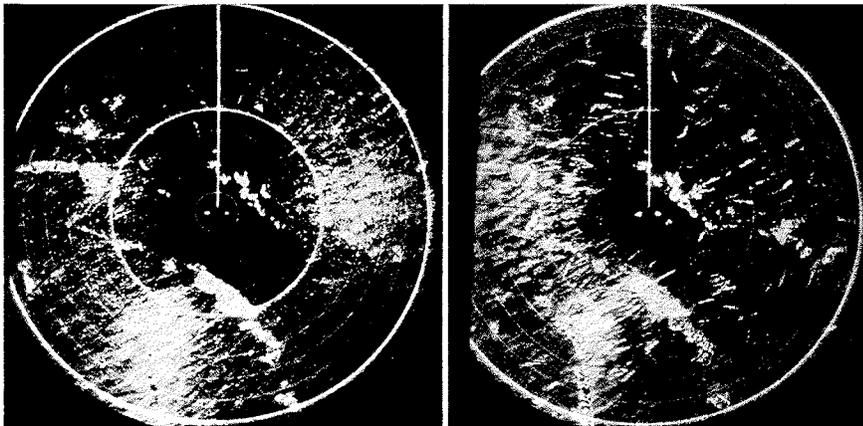
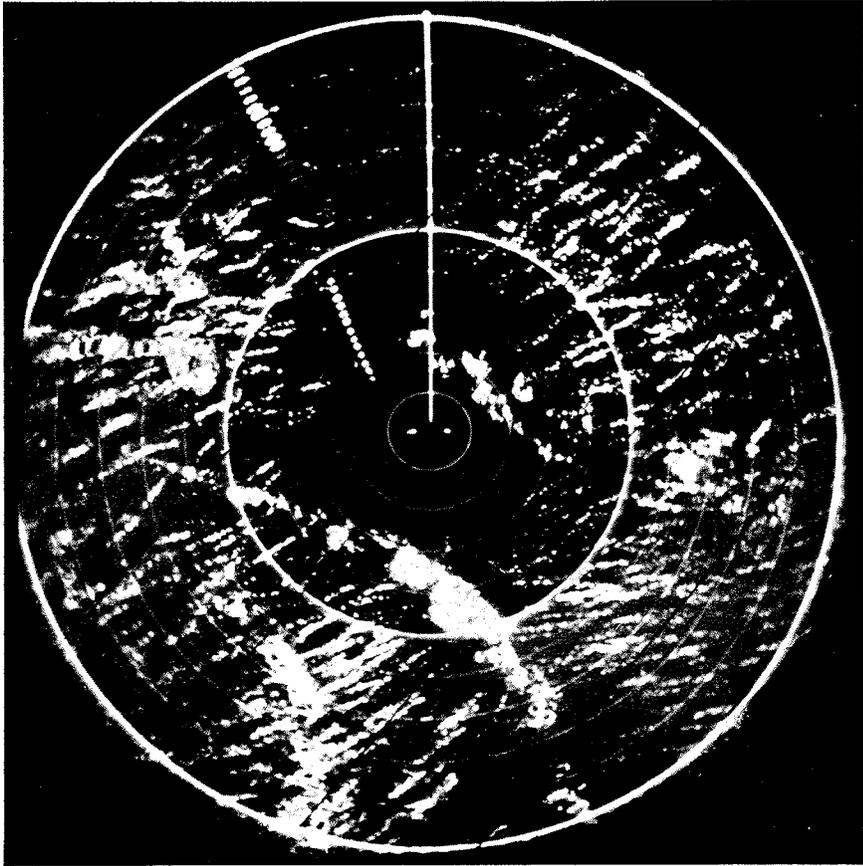


Abb. 10. 16. Oktober 8.21 h.

Abb. 11. 17. Oktober 6.35 h.

Abb. 12. 17. Oktober 8.50 h.

