

**EDV-unterstützte Vogelzugbeobachtung mit dem
ASR-Radar in Pisa/Italien**

(Computerised Bird Migration Observation at the ASR-Radar in Pisa/Italy)

von WILHELM RÜHE, Wittlich

Zusammenfassung: Im Rahmen einer Vogelzugbeobachtungskampagne in Pisa/Italien im Oktober 1995 wurde das im Amt für Wehrgeophysik entwickelte EDV-Verfahren der Radar-Videodigitalisierung eingesetzt. Ziel der noch andauernden Untersuchung ist die Abschätzung des Vogelschlagrisikos durch Vogelzüge in der Region Pisa. Das Verfahren und die Rahmenbedingungen werden vorgestellt und eine Analyse der ersten Daten durchgeführt.

Im Untersuchungszeitraum wurde durch kontinuierliche Aufzeichnung des Radarbildes erhebliche Vogelzugaktivität dokumentiert. Unter anderem belegen die Ergebnisse, daß der Vogelzug sich nicht, wie häufig erwartet, an Leitlinien orientiert, sondern breitfrontartig über die gesamte Region hinweg von Nordost nach Südwest erfolgt.

Summary: During a bird migration observation campaign in Pisa/Italy during October 1995 the computerised system of radar-digitising, developed by the German Military Geophysical Office, was used. The objective of the study was to estimate the bird strike risk in the area of Pisa. Method and the experimental environment is described and an analysis of the first data is presented.

Significant bird migration could be detected and documented by continous recording of the radar scope. One of the results demonstrates, that migration does not follow certain guide lines, like often expected, but crosses the area in broad fronts from northeast

to southwest.

Einleitung

Anläßlich einer Tagung der "Military Low Flying" Working Group des Bird Strike Committee Europe im März 1995 in Traben-Trarbach wurde das automatisierte Radar-Vogelzugbeobachtungssystem des geophysikalischen Beratungsdienstes der Bundeswehr präsentiert. Dieses System, auf der Basis der Videodigitalisierung, fand Interesse beim Vertreter der italienischen Luftwaffe (IAF) aus dem Bereich Flugsicherheit. Es wurde vereinbart, ein gemeinsames Experiment durchzuführen.

Derzeit gibt es in Italien kein Vogelzugbeobachtungssystem. Warnungen (BIRD TAM) werden nur vereinzelt auf Grund sporadischer Augenbeobachtungen herausgegeben. Da die technischen Voraussetzungen für ein derartiges Experiment am ASR-Radar der norditalienischen Stadt Pisa geeignet erschienen, wurde dort am 19.10.1995 mit den Videoaufzeichnungen begonnen. Der Autor begleitete das Experiment während der ersten Woche der Erprobung, die bis zum 14.11.95 andauerte.

1. Einige Anmerkungen zum Vogelzug über Italien

Wie Beringungsergebnisse ergaben, stellt Italien innerhalb der großräumigen Zugbewegungen zwischen dem nördlichen/östlichen Europa und Afrika sowohl ein Ziel- als auch ein Durchzugsgebiet für viele kleinere (Singvögel) und mittelgroße Vogelarten (Drosseln) im mediterranen Klimaraum dar, wobei einige Arten auch eine zwischenzeitliche Rastphase in Italien einlegen. In Abb. 1 ist beispielhaft für die Bachstelze (*Motacilla alba*) das grobe Zugstreckenmuster dargestellt, wie es sich aus den Verbindungslinien zwischen Beringungs- und Wiederrindort ergibt (ZITK 1987). Es wird deutlich, daß die Zugrichtung der über Italien ziehenden Bachstelzen von Nordost nach Südwest ausgerichtet ist.

