

## Vogelzugbeobachtungen mit Hilfe der Radargeräte des Radarführungsdienstes der Deutschen Luftwaffe

(Observation of bird-migration by radar equipments of German Air Force)

von THOMAS FRIEBE, Erndtebrück

**Zusammenfassung:** Die Nutzung von Radargeräten für die Beobachtung von Vogelzug ist mit einigen Schwierigkeiten verbunden, da der originäre Zweck der Radargeräte nicht die Beobachtung von Vögeln, sondern vielmehr die Beobachtung von Luftfahrzeugen ist. Diese Ziele sind in gewisser Hinsicht komplementär, da die operationelle Nutzbarkeit eines Radargeräts stark von der Unterdrückung sog. eindeutig erkannter Falschziele, zu denen auch Vogelzüge gehören, abhängt. Aus diesem Grund enthält die Steuerungs-Software moderner Radargeräte aufwendige Algorithmen, die Falschziele verwerfen und nicht an den Schnittstellen bereitstellen. Theoretisch ist davon auszugehen, daß die von den Radargeräten gelieferten Daten von Falschzielen und damit auch von Vogelzügen bereinigt sind. Die Praxis zeigt jedoch, daß die Software-Filter in den Radargeräten im Entscheidungsspektrum „Luftfahrzeug: Nicht-Luftfahrzeug“ Falschziele nicht zu 100% unterdrücken. Auf dieser Erfahrung basieren die Anstrengungen des Amtes für Wehrgeophysik (AWGeophys) und des Programmierzentrums der Luftwaffe für Luftverteidigung (ProgrZLwLV), mit den derzeit verfügbaren Radargeräten der Luftverteidigung Vogelzugbeobachtungen durchzuführen. Das erste Ergebnis dieser Zusammenarbeit sind eine Aufzeichnungs- und eine Auswertekomponente, die es den Experten des AWGeophys ermöglichen sollen, möglichst aktuelle Radardaten beurteilen zu können.

Der vorliegende Artikel beschreibt das erarbeitete Konzept und faßt die bisherigen Erfahrungen zusammen. Abschließend werden mögliche Ausbaustufen des Softwarepakets dargestellt.

**Summary:** The operation of radar equipment for the observation of bird migration usually meets some difficulties since the original purpose of radar equipment is the observation of aircraft rather than of birds. In view of the operational efficiency of radar equipment being particularly subject to the suppression of clearly recognised

clutter - which may include bird migration -, these targets are somehow complementary. Therefore, the control software of modern radar equipment contains rather sophisticated algorithms, which reject clutter and do not make them available at interfaces. Theoretically, the assumption may be made that the data supplied by radar are cleared of clutter and birds. Actually, however, software filters in the radar equipment do within the aircraft/non aircraft decision range **not** suppress the clutter completely. Therefore, the German Military Geophysical Office and the Programming Centre of the German Air Defence are organising the observation of bird migration using the currently available Air Defence radar equipment. Preliminary results of this co-operation include records and applications, which should enable radar staff to evaluate a maximum of real-time radar data. This paper further describes the newly prepared project and summarises hitherto made experience. A description of potential complementary components of the software package is added.

## **1. Am Anfang war Arkona...**

Als im Februar 1995 das Amt für Wehrgeophysik beim Programmierzentrum der Luftwaffe für Luftverteidigung in Erndtebrück mit der Idee vorstellig wurde, Vogelzüge mit Hilfe moderner Radargeräte DV-gestützt zu beobachten, waren die Kommentare der Experten skeptisch bis zynisch. Insbesondere konnte das Argument, daß die Radargeräte evtl. aufgefaßte Vogelzüge unterdrücken würden, à priori nicht widerlegt werden. Aufgrund verschiedener Beobachtungen bestand jedoch die Vermutung, daß die Falschziel-Filter der Radargeräte unter operationellem Einsatz nicht alle Falschziele unterdrücken können. Dies war für das Programmierzentrum Anlaß genug, in Abstimmung mit dem Materialamt der Luftwaffe als fachlich vorgesetzter Dienststelle eine entsprechende Analyse anzugehen.