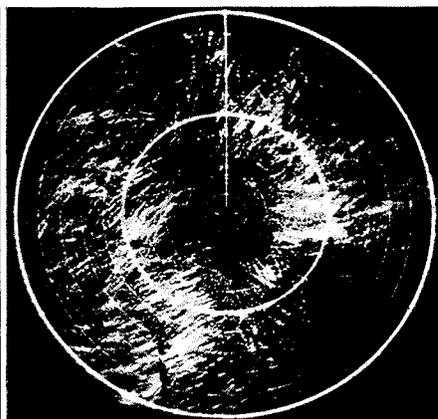
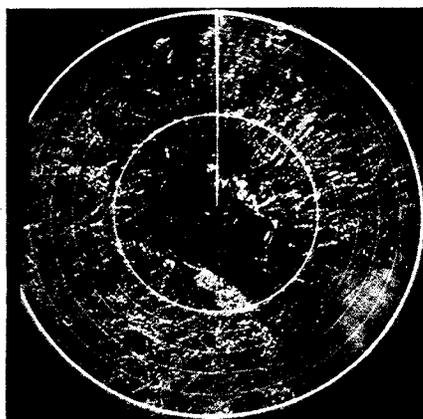
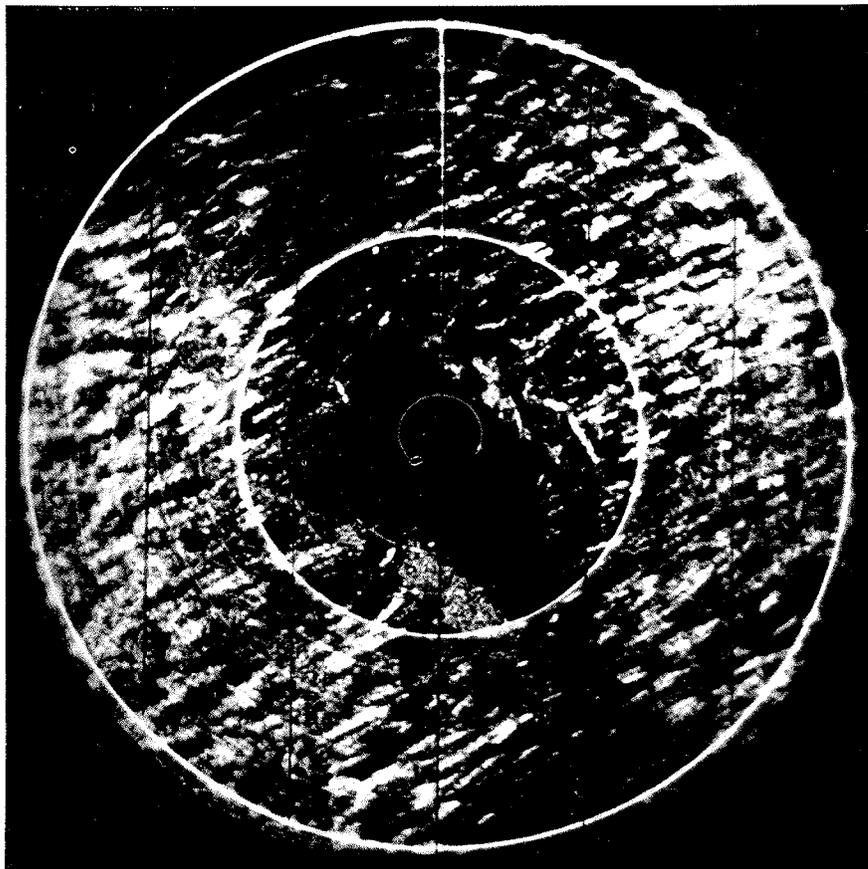


Abb. 13. 21. Oktober 12.26 h.

Abb. 14. 21. Oktober 6.35 h.

Abb. 15. 21. Oktober 6.59 h.