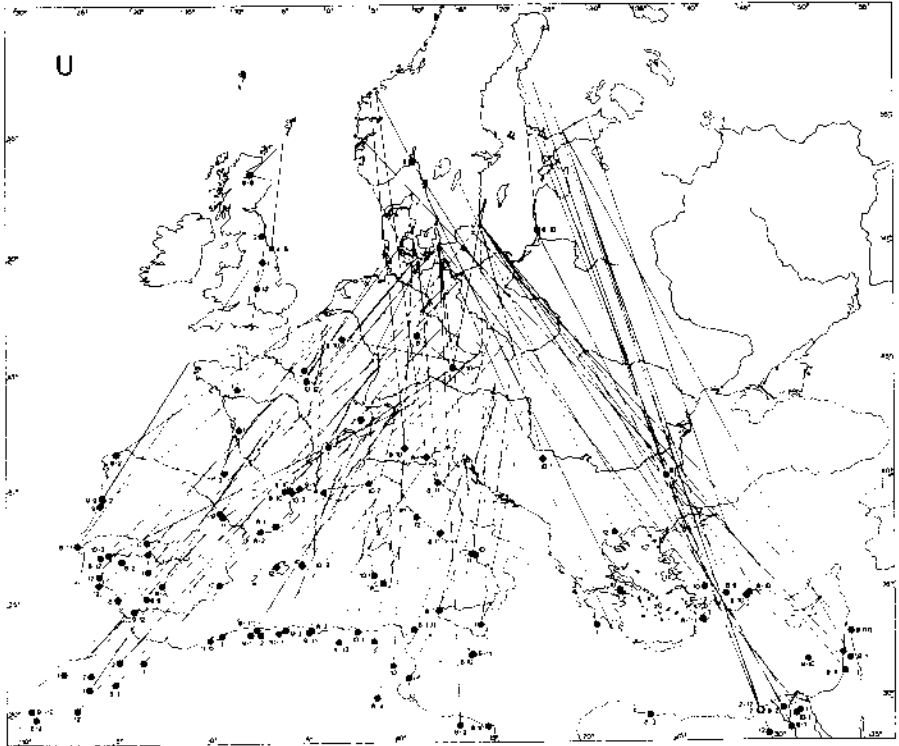


Abb. 1: Beringungs- und Wiederfundorte der Bachstelze (*Motacilla alba*) (ZINK, 1987).

In der Literatur wird vielfach die Leitlinienwirkung entlang der Küsten über Sizilien und über Korsika/Sardinien hervorgehoben. Früher durchgeführte Radaruntersuchungen (CASEMENT 1966) weisen jedoch darauf hin, daß weite Bereiche des Mittelmeeres breitfrontartig ohne Bevorzugung von Landbrücken überflogen werden (Abb. 2).

Die schon sehr alte, umstrittene Tradition der Vogeljagd deutet aber darauf hin, daß

insbesondere der Norden Italiens regelmäßig von einer großen Anzahl von Vögeln überflogen bzw. aufgesucht wird. Die Hauptzugbewegungen finden wie auch im übrigen Mitteleuropa im Frühjahr zwischen Februar und April und im Herbst zwischen September und November statt.

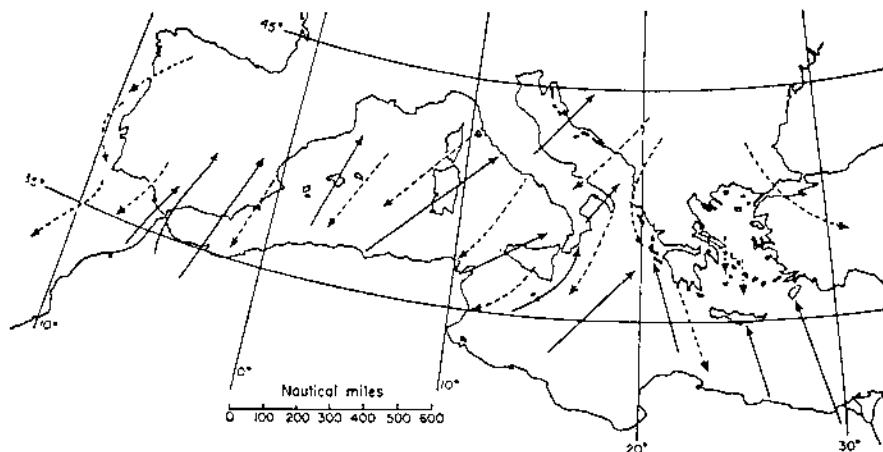


Abb. 2: Zugrichtungen, aufgrund von Radarbeobachtungen im Mittelmeerraum (CASEMENT, 1966).