Das praktizierte System zur Vogelzugbeobachtung mit Hilfe von Radargeräten fotografiert die dargestellten Radarechos (Plots) mit einer mehrminütigen Belichtungszeit von einem Darstellungsgesetz ab. Auf diesen dauerbelichteten Fotografien können dann u. U. Vogelzüge erkannt werden. Die Nachteile dieses Verfahrens liegen auf der Hand. Es ist sehr fehleranfällig, da bereits kleine Veränderungen am Darstellungsgesetz dazu führen, daß die Fotos völlig unbrauchbar werden. Wesentlicher ist aber, daß durch die Projektion der dreidimensionalen Radarechos auf ein zweidimensionales Fotopapier die Höheninformationen der Plots verlorengehen. Die Erfassung der Vogelzugdaten ist dadurch um ein wesentliches Kriterium beschnitten mit der Folge, daß die Warnmeldungen bzgl. der Höhenangaben auf empirisch ermittelte Werte zurückgreifen müssen. Aus diesem Grund ist es wichtig, auch die vorhandenen angemessenen Höhen für die Auswertung bereitzustellen. Ein weiterer Nachteil der derzeitigen Praxis ist seine geringe Flexibilität - liefert der lokale Sensor des "Control and Reporting Center (CRC)" keine Daten, kann wegen des feh-

lenden analogen Radarbilds nicht auf andere Sensoren umgeschaltet werden. Das vor diesem Hintergrund weiter entwickelte Verfahren besteht im wesentlichen aus einer Komponente zur Aufzeichnung von Plotdaten (BIRDI - **B**ird **R**adar **D**ata **I**nterface), sowie einer Komponente zur Auswertung der aufgezeichneten Daten (BDVT - **B**ird **D**ata **V**isualization **T**ool). Die Komponente BDVT wurde speziell an die Bedürfnisse des AWGeophys angepaßt - insbesondere werden Plathöhen als Höhenverteilungsfunktion über örtlich begrenzte Bereiche visualisiert.

Bei der Realisierung der Aufzeichnungskomponente BIRDI konnte auf die bei der Implementierung des Führungssystems Arkona gesammelten Erfahrungen des Programmierzentrums zurückgegriffen werden. Im Rahmen der Softwarebearbeitung für das Arkona-System wurde eine PC-basierte Radar-Schnittstelle bereitgestellt, die Plotinformationen von Radargeräten der Typen FPS-117, HADR, MPR, RRP-117 sowie FPS-67 entgegennimmt, in ein einheitliches Format konvertiert und auf einem TCP/IP-LAN bereitstellt. Die Radargeräte werden mit dem Schnittstellen-PC über Modemstrecken verbunden, wobei 7 Radargeräte gleichzeitig genutzt werden können.

Basierend auf diesem Schnittstellen-PC wurde ein Prototyp entwickelt, der aus dem von den Radargeräten gelieferten Datenstrom die Plots selektiert, die mit hoher Wahrscheinlichkeit Vogelzügen zugeordnet werden könnten. Dazu wurden folgende Selektionskriterien definiert:

- Da Vögel in der Regel keine Möglichkeit haben, auf Sekundärabfragen eines Radargeräts geeignet zu reagieren, sind Plots mit Sekundärinformation, sog. SSR-Plots sicher **keine** Echos von Vogelzügen. (*Die Anwendung dieses Selektionskriteriums bereinigt den Datenstrom von Plots, die sicher Luffahrzeugen zuzuordnen sind.* )
- Da Vögel oberhalb einer Höhe  $h$  nicht fliegen können, sind Plots oberhalb dieser Höhe für die Vogelzugbeobachtung nicht relevant.
- Da die Höheninformation auch bei modernen Radargeräten mit zunehmender Entfernung des Objekts vom Radargerät immer unzuverlässiger wird und zudem aufgrund der Erdkrümmung nur noch sehr große Höhen gemessen werden können, wird der Datenstrom bzgl. Objektentfernung vom Radargerät gefiltert.

Empfangene Plots, die diesen Selektionskriterien genügen, werden in einer Aufzeichnungsdatei abgelegt, wobei für jedes Radargerät eine eigene Aufzeichnungsdatei existiert und die Größe der Datei durch ein Aufzeichnungsintervall begrenzt wird. Der Prototyp dieses Aufzeichnungsrechners (BIRDI - **B**ird **R**adar **D**ata **I**nterface) bietet die Möglichkeit, die aufgezeichneten Daten über eine Modem-Wählleitung nach Traben-Trarbach zu übertragen. Dort können sie den Experten des AWGeophys zur Beurteilung bereitgestellt werden.