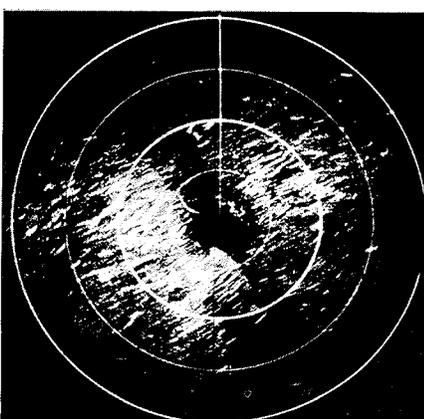
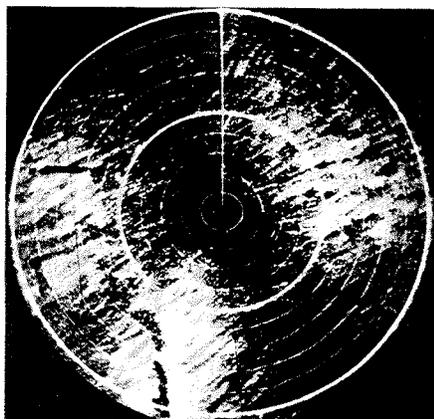
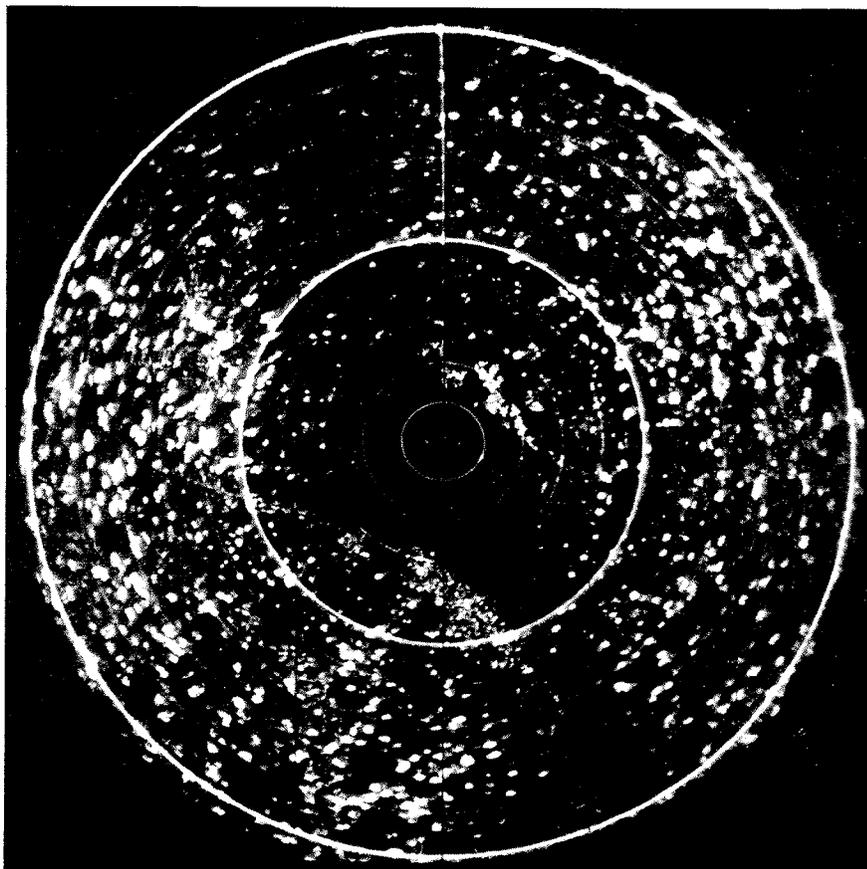


Abb. 16. 21. Oktober 12.27 h.

Abb. 17. 21. Oktober 8.44 h.
(10-Meilenfeld)

Abb. 18. 21. Oktober 13.11 h.
(20-Meilenfeld)