2. Möglichkeiten der Vogelzugerfassung mittels Radar

Die direkte, zumeist visuelle Beobachtung von Vogelzügen, kann effizient lediglich bei Tageslicht durchgeführt werden und kann Vogelzüge nur punktuell in geringen Höhen unter optimalen meteorologischen Sichtbedingungen erfassen. Demgegenüber lassen sich unter bestimmten technischen Voraussetzungen Vogelzüge mit Hilfe von Radargeräten bei Tag und bei Nacht weitestgehend wetterunabhängig und auch in größeren Höhen erfassen (BECKER, VAN RADEN 1985).

Damit der von einem Radargerät ausgesandte Impuls als Rückstreuung von der Antenne wieder aufgefaßt werden kann, bedarf es eines minimalen Rückstrahlquerschnitts eines Ziels und einer geräteabhängigen Mindestenergie. Je nach Entfernung,

Größe, Anzahl und Schwarmkonfiguration bilden Vögel im Luftraum ein vom Radar erfaßbares Ziel. Häufig liegt die Erfassbarkeit im Grenzbereich, so daß ein Vogelschwarm nicht bei jedem Antennenumlauf erfaßt wird. Zugbewegungen einzelner Vogelschwärme werden erst deutlich, wenn man eine zeitliche Integration der Antennenläufe durchführt und die sich dabei abzeichnenden Flugspuren betrachtet. Aus der Länge der Spur und der Integrationsdauer läßt sich die Geschwindigkeit des Ziels bestimmen.

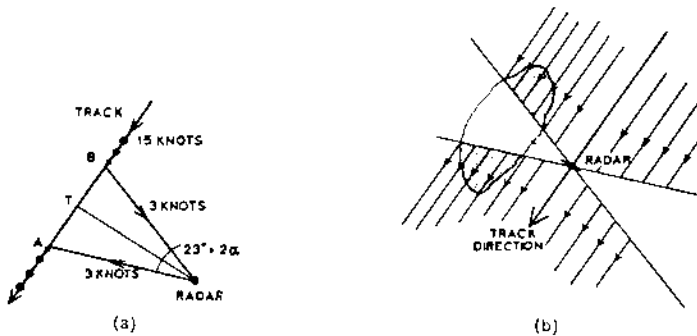


Abb. 3: Grundschemata der MTI (Moving Target Indicator)-Filterung.
 a) Unterdrückung von Signalen mit tangentialer Bewegungsrichtung.
 b) Vogelzugmuster nach MTI-Filterung und Zugrichtungsbestimmung.

Innerhalb des Gesamtclutters einer integrierten Echoaufzeichnung, der neben Flugzeugen und Vögeln auch atmosphärische Erscheinungen und Bodenechos (Groundclutter) beinhalten kann, lassen sich Vogelzüge relativ leicht identifizieren, da sie sich im Geschwindigkeitsbereich zwischen 40 - 80 km/h bewegen und im allgemeinen eine deutliche Richtungspräferenz besitzen. Stationärer Groundclutter wird im Normalfall durch eine MTI (Moving Target Indicator) - Filterung auf der Basis der Doppler-Frequenzverschiebung eliminiert (Abb. 3). Dies hat jedoch bei der Vogelzugfassung den Nachteil, daß langsam fliegende Vogelschwärme, die sich tangential zum Radar bewegen, ebenfalls gefiltert und daher nicht zur Anzeige gebracht werden (EASTWOOD 1967).