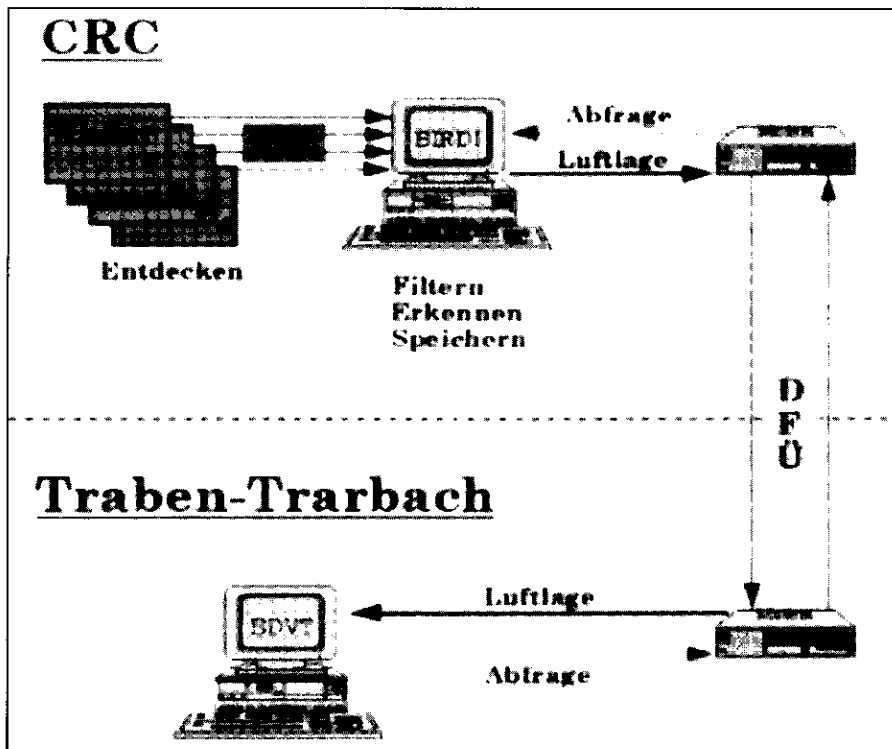


Abb. 1: Die BIRDI/BDVT-Synthese

## 2. Bisherige Ergebnisse

Erste Tests des Aufzeichnungsrechners unter realistischen Bedingungen wurden im Rahmen einer Integrationsphase im Februar 1996 im CRC Pragsdorf durchgeführt. Dabei wurde an mehreren Tagen von den frühen Abendstunden bis in die Morgenstunden des folgenden Tages aufgezeichnet. Angeschlossen waren die Radargeräte des Typs RRP-117 in Cölpin, Döbern und Gleina sowie das FPS-117 in Tempelhof. Die Radargeräte befanden sich während der Aufzeichnung unter voller operationeller Nutzung der CRC's Pragsdorf und Schönewalde. Insbesondere wurden bewußt keine Veränderungen an den operationell erforderlichen Radareinstellungen veranlaßt, um ein Radarbild zu nutzen, das auch während des alltäglichen Betriebs in einem CRC verfügbar ist. So sollte die Vermutung gestützt werden, daß die Falschziel-Filter der Radargeräte die Daten nicht vollständig von aufgefähten Vogelzügen