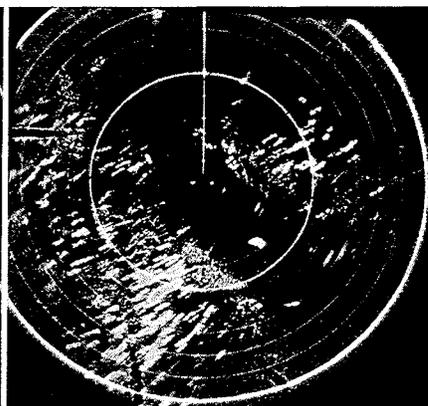
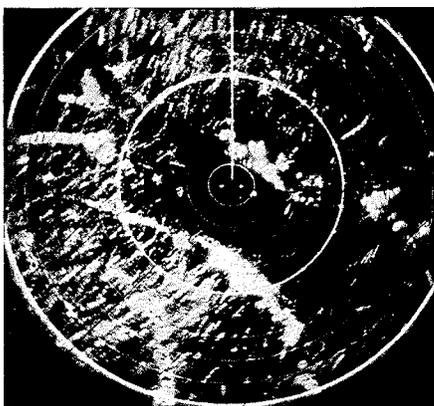
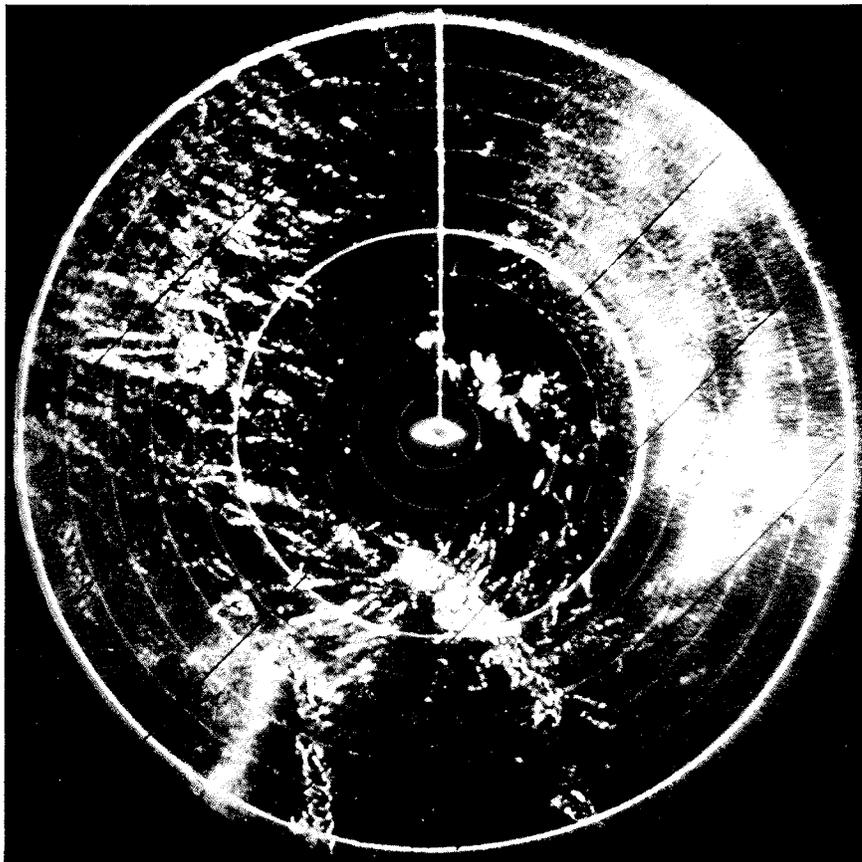


Abb. 19. 18. Oktober 7.07 h.

Abb. 20. 20. Oktober 8.11 h.

Abb. 21. 20. Oktober 10.45 h.

Mängel und Vorzüge, die einer jeden ihren Anwendungsbereich vorzeichnen. Wie wir zu zeigen versucht haben, lässt sich am Radarbild vor allem ein guter Überblick über den Gesamtverlauf des Zuges gewinnen. Obwohl nicht feststeht, ob Verlass auf die absolute Höhe der ermittelten Frequenzwerte ist, so haben wir doch den Eindruck, dass diese bei vorsichtiger Interpretation den Felddaten mindestens ebenbürtig und wahrscheinlich überlegen sind. Zwar registriert der Radar nur einen bestimmten Ausschnitt der Zugsbewegung; er arbeitet gleich einem Sieb, das entsprechend seiner Maschenweite nur Objekte einer gegebenen Minimalgrösse zurückhält. Auf diese Weise wird aber eine so grosse Fläche erfasst, dass die Selektion bloss eines Teiles der Durchzügler für das Gesamtergebnis kaum in Betracht fällt und die Vorteile des weiten Gesichtsfeldes überwiegen dürften.

Die Feldbeobachtung liefert demgegenüber eine Fülle wichtiger Einzelheiten, weist jedoch ebenfalls einige Schwächen auf: Der kleine Beobachtungsausschnitt lässt lokale Unregelmässigkeiten stark hervortreten, ungleiche Kenntnisse und Arbeitsweisen der Beobachter können die Vergleichbarkeit des Materiales beeinträchtigen und schliesslich ist stets mit der