Generell gilt, daß die vom Radar erfaßten Vögel, dies sind in der Regel Vogelschwärme, nur einen Bruchteil der Gesamtheit ausmacht, so daß eine exakte zahlenmäßige Quantifizierung nicht durchführbar ist. Eine Kalibrierung ist maximal bis zu der international gebräuchlichen 8-teiligen logarithmischen Skala sinnvoll. Hinsichtlich einer flugsicherheitsrelevanten Abschätzung der Intensität ist eine relative Unterscheidung in den Stufen "leicht", "mäßig" und "stark" ausreichend.

3. Technische Voraussetzungen für den Einsatz der Videodigitalisierung und technische Gegebenheiten in Pisa.

Das Verfahren der Videodigitalisierung, das im Amt für Wehrgeophysik durch H. van Raden entwickelt wurde und bei den Luftverteidigungs-Radaranlagen der Bundeswehr im Routineeinsatz ist, besteht aus einer auf den Radarbildschirm gerichteten elektronischen Videoüberwachungskamera, die über eine Digitalisier-Schnittstellenkarte mit einem Standard-PC verbunden ist. Zur Archivierung der in Dateien abgelegten Radarbilder dient ein Magnetband (RUHE 1994).

Das System arbeitet nach dem fotografischen Prinzip. Es führt eine zeitliche Integration des beobachteten Radarschirms durch. Dazu ist es notwendig, daß das Primärradarsignal (Raw Video, MTI gefiltert) als Analogbild oder digitalisiertes Bild auf einem Radardisplay zur Anzeige gelangt. Die Leuchtkraft und die Leuchtdauer erfaßter Ziele müssen bestimmte Schwellenwerte überschreiten, damit die Echos von der Kamera und der Digitalisierkarte erfaßt werden können. Bezüglich der Umgebungshelligkeit und wechselnden Helligkeitsverhältnissen ist das System relativ unempfindlich, da vor jeder Bildaufnahme eine automatische Helligkeitsjustierung erfolgt. Die Integrationszeit und die Aufnahmefrequenz ist über Parametereingabe wahlfrei einstellbar.

Das Radargerät in Pisa besteht aus einem S-Band (10 cm Wellenlänge) Air Traffic Control (ATC) Radar mit einer maximalen Reichweite von 60 nm. Neben den Über-

wachungs-Radarbildschirmen im Kontrollraum befindet sich ein Monitor im technischen Teil der Radareinrichtung, der zeitweilig zur technischen Überwachung der Systeme genutzt wird. Das Raw Video kann als bereits digitalisiertes Bild auf diesem 17" grün/schwarz Monitor dargestellt werden.

4. Ziele und Durchführung des Experiments

Die Untersuchung wurde unter folgenden Gesichtspunkten geplant:

- Kann die ATC-Radaranlage Vogelzüge erfassen?
- Ist die Videodigitalisierung an der Radaranlage einsetzbar?
- Finden großräumige oder lokale Vogelzüge im Erfassungsbereich statt?
- Welche Vogelzugintensitäten werden festgestellt?
- Gibt es bezüglich des Vogelzuges lokale Effekte
- Ist die Information für den Flugsicherheitsaspekt nutzbar?
- Ist der Aufbau eines Radar-Vogelzugbeobachtungssystems sinnvoll?

Das Amt für Wehrgeophysik stellte leihweise die Videokamera, die Digitalisier-Schnittstellenkarte und die zugehörige Software zur Verfügung. Den PC, einen Drucker und das Streamer-Laufwerk wurde von der IAF gestellt. Der Autor führte vorort die Aufstellung, Implementierung und Einjustierung der Anlage während seines Aufenthalts in Pisa vom 19.10. - 25. 10. 95 durch.

Für den vorhandenen Gerätetyp erwies sich folgende Einstellung als optimal:

- Raw Video (MTI gefiltert),
- 30 nm Radius,
- zentriert,
- keine Entfernungsringe,
- keine Landmarken,
- keine alphanumerische Information,
- Bildschirmhelligkeit nahe Maximum.