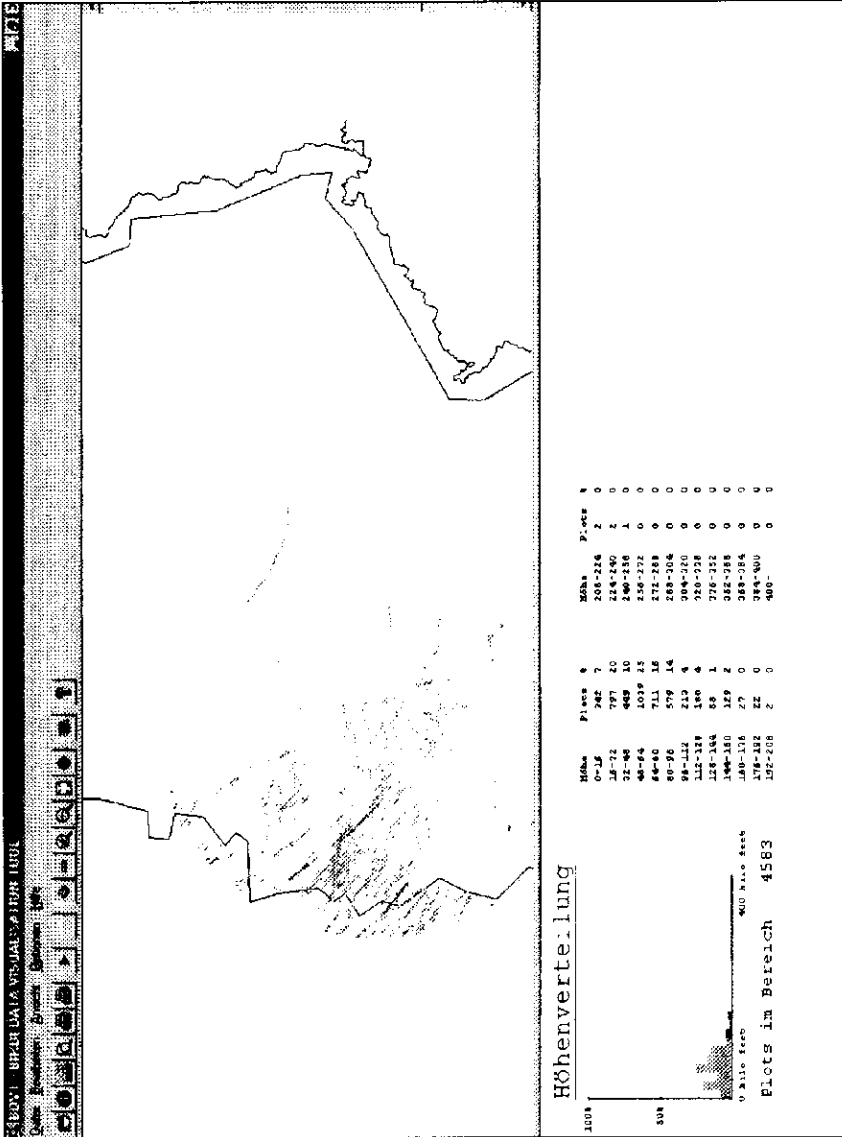
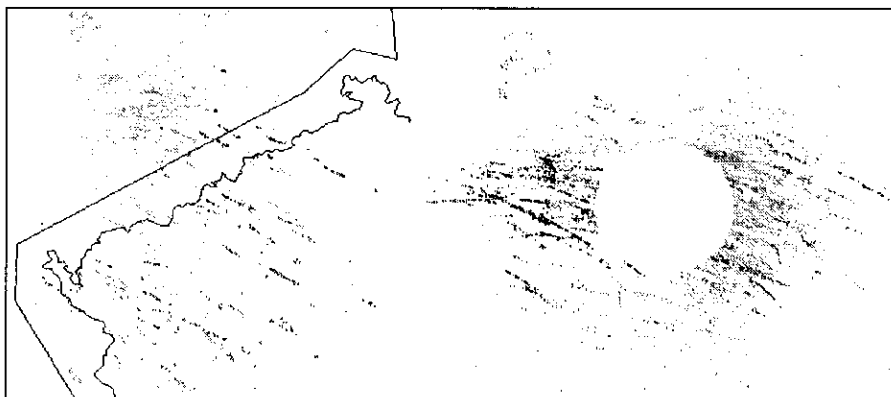


Abb. 2: Benutzerschnittstelle des Bird Data Visualization Tool's (BDVT)



**Abb. 3: Beispiele aufgezeichneter Daten - deutlich sind die kleinen linienartigen Strukturen zu erkennen, durch die Vogelzüge gekennzeichnet sind.**

bereinigen. Das Ergebnis war auch für die Befürworter dieser Theorie überraschend, da die Analyse der Aufzeichnungsdateien ergab, daß Vogelzug in nicht erwartetem Ausmaß auch nach der Filterung durch die Radar-Software erkennbar war. Dieses erste Ergebnis motivierte die Weiterentwicklung von BIRDI und BDVT, so daß die Serienreife dieser Produkte inzwischen erreicht ist.

Seit Ende Februar 1998 befindet sich die Kombination aus BIRDI und BDVT in einem Feldversuch, wobei BIRDI im CRC Cölpin und BDVT beim AWGeophys eingesetzt werden. Die aufgezeichneten Daten werden vom BIRDI über eine DFÜ-Verbindung an den BDVT-Auswerterechner gesendet, an dem die Experten des AWGeophys eine Bewertung der Daten vornehmen und basierend auf diesen Daten ggf. eine Vogelschlagwarnmeldung an die Flugplätze sowie an den Radarführungsdienst herausgeben.