TAFEL 5

- Abb. 16. 21. Oktober 1956, 12.27 h, Exposition 12 Sekunden. Momentaufnahme, anschliessend an das gegenüberliegende Bild (Abb. 13). Die Echos erscheinen als Punkte oder auffällige Punktgruppen, welche letztere vermutlich von grossen Krähen- oder Taubenflügen stammen. Erst diese Aufnahme lässt die hohe Zugdichte richtig erkennen; im Zeitbild erschweren die zahlreichen Überdeckungen die Einzelauswertung, dafür wird die Zugrichtung deutlich.
- Abb. 17. 21. Oktober 1956, 8.44 h, Exposition 2 Minuten. Aspekt bei maximaler Zugdichte; die Echos fliessen im Zeitbild vollständig zusammen. Eine ausgesprochene Zugwelle bewegte sich über das Gebiet und ihr Zentrum, vorher im NE gelegen, deckt nun den Südwestbezirk des Schirmes (vergl. Textabb. 7).
- Abb. 18. 21. Oktober 1956, 13.11 h, Exposition 2 Minuten. Verteilung des Vogelzuges im 20-Meilenfeld unter gleichen Verhältnissen wie für Abb. 13 angegeben, nur hat sich inzwischen das Schwergewicht mehr nach SW verlagert. Die Distanzkreise liegen bei 5, 10, 15 und 20 Meilen. Vogeleos treten zahlreich bis 15 Meilen (28 km), vereinzelt bis 20 Meilen (37 km) auf.

TAFEL 6

- Abb. 19. 18. Oktober 1956, 7.07 h, Exposition 2 Minuten. Ziemlich schwacher Vogelzug bei regnerischem Wetter. Ein grosses Regenfeld im Ost-, ein kleines im SSW-Teil des Schirmes. Bemerkenswert ist die im Nordwestsektor sichtbare, nach ESE gerichtete Bewegung. Sie drehte später nach S ab und kam wie der übrige Zug bei zunehmendem Niederschlag bald zum Stillstand.
- Abb. 20. 20. Oktober 1956, 8.11 h, Exposition 2 Minuten. Starker, ziemlich hoher Zug von Kleinvögeln, Drosseln und in kleiner Zahl auch Krähen und Tauben, der sich vermutlich zwischen zwei Nebelschichten abspielt. Eigenartig erscheint die ausgesprochen südliche Richtung im Nordabschnitt, während der Ostteil des Feldes leer bleibt.
- Abb. 21. 20. Oktober 1956, 10.45 h, Exposition 2 Minuten. Die Zugfrequenz hat gegenüber dem vorhergehenden Bild abgenommen. Nach dem inzwischen erfolgten Absinken der Flughöhe (Abb. 8 C) ergibt sich die typische Verteilung für niedrigeren Zug mit einer Konzentration des Echos auf den ENE- und SSW-Sektor.

Möglichkeit zu rechnen, dass ein beträchtlicher Teil des Vogelzuges dem Auge infolge zu grosser Höhe oder schlechter Sicht entgeht. Gerade hier, gegenüber dem «geheimen» Vogelzug, liegt die grosse Stärke des Radars. Nebel und Wolken bilden für ihn keine Schranke und zudem befinden sich hoch fliegende Vögel in der Zone seiner optimalen Empfindlichkeit. In diesem Sinne boten die häufigen Nebel in Kloten geradezu ideale Bedingungen, indem sie gewöhnlich den gesamten Zug auf eine Ebene hoben, welche die Radarbeobachtung begünstigt; umgekehrt verhält es sich mit der ausgesprochen bodennahen Bewegung, deren Studium nach wie vor in den Aufgabenkreis der Feldbeobachtung fallen wird. Dass auch bei Dunkelheit der Radar unbehindert arbeitet und damit den nächtlichen Wanderstrom sichtbar zu machen vermag, schliesst zugleich den unschätzbaren Vorteil ein, mit demselben Gerät die Zugverhältnisse bei Tage und bei Nacht untersuchen zu können (vergl. SUTTER, 1957).

Nur kurz erinnert sei an die weiteren Auswertungsmöglichkeiten, die Bestimmung der *Zugrichtung*, der *Wandergeschwindigkeit* und der *Flughöhe*. Die Richtungen lassen sich mit grosser Präzision ablesen, da die einzelnen Flüge auf ziemlich weite Distanz verfolgt werden können. Die auf den Tafeln abgebildeten Aufnahmen mögen einen Eindruck davon geben, welche interessante Ergebnisse von einer genauen Analyse zu erwarten sind. Allerdings müssen wir auch hier das Radarbild erst richtig lesen lernen. Bei ausgeglichener Verteilung der Zugdichte und normaler Streuung der Richtungen hält dies nicht schwer. Weniger einfach dagegen ist das Deuten komplizierterer Verhältnisse, weil die Empfangsbedingungen je nach Zugrichtung und -höhe von Sektor zu Sektor wechseln und deshalb die Befunde in den einzelnen Teilen des Beobachtungsfeldes untereinander nicht ohne weiteres vergleichbar sind.