Die kontinuierliche Erfassung erfolgte in der Anfangsphase mit der Einstellung

5 Minuten Digitalisierung und 5 Minuten Pause, so daß durchfliegende Schwärme in aufeinander abfolgenden Aufnahmen verfolgt werden konnten. Zur Überwachung der Vogelzugaktivität ist eine Erfassung in halbstündigen Intervallen jedoch ausreichend.

Zur Interpretation der Radarbeobachtungen wurden täglich meteorologische Daten von der Flugwetterberatung am Flugplatz eingeholt.

5. Analyse der Radarbeobachtungen im Zeitraum 19.-25.10.95

5.1. Geographische Lage und Umgebung Pisas

Die Radaranlage befindet sich auf dem Flugplatz am Südrand der Stadt Pisa. Die Antennenhöhe beträgt 50 m MSL. Im vogelzugrelevanten Erfassungsbereich der Anlage befindet sich im Westen die von Nordwest nach Süd verlaufende Küstenlinie. Von West nach Ost erstreckt sich das breite flache Tal des Arno. Im Nordosten ragen zwei inselartige Bergkuppen mit Höhen von 300 m und 1000 m aus dem Flachland auf, zwischen denen sich eine deutliche Lücke befindet. Im weiteren Umkreis erheben sich nach Norden und Nordosten Bergketten mit Höhen bis zu 2000 m. Im Südosten schließt sich ein Hügelland mit Höhen um 300 m an.

5.2. Die meteorologische und astronomische Situation

Vogelzug ist im starken Maße wetterkorreliert (LITKINS, 1983). Während des Untersuchungszeitraums befand sich Norditalien zunächst am 19. und 20.10.95 unter Hochdruckeinfluß bei südwestlichen Winden und Temperaturen über den Normalwerten. In Zentral- und Mitteleuropa kam es auf der Rückseite eines Tiefs unter zunehmendem Hochdruckeinfluß zu absinkenden Temperaturen, so daß beginnend vom 21. 10. 95 sich eine kräftige Hochdruckzelle über Mitteleuropa bildete, die sich im weiteren Verlauf bis 25. 10. 95 nach Südosteuropa verlagerte. Diese Großwetterlage führte zu allgemein ruhigen Wetterbedingungen mit Tagestemperaturen um Normal aber deutlich niedrigeren Nachttemperaturen als zuvor. Der Wind über Norditalien drehte auf östliche Richtungen mit Geschwindigkeiten um 15 kts.

Die vogelzugrelevanten astronomischen Zeiten für Pisa am 21.10.95 stellten sich wie folgt dar:

Ende der dunklen Nacht	:	04.15 UTC
Ende der bürgerlichen Dämmerung	:	05.10 UTC
Sonnenaufgang	:	05.40 UTC
Sonnenuntergang	:	16.25 UTC
Beginn der bürgerlichen Dämmerung	:	16.56 UTC
Beginn der dunklen Nacht	:	17.51 UTC

5.3. Darstellung von Vogelzug auf den Radarbildern

Aufgrund der gewählten Einstellung, die eine bestmögliche Erfassung von Vogelzügen unter den gegebenen technischen Voraussetzungen gewährte, lassen sich Vogelzugspuren deutlich von denen von Flugzeugen unterscheiden. Vogelschwärme geben in der Regel feinere Echolinien, die zwar oftmals lückenhaft in ihrer Abfolge sind, aber sofern erfassbare Schwärme mit deutlichem Abstand ziehen, als kurze gleichgerichtete parallele Linien identifizierbar sind. Abb. 4 zeigt beispielhaft Vogelzug der Intensität "leicht", wobei gut auffassbare Vogelschwärme, Möwen, wie Augenbeobachtungen bestätigten, den Erfassungsbereich überflogen. Dem Radarrechobild überlagert sind Entfernungsringe, Höhenlinien und die Küstenlinie hinzugefügt. Am rechten Rand erkennt man die Flugspuren von Flugzeugen der Flugstrecke Mailand - Rom.

Abb.5 zeigt eine Situation mit mäßiger Vogelzugintensität bei Anbruch der dunklen Nacht. Bei dieser Intensität wird die Wirkung der MTI-Filterung bereits sehr deutlich (siehe auch Abb. 6). Es muß davon ausgegangen werden, daß sich der Vogelzug über mindestens den gesamten Erfassungsbereich des Radarscopes

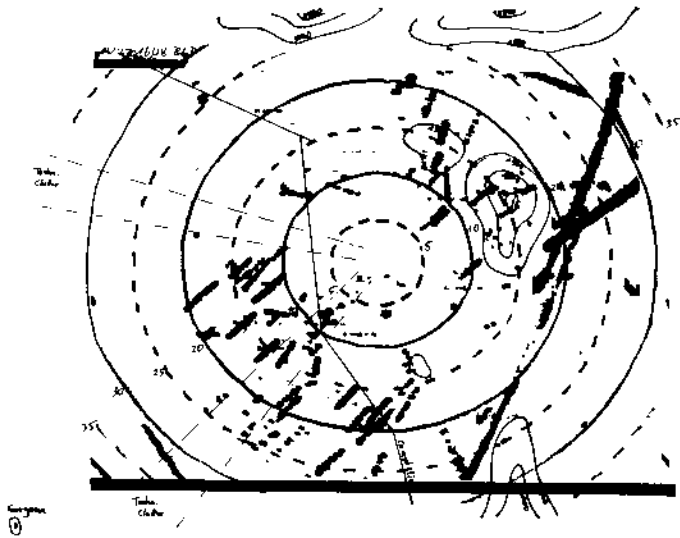


Abb. 4: Leichter Vogelzug während der Abenddämmerung (16.48 UTC) am 22.10.1995

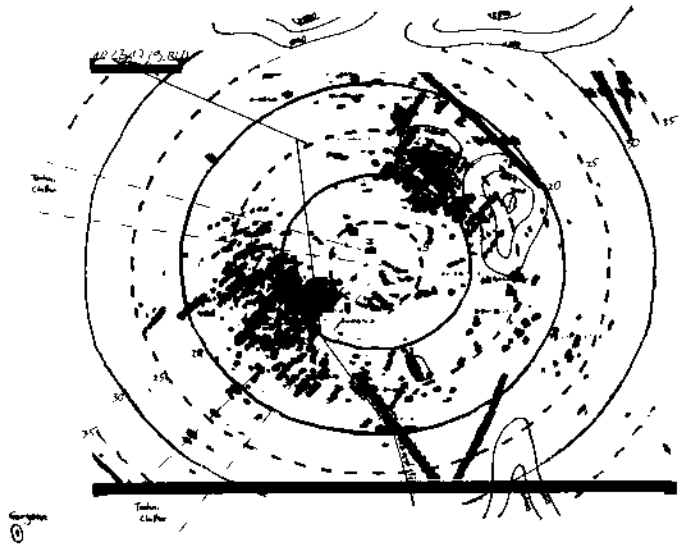


Abb. 5: Mäßiger Vogelzug während der beginnenden dunklen Nacht (17.29 UTC) am 23.10.1995

erstreckt hat. Aufgrund der technischen Rahmenbedingungen lassen sich die Vogelzüge jedoch nur im Entfernungsbereich von ca. 5 nm bis ca. 20 nm in den Sektoren zum Radar hin und vom Radar weg erfassen. Aus der Charakteristik des Vogelzuglutters, der eine Schwarmstruktur erkennen läßt, wobei die Abstände gering sind und die Flugspuren unterbrochen sind, ist zu schließen, daß es sich um Vögel etwa in Drosselgröße gehandelt haben dürfte.

Trotz der lediglich zweidimensionalen Erfassung läßt sich eine Aussage über die Höhe des Vogelzuges treffen. Deutlich ist zu erkennen, daß die Bergkuppe von 1500 ft MSL im Nordosten überflogen wird, während die benachbarte Bergkuppe von 3000 ft MSL lediglich passiert wird, so daß die Obergrenze des Zuges bei ca 3000 ft MSL anzusiedeln ist.

Starker Vogelzug, vermutlich von Kleinvögeln, stellte sich in der ersten Nachthälfte des 22.10.95 (Abb. 6) ein. Der Zug fand unterhalb 1500 ft MSL statt, was deutlich an der Echoverteilung im Bereich der Bergkuppen abzulesen ist. Da es sich um niedrigen Zug handelte, werden neben dem MTI-Blanking noch weitere "technische" Effekte sichtbar, wie z.B. die Totzone der Radarantenne (Dark Cone) und Abschattungseffekte im Südwesten, die von der Stadt und den Industrieanlagen Livornos herrühren. Auch in diesem Fall ist davon auszugehen, daß der Vogelzug großräumig über das gesamte Gebiet erfolgte. Die zunächst noch erkennbare leichte Tracksignature löste sich im Laufe der Nacht immer mehr zu einer gleichmäßigen Verteilung auf, die typisch für den nächtlichen Vogelzug ist (BECKER, VAN RADEN 1985).



Abb. 6: Starker nächtlicher Vogelzug (19.53 UTC) am 22. 10. 1995

5.4 Diskussion der Beobachtungsergebnisse

Die Intensitätsanalyse aller aufgezeichneten Radarbilder führte zu dem in Abb. 7 dargestellten Zugverlauf. Während an den ersten beiden Tagen lediglich leichter Zug, überwiegend von regional ziehenden Möwenschwärmen in der Abenddämmerung stattfand, begann ab 21.10. mit einsetzender Dämmerung der großräumige Vogelzug, der bis zum Morgen des 24.10. nur mit kurzen Unterbrechungen während der Frühstunden anhält. Innerhalb dieser Zugphase, die sehr gut mit den herrschenden meteorologischen Bedingungen in Einklang zu bringen ist, waren deutlich Unterschiede in der Erscheinungsform, wie oben beschrieben, zu erkennen.

Die Zugrichtungen waren überwiegend von Nordost nach Südwest gerichtet, zeitweilig war eine Drehung auf Ost - West festzustellen. Dies bedeutet, daß bei dem beobachteten Zug keinerlei Leitlinienwirkung durch die Küstenlinie festzustellen war. Der breitfrontartige Zug läßt auch nicht vermuten, daß gezielt vorgelagerte Inseln

angelogen wurden. Diese Feststellung deckt sich sehr gut mit den Ergebnissen von CASEMENT (1966), der Radarbeobachtungen im Mittelmeer von einem Flugzeugträger aus durchführte und dabei feststellte, daß die überwiegende Zahl der Vogelzüge ohne Leitlinienwirkung direkt über das Mittelmeer hinweg erfolgte. Der Aufbruch der Vögel erfolgt seiner Erfahrung nach über Land in der Abenddämmerung, was durchaus bestätigt werden kann, wobei jedoch bei starkem Zug kein direkter Aufbruchstermin erkennbar war. CASEMENT stellte mittlere Zughöhen von ca. 5000 ft MSL fest, was auch für die vorliegende Untersuchung gelten dürfte. Bei niedrigem Zug ließen sich regionale Effekte hinsichtlich der Topographie erkennen.

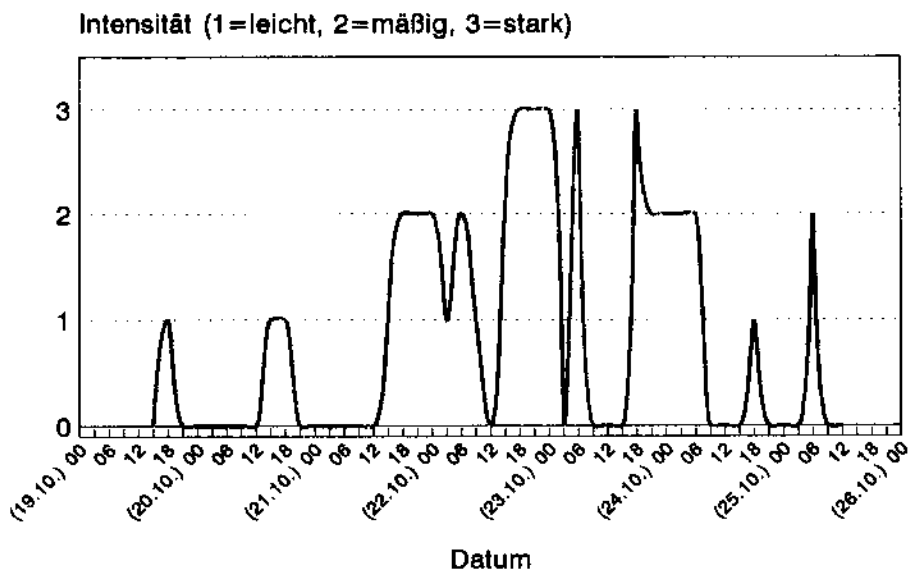


Abb. 7: Vogelzugaktivitätsmuster während des Untersuchungszeitraums vom 19.10. bis 25.10.1995

6. **Schlußfolgerungen**

Die vorgestellte Auswertung des Experiments und der gewonnenen Daten gibt Anlaß zu einer ersten Bewertung. Danach kann festgestellt werden:

- Mit der ASR-Radaranlage können unter den beschriebenen Rahmenbedingungen Vogelzugbeobachtungen durchgeführt werden.
- Das VIDEO-PC-Verfahren ist leicht zu adaptieren und ermöglicht eine geeignete Aufzeichnung und Analyse des Vogelzuglutters.
- In der Experimentphase fand erheblicher Vogelzug statt.
- Ein Tagesgang der Zugintensität konnte festgestellt werden, wobei starker Vogelzug überwiegend während der Nachtstunden auftrat.
- Der Vogelzug erfolgte sowohl in deutlicher Schwarmstruktur als auch großräumig in gleichmäßig verteilter Form. Anhand typischer Echosignaturen sind grobe Aussagen über Vogelarten bzw. Größenklassen möglich.
- Eine Leitlinienwirkung ließ sich nicht erkennen, lediglich die Orographie beeinflußt die Zugstrecken lokal.
- Anhand der Topographie können Höhenabschätzungen vorgenommen werden.

Da die Untersuchung primär unter dem Aspekt der Vogelschlagverhütung durchgeführt wurde, ist festzustellen, daß der Vogelzug ein ernstzunehmendes Flugsicherheitsrisiko in der Region Pisa darstellt. Der Aufbau eines Vogelzugbeobachtungs- und -warnsystems erscheint ratsam. Dazu muß jedoch das Experiment noch über einen längeren Zeitraum durchgeführt werden, um die Häufigkeit der Ereignisse zu ermitteln. Technisch ist anzustreben, daß statt des Videoverfahrens ein direkter Abgriff der Radardaten an einer geeigneten Schnittstelle erfolgen sollte, eventuell durch Doppelung der Monitorschnittstelle.

Literatur

BECKER, J. und RADEN, H. van (1985): Grundlagen der Radarornithologie und Ergebnisse der Radarvogelzugbeobachtung in München 1981 - 1983. Vogel und Luft-

verkehr, Sonderheft 1, 81 S. Traben-Trarbach.

CASEMENT, M.B. (1966): Migration across the Mediterranean Observed by Radar. Ibis. 108, 461 - 491.

EASTWOOD, E. (1967): Radar Ornithology. Methuen & Co Ltd., London.

ELKINS, N. (1983): Weather and Bird Behaviour. T & D Poyser, Calton.

RUHE, W. (1994): New Developments for Improving the German BIRDTAM/BIRD-STRIKE WARNING System. Proceedings and Working Papers BSCE Vienna 1994, 263 -274.

ZINK, G. (1987): Der Zug europäischer Singvögel. Ein Atlas der Wiederfunde beringter Vögel. Band II. Herausgeber: Vogelwarte Radolfzell, Aula-Verlag Wiesbaden.

Anschrift des Verfassers:

Dipl.-Met. Wilhelm Ruhe, M.Sc.
Zur Ziegelei 2

54516 Wittlich