### 3. Visionen

Die vorgestellte Kombination aus BIRDI und BDVT ermöglicht den Experten des AWGeophys die höhenbezogene Auswertung von Radardaten, jedoch sind auf dem Weg zur automatisierten Vogelschlag-Warnmeldung weitere Ausbaustufen erforderlich, die die Effizienz des Gesamtsystems im Verbund mit dem Vogelschlagwarnsystem erhöhen.

- **Expertensystem**

Die Anbindung aller verfügbaren Radargeräte ist notwendige Voraussetzung einer möglichst lückenlosen Radarüberwachung von Vogelzügen. Mit der Zahl der angebotenen Radargeräte steigt die Komplexität der Auswertung exponentiell. Das erschwert die manuelle Auswertung und bindet die Experten unverhältnismäßig lang. Schon allein aus diesem Grund ist es wichtig, die Auswertung der aufgezeichneten Daten zu automatisieren, wobei die Qualität der Auswertungen nicht leiden darf. Diesem Anspruch kann man nur gerecht werden, wenn es gelingt, das Expertenwissen der Ornithologen und Meteorologen, das diese in oft jahrelanger Berufserfahrung gewonnen haben, formal zu beschreiben und es dem Entscheidungsprozeß zugänglich zu machen. Die technischen Voraussetzungen dafür sind geschaffen und werden in dem Bereich der „Künstlichen Intelligenz“ unter dem Begriff „Expertensystem“ subsummiert. Ein solches Expertensystem würde z. B. Regeln über vorrangige Zugzeit, Geschwindigkeit und Höhe der Vogelzüge sowie bekannte „Vogelflugstraßen“ enthalten. Die Akquisition dieses Wissens ist zwar eine notwendige, aber noch nicht hinreichende Voraussetzung für die Automatisierung der Auswertung. Vielmehr kommt der Problemlösungskomponente des Expertensystems diese Aufgabe zu. Sie muß dafür Rechnung tragen, daß die aufgezeichneten Daten mit der Wissensbasis verglichen und das Ergebnis bereitgestellt wird. Da es sich aus informationstheoretischer Sicht um „chaotische Zeitreihen“ handelt, scheint der Einsatz von Künstlichen Neuronalen Netzen für die Problemlösung angezeigt, die ihre Stärken bei der Arbeit mit „unscharfen Daten“ haben.

Ein Expertensystem dieser Art würde Routinearbeiten völlig selbständig durchführen und ausschließlich in Zweifelsfällen die Experten heranziehen, was eine große Entlastung bedeuten dürfte.

- **Anbindung an das BIRDTAM-System**

Der Ausbau des vorgestellten Systems zu einem Expertensystem, das die erforderlichen Arbeiten selbständig durchführt, ist nur dann sinnvoll und eine wirkliche Entlastung, wenn die Vogelzug-Warnmeldungen automatisch generiert und dem derzeitigen Vogelzug-Warnsystem BIRDTAM oder einem Folgesystem zur Verfügung gestellt werden.

- **Verbesserung der Datenanbindung**

Wenigstens langfristig muß dem System eine Schnittstelle an jedem Radargerät zur Verfügung gestellt werden, an dem die Radardaten ungefiltert anliegen. Nur

so ist eine umfassende und kontinuierliche Beobachtung der Vogelzüge und damit auch eine effiziente Warnung vor Vogelschlägen möglich. Dazu muß bei jeder Einrüstung von Radargeräten eine entsprechende Schnittstelle explizit gefordert werden. Bei den erst kürzlich eingerüsteten Radargeräten des Typs RRP-117 sollte eine entsprechende Nachrüstung erfolgen.

#### **4. Ausblick**

Obwohl das vorgestellte System Vogelzugbeobachtung und die Warnung vor Vogelschlägen deutlich verbessern könnte, sind die Aussichten für seine vollständige Einrüstung und Weiterentwicklung alles andere als gut. Der Hauptgrund für dieses Dilemma ist das Fehlen finanzieller Mittel, um alle CRC's mit entsprechender Hardware auszustatten. Bedenkt man jedoch, daß sich die Kosten für dieses System bereits bei nur einem verhinderten Vogelschlag mit Materialschaden amortisieren, kann dieses Argument aus betriebswirtschaftlicher Sicht nicht akzeptiert werden. Den Ornithologen in Traben-Trarbach und den Entwicklern in Erndtebrück bleibt daher leider nur die Hoffnung, daß sich diese Erkenntnis auch bei den Entscheidungsträgern letztlich durchsetzt - ein zynisch anmutender Lohn...

*Anschrift des Verfassers:*

Thomas Friebe  
Danziger Str. 15  
57339 Erndtebrück