Wie aufschlussreich Daten über die vertikale Verteilung der ziehenden Vögel sein können, geht aus unseren Hinweisen auf den Zug über und unter dem Nebel hervor. Zugleich sind sie unentbehrlich zur Beurteilung des vom Radar gebotenen Zugbildes, das im Klotener Raum weitgehend von der jeweiligen Flughöhe der Vögel abhängt.

Wir erhalten somit anhand der Radardaten ein recht umfassendes Bild vom Ausmass der Zugbewegung und ihrem Ablauf in Zeit und Raum. Eine Differenzierung nach den einzelnen Vogelarten erlauben sie aber nicht, was die Deutung der Ergebnisse unter Umständen ausserordentlich erschwert. Die neue Methode wird man deshalb sinnvoll und mit Aussicht auf Erfolg vor allem dort einsetzen, wo es um das Studium von allgemeinen Zugerscheinungen sowie von Einflüssen geht, auf die alle beteiligten Arten in ähnlicher Weise ansprechen. Dass auch mit dieser Grenzziehung noch ein weites Arbeitsfeld offen bleibt, zeigen beispielsweise die schönen Untersuchungen von LOWERY (1951), der sich vor ähnliche Probleme gestellt sah. Im übrigen ergänzen sich, wie oben ausgeführt wurde, Radar- und Sichtbeobachtung gegenseitig so weitgehend, dass wenn immer möglich eine Kombination der beiden Methoden angestrebt werden sollte.

ZUSAMMENFASSUNG

Nach Vorstudien im Oktober 1955 wurde vom 7. bis 22. Oktober 1956 an den Radargeräten des Flughafens Zürich-Kloten tags und nachts Vogelzugbeobachtungen ausgeführt, wobei die Frage nach der Verwendbarkeit des Radars für die Vogelzugforschung im Vordergrund stand. Der hier vorgelegte erste Bericht befasst sich mit den Arbeitsmethoden, einigen Problemen der Auswertung und dem Vergleich der Radarergebnisse bezüglich der Frequenz des Tagzuges mit gleichzeitig angestellten Feldbeobachtungen.

In erster Linie wurde am Überwachungsradar gearbeitet unter Verwendung des 10-Meilenfeldes. Die Vorgänge auf dem Radarschirm wurden photographisch registriert, teils mit Zeitaufnahmen, die den Flugweg erkennen lassen, teils mit Momentaufnahmen, welche die Echos als Punkte wiedergeben. Der Landeradar diente zu gelegentlichen Bestimmungen der Flughöhe.

Vogelechos treten am Klotener Gerät selten über 20 Meilen Distanz auf und sind am besten im Bereich von 4—7 Meilen zu verfolgen. Sie entsprechen in der Regel einem Schwarm. Flüge grosser Vögel (Tauben, Krähen etc.) markieren sehr stark. Solche von Drosseln und Finken ergeben bei einer Schwarmgrösse von 20 bis 40 Exemplaren schwächere, aber deutliche Echos; vermutlich werden auch kleinere Gruppen noch registriert.

Von den Faktoren, die das Entstehen des Vogelechos beeinflussen, spielen neben der Gesamtmasse des Schwarmes und der Abstimmung des Gerätes die Flughöhe und der Flugweg eine entscheidende Rolle. Der Radar erfasst bevorzugt höher fliegende Vögel, auch bedingt die Bodengestalt der Umgebung Klotens, dass manche Gebiete bis 400 m über Grund im Radarschatten liegen. Ferner werden Schwärme, deren Flugrichtung auf den engeren Senderumkreis weist, besser registriert als seitlich vorbeiziehende (Tangentialeffekt). Erhebliche Teile des Schirmfeldes fallen deshalb dauernd oder nach Umständen infolge ungünstiger Empfangsbedingungen für die Beobachtung aus.

An fünf Beispielen werden auf Radarbasis ermittelte Zugfrequenzkurven mit den Befunden gleichzeitiger Feldbeobachtung verglichen. Sofern letztere unter guten Sichtverhältnissen stattfanden, zeigen sie ein ähnliches Bild vom Zugablauf. Die beiden Methoden scheinen trotz verschiedener Arbeitsweise prinzipiell übereinstimmende Daten zu liefern.

In der Untersuchungsperiode erwies sich die Radarbeobachtung im allgemeinen der oft durch Nebel behinderten Feldbeobachtung überlegen und gab vollständigere und ausgeglichene Resultate. Aber erst eine strenge Prüfung unter günstigeren Vergleichsbedingungen wird ein gültiges Urteil über die Zuverlässigkeit der Radarwerte erlauben.

Abschliessend werden einige Anwendungsmöglichkeiten der Radarmethode besprochen. Es sind ihr Grenzen gezogen, weil sie Vogelarten und Individuenzahl nicht erkennen lässt. Andererseits ergänzt und erweitert sie in mancher Hinsicht das dem Feldbeobachter zugängliche Bild des Zugeschehens.

LITERATUR

- BONHAM, L. L. & BLAKE, L. V. (1956): Radar echoes from birds and insects. *Scientific Monthly* 82: 204—209.
- BROOKS, M. (1945): Electronics as a possible aid in the study of bird flight and migration. *Science* 101: 329.
- BUSNEL, R.-G., GIBAN, J., GRAMET, Ph. & PASQUINELLY, F. (1956): Absence d'action des ondes du radar sur la direction de vol de certaines oiseaux. *C. R. Soc. Biol.* 150: 18.
- BUSS, I. O. (1946): Bird detection by radar. *Auk* 63: 315—318.

- CRAWFORD, A. B. (1949): Radar reflections in the lower atmosphere. *Proc. Inst. Radio Engineers* 37: 404—405.
- DROST, R. (1949): Zugvögel perzipieren Ultrakurzwellen. *Vogelwarte* 15: 57—59.
- GOLDSTEIN, H. (1951): Evidence of direct correlation between meteorological echoes and precipitation. In: D. E. KERR «Propagation of Short Radio Waves», *Mass. Inst. Technology, Radiation Laboratory Series* vol. 13: 591—595.
- HECKE, F. VAN (1946): Le Radar et ses applications en ornithologie. *Gerfaut* 36: 20—27.
- HOFMANN, H. (1956): Kiebitze auf dem Radarschirm. *Orn. Beob.* 53: 79—81.
- KNORR, O. A. (1954): The effect of radar on birds. *Wilson Bull.* 66: 264.
- KRAMER, G. (1951): Versuche zur Wahrnehmung von Ultrakurzwellen durch Vögel. *Vogelwarte* 16: 55—59.
- LACK, D. & VARLEY, G. C. (1945): Detection of birds by radar. *Nature London* 156: 446.
- LOWERY, G. H. (1951): A quantitative study of the nocturnal migration of birds. *Univ. Kansas Publ. Mus. Nat. Hist.* 3: 361—472.
- MATTHEWS, G. V. T. (1951): The experimental investigation of navigation in homing pigeons. *J. Exp. Biol.* 28: 508—536 (cf. p. 526).
- MCKAY, H. A. C. (1945): Detection of birds by radar. *Nature London* 156: 629.
- POOR, H. H. (1946): Birds and radar. *Auk* 63: 631.
- SCHWARTZKOPFF, J. (1950): Zur Frage des «Wahrnehmens» von Ultrakurzwellen durch Zugvögel. *Vogelwarte* 15: 194—196.
- SUTTER, E. (1948): Über den Herbstzug der Krähen in der Schweiz und in Süddeutschland. *Orn. Beob.* 45: 135—150.
- (1954): Vogelzugbeobachtungen bei Maloja und auf dem Splügenpass im Herbst 1952 und 1953. *Orn. Beob.* 51: 109—132.
- (1957): Radar-Beobachtungen über den Verlauf des nächtlichen Vogelzuges. *Rev. Suisse Zool.* 64: 294—303.
- WEITNAUER, E. (1956): Zur Frage des Nächtigens beim Mauersegler, V. Beitrag. *Orn. Beob.* 53: 74—79.
- YEAGLEY, H. L. (1947): A preliminary study of a physical basis of bird navigation. *J. Appl. Phys.* 18: 1035—1063 (cf. p. 1037).
- (1951): id. II. *J. Appl. Phys.* 22: 746—760 (cf. p. 